

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE INFORMÁTICA ELECTRÓNICA Y COMUNICACIÓN
ESCUELA DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA
SEMINARIO COMO OPCIÓN A TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**SEMINARIO DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES
RETOS Y APLICACIONES**

MONOGRAFÍA:

**ESTUDIO DE TÉCNICAS DE SEGUIMIENTO VISUAL
(EYETRACKING) APLICADAS A LA EVALUACIÓN OBJETIVA
DE LA USABILIDAD EN DISPOSITIVOS MÓVILES**

MONOGRAFÍA PARA APLICAR POR EL
TÍTULO DE LICENCIATURA EN
INFORMÁTICA APLICADA A LA
ENSEÑANZA E IMPLEMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍAS

LÓPEZ, SUCEL
CÉDULA: 8-722-739

PANAMÁ, 2014

FACILITADOR:

M. Sc. CALET JIMÉNEZ

FACULTAD DE INFORMÁTICA ELECTRÓNICA Y COMUNICACIÓN

ESCUELA DE INFORMÁTICA

DEDICATORIA

A ti mi Amado Dios

Por estar conmigo en cada paso de mi vida y darme la fortaleza necesaria para enfrentar cada reto. Por regalarme los mejores padres del mundo, Sucel y Jesús, que gracias a tu misericordia han estado a mi lado siempre brindándome su apoyo incondicional.

A mis Hijos

María Alejandra y David Antonio, quienes han sido desde sus nacimientos mis verdaderos soportes para lograr todas las metas propuestas, esperando cultivar en ellos el interés por desarrollarse profesionalmente.

A mi Esposo

David mi amante y compañero fiel, por su paciencia, amor y comprensión, al dedicarle a mis estudios el tiempo correspondiente a ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero que todo a Dios, quien me dio la fuerza, la sabiduría necesaria para culminar con mi carrera, quien me guía y que estoy segura, me seguirá guiando en todo momento y más en aquellos en que tenga que tomar decisiones difíciles, mostrándome siempre la senda correcta en el instante apropiado.

A mis padres por darme sus valiosos consejos, influir en mi ética y formación como persona, a mis demás familiares por su apoyo moral, creer y confiar en mí durante el tiempo de desarrollo de este proyecto y durante toda mi carrera. Agradezco de manera especial a mi esposo que me ha dado su apoyo incondicional y la fortaleza para seguir preparándome profesionalmente. Doy las gracias a mis hijos María Alejandra y David Antonio, sin ellos no tendría razón para seguir.

A mi hermana y amiga inseparable Diodelda Ruíz, y todas aquellas personas que de buena voluntad han sido de una forma u otra parte de este proyecto, les agradezco por su apoyo absoluto y por compartir sus conocimientos, experiencias y ayudar a mi formación profesional.

A todos mil gracias de todo corazón...

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	x
CAPÍTULO 1	11
ASPECTOS GENERALES DE LA MONOGRAFÍA	11
1.1 INTRODUCCIÓN	11
1.2 ANTECEDENTES	13
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.4 JUSTIFICACIÓN	19
1.5 OBJETIVOS.....	21
1.5.1 Objetivos Generales:.....	21
1.5.2 Objetivos Específicos:	21
1.6 ALCANCE	22
1.7 RESTRICCIONES.....	23
CAPÍTULO 2	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA USABILIDAD	24
2.1.1 Concepto de Usabilidad	24
2.1.2 Definición de Usabilidad	27
2.1.3 Importancia de la Usabilidad.....	31
2.2 DISPOSITIVOS MÓVILES	32
2.2.1 Breve Aproximación Histórica de los Dispositivos Móviles	32
2.2.2 Antecedentes de la Movilidad en Panamá	33
2.2.3 Características Principales de los Dispositivos Móviles.....	35
2.2.4 Tipologías de los Dispositivos Móviles	36
2.2.4.1 Teléfonos Inteligentes o Smartphones	38
2.2.4.2 Tablet.....	44
2.2.5 Estilos de Interacción en Dispositivos Móviles	46
2.2.6 Problemática Asociada a los Dispositivos Móviles.....	52

2.3	EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD EN DISPOSTIVOS MÓVILES.....	57
2.3.1	Principales Dificultades en la Evaluación de la Usabilidad Móvil	57
2.3.2	Metodologías y Técnicas Adaptadas a la Usabilidad Móvil	59
2.3.2.1	Evaluaciones con Expertos	59
2.3.2.2	Evaluaciones Heurísticas	61
2.3.2.3	Otros Métodos de Evaluación con Expertos.....	64
2.3.2.4	Pruebas o Tests de Usabilidad	71
2.3.2.4.1	Comparaciones Pruebas en Laboratorio versus Pruebas de Campo en Dispositivos Móviles	72
2.3.3	Aspectos a Considerar de las Pruebas de Usabilidad en Entornos Móviles ..	74
2.3.4	Pruebas Remotas de Usabilidad en Entornos Móviles	81
2.4	TÉCNICAS DE SEGUIMIENTO VISUAL (EYETRACKING)	82
2.4.1	¿Qué es Seguimiento visual (Eyetracking)?.....	82
2.4.2	Movimientos Oculares	83
2.4.3	Atención Visual	83
2.5	TÉCNICAS DE SEGUIMIENTO VISUAL (EYETRACKING) Y LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD MÓVIL	89
2.5.1	Casos Especiales en Técnicas de Seguimiento Visual (Eyetracking)	92
2.5.1.1	Equipos Montados en la Cabeza	92
2.5.1.1.1	Gafas de Seguimiento Visual (Eyetracking)	93
2.5.1.2	Cascos y Otros Equipos de Seguimiento Visual (Eyetracking).....	97
2.5.1.2.1	Sensor Acoplable y Carrito de Eyetracker	98
2.5.1.2.2	Equipos Eyetracker de Sobremesa.....	103
2.5.1.2.3	Configuración con Emulador	105
2.5.1.2.4	Configuración de Debajo de la Mesa.....	108
2.5.2	Comparativa de las Técnicas de Seguimiento Visual (Eyetracking) en Dispositivos Móviles	111
2.5.2.1	Problemáticas de las Técnicas de Eyetracking para Dispositivos Móviles	112
2.5.3	Comparativa Realizada por un Fabricante	116
2.5.4	Factores a tener en cuenta al Valorar las Soluciones de Eyetracking Existentes	119
2.5.5	Factores Asociados al Equipo de Eyetracker Utilizado	120

2.5.6	Factores Asociados a la Configuración Empleada	125
2.5.7	Factores Asociados al Usuario	126
2.5.8	Comparativa de las Distintas Configuraciones de Eyetracking para Dispositivos Móviles	128
CAPÍTULO 3		133
MARCO METODOLÓGICO		133
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	133
3.2	DECLARACIÓN DE VARIABLES	133
3.3	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	135
CAPÍTULO 4		137
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		137
4.1	PROPUESTA DE SELECCIÓN DE EQUIPO EYETRACKER PARA EVALUACIÓN OBJETIVA DE LA USABILIDAD EN DISPOSITIVOS MÓVILES	137
4.1.1	Tipos de Dispositivos que Ofrece la Marca Tobii	137
4.1.2	Planificación del Estudio	138
4.1.3	Ejecución del Estudio	139
4.1.4	Análisis de Resultados	139
4.1.5	Descripción de Equipo Propuesto.....	141
4.1.5.1	Especificación Técnica	142
4.1.5.2	Consideraciones para el Uso	144
4.1.5.3	Tamaño de los Dispositivos Móviles	145
4.1.5.4	Condiciones del Entorno a Utilizar el Equipo	146
CONCLUSIONES		148
RECOMENDACIONES		150
BIBLIOGRAFÍA		152

RESUMEN

Palabras Claves: Técnicas, Seguimiento Visual (Eyetracking), Evaluación, Usabilidad, Dispositivos Móviles.

La usabilidad es considerada uno de los factores más importantes dentro de la calidad de un producto. Debido a esto crece el interés de poder contar con técnicas para medir la usabilidad de una manera objetiva en los entornos móviles, dado a las características particulares que presentan este tipo de dispositivos. Los métodos de análisis de usabilidad que actualmente se utilizan, métodos clásicos, fueron desarrollados para aplicaciones de escritorio por lo que pueden no ser directamente aplicables a este tipo de entornos, se centran principalmente en técnicas y pruebas orquestadas en entornos físicos estáticos. Con la aparición, el uso masivo y el crecimiento exponencial que han tenido estos dispositivos móviles en la vida de las personas, especialmente los Smartphones y las Tablets, la medición de la usabilidad en aplicaciones móviles se tornó un tema de investigación que conlleva grandes retos. Por este motivo, existe una necesidad creciente en la línea de explorar nuevos métodos que propicien técnicas de evaluación para medir la usabilidad específicamente adaptadas para este tipo de entornos. Teniendo en cuenta la problemática que se presentan en este tipo de contextos, estas técnicas deben cumplir, en un mayor grado de exigencia, el requisito de que sean sencillas y rápidas de aplicar, a la vez que exhaustivas y que arrojen resultados. Este estudio presenta una recopilación bibliográfica de las técnicas de seguimiento visual adaptadas y utilizadas en la actualidad para la medición objetiva de la usabilidad en un contexto móvil, de igual forma se propone un método de selección para el aprovechamiento de un equipo de Eyetracker, combinándolo con el uso de dispositivos móviles que recabe datos sólidos, con especial atención al comportamiento visual del usuario de interfaces móviles, para una futura puesta en práctica.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES DE LA MONOGRAFÍA

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se refiere al tema sobre el uso de técnicas de Seguimiento visual (eyetracking) para la evaluación objetiva de la usabilidad en contextos móviles. Los dispositivos móviles por su naturaleza se han vuelto uno de los mejores inventos que han existido en la historia de la humanidad tanto como el papel y la imprenta en su momento. La evolución de la tecnología en este campo, ha tenido un progreso constante, enfocado a un futuro promisorio en auge y repentinos cambios, que sin duda alguna han calado en los propios hábitos de consumo de los usuarios, es por ello que la usabilidad en gran medida, ha cobrado un alto grado de importancia en el día a día de este campo, en especial, en la interacción con las aplicaciones y demás funcionalidades que se nos presentan estos dispositivos.

La aplicación de criterios de usabilidad en dispositivos que presentan una característica de movilidad, enmarca grandes desafíos en el análisis y adecuación de técnicas para lograr este objetivo. Por esta razón, existe una necesidad imperiosa en la línea de explorar metodologías nuevas en la búsqueda de una evaluación objetiva de la usabilidad específicamente adaptadas para estos entornos. Estos dispositivos se hacen cada vez más imperantes en la vida de las personas. El ser humano se ve más comprometido de forma consciente e inconsciente con esta interacción, de la cual surgen infinidad de problemas de diferentes índoles relacionadas directamente con su uso, entre

ellos, bajo nivel de accesibilidad, donde se limita la interacción misma, donde se acorta el ciclo de vida para este tipo de desarrollos, donde se experimenta una diversidad de características estructurales, donde se estigmatiza al usuario por sus conocimientos sobre tecnología entre muchos otros más.

Todo lo anterior señalado y más son sobradas razones para que dichas técnicas de evaluación sean objetivas en la medición de la usabilidad y apoyen en mayor grado de exigencia, el requisito de que estos entornos sean sencillos, fáciles y rápidos, y a la vez inclusivos para todo tipo de personas cumpliendo con sus expectativas de uso.

Las técnicas de evaluación de la usabilidad y equipamiento actual particularmente adaptado para este tipo de entornos, captan y registran únicamente datos de tipo cualitativo. Esta restricción se debe, principalmente, a las particularidades físicas de los dispositivos, caracterizados por un tamaño de pantalla limitado entre otras cosas que los hacen poco accesibles. Las técnicas de evaluación de la usabilidad a través de seguimiento visual (eyetracking) como propone este estudio, permiten realizar inferencias de procesos cognitivos como la atención y la percepción, ofreciéndonos resultados cuantitativos de primera mano, mostrándonos de forma directa y objetivas cuáles son las zonas y elementos atendidos por el usuario.

Este estudio presenta en su capítulo uno todos los aspectos relacionados con las generalidades del proyecto presentado. En su Capítulo dos descubre un marco teórico desarrollado en base a los principales elementos en este campo de la usabilidad, teniendo en cuenta los esfuerzos realizados en líneas generales hasta el día de hoy. Seguidamente

hace un despliegue significativo de los dispositivos móviles, su problemática, y detalles más relevantes que ayuden en el desarrollo de nuestros objetivos de estudio, para luego centrarse en el estudio específico de las Técnicas de Seguimiento Visual (eyetracking) como punto focal y en el análisis de la usabilidad de interfaces móviles en conjunto con el apoyo de estas técnicas. El capítulo tres enmarca la parte metodológica del estudio, mostrando una representación resumida e introductoria en que está basada la propuesta final. Concluyendo en nuestro cuarto capítulo, y teniendo en cuenta la problemática existente en este tipo de entornos, se propone la selección de un equipo de seguimiento visual (eyetracking), combinándolo con el uso de dispositivos móviles, como un método objetivo para la evaluación de la usabilidad. La meta perseguida con esta propuesta es habilitar un método de medición cuantitativo de la usabilidad para entornos móviles que sea ágil y exhaustivo, que recabe datos sólidos, con especial atención al comportamiento visual del usuario para su desarrollo y puesta en práctica a futuro en nuestro país.

1.2 ANTECEDENTES

Es un hecho trascendental que la utilidad de dispositivos móviles, desde su llegada a la vida del ser humano es notable, son prácticos debido a la facilidad con que se da la comunicación entre las personas, además de la gran multiplicidad de actividades que se pueden lograr con ellos, ya que cuentan con distintas aplicaciones que pueden facilitar diversas labores cotidianas de las personas en muchos aspectos. Dichos dispositivos, van desde teléfonos inteligentes, Smartphone como el iPhone5s de Apple , el Galaxy S5 de Samsung, Xperia Z2 de Sony, Lumia 930 de Nokia o los teléfonos Android de Google ante muchos otros dispositivos más de marcas y modelos existentes, dentro de esta gama están

incluidos de igual forma, los dispositivos informáticos portátiles como ultra- portátiles y smartbooks, dispositivos de tableta como el iPad de Apple o el Galaxy Tab de Samsung, o de uso específico como es el Kindle de Amazon , ejemplificando esta diversidad de equipos.

Hoy día los dispositivos móviles son vistos como una necesidad para las personas y se han transformado en equipos no solo de comunicación, ya que la tecnología inalámbrica como tal se ha convertido en la puerta de Internet para miles de millones de personas en todo el mundo, especialmente porque cada vez más personas utilizan el teléfono móvil como su principal dispositivo para conectarse a la red y estar conectados con el mundo, si mencionamos artículos como los de Gartner, Inc. , una empresa mundial de asesoría e investigación sobre tecnologías de la información, el número total de teléfonos inteligentes vendidos en todo el mundo sólo en el año 2013 fue de 455,6 millones de unidades. La industria en su conjunto tuvo su mayor mercado en las regiones desarrolladas con redes más rápidas y coberturas de 4G o similares. Los teléfonos inteligentes y los ultraportátiles están impulsando la demanda de redes de banda ancha móviles y Wifi, ya que estos dispositivos se han convertido en el medio principal que la gente usa para conectarse, comunicarse etc., empiezan a formar parte de la vida de las personas de una forma sustancial, constituidos como parte de ellos y como una necesidad apremiante.

Todos esto aspectos en el cual estos dispositivos están inmersos, justifican la importancia de implementar una usabilidad objetiva en la interacción con los mismos, en cuanto a la organización de contenido, sistemas de navegación y la representación visual para que genere experiencias de uso mucho más amigables y confortables con el usuario

final. Tomado en cuenta que la usabilidad trata de la efectividad, ósea la capacidad de completar tareas, la eficiencia como el esfuerzo necesario para completarlas y la satisfacción percibida por el usuario durante la interacción con una máquina, sea ésta un ordenador, una radio o un dispositivo móvil etc., pone de manifiesto que estos tres (3) elementos están condicionados por el perfil de los usuarios, por sus objetivos y por el contexto de uso, en el caso de los dispositivos móviles por su alto grado de aceptación y uso y que va en aumento, sin embargo esto no certifica que llegue de forma amigable a todas las personas.

El entorno móvil es en estos momentos el mercado emergente de mayor futuro promisorio, promueve una cantidad de funcionalidades a través de estos dispositivos y sus aplicaciones. La aplicación de técnicas de usabilidad para entornos móviles enmarca nuevos retos, ya que las pruebas en su diseño para usuarios tradicionales, es decir, los que se realizan delante de un ordenador de mesa generalmente, están orientados a evaluar sitios web o aplicaciones descargables tipo escritorio. Con estos métodos tradicionales de evaluación de la usabilidad, se recurre a diferentes herramientas para validar como los usuarios utilizan estas aplicaciones. La mayoría de estos métodos están controlados por las agencias de mercado digital, sin embargo no todas estas modalidades pueden ser funcionales aplicada a los dispositivos móviles, ya que algunas funcionalidades de las aplicaciones y de los sitios móviles se basan en características intrínsecas ligadas a estos aparatos de forma específica, como la geolocalización, la conectividad a Internet en todo momento, la realidad aumentada, el lugar de uso, etc. Por lo tanto, a diferencia de las pruebas de usuarios tradicionales, el contexto móvil juega un papel muy importante en el uso de estos dispositivos sobre todo por las funcionalidades propias de la movilidad, que

por su naturaleza dificultan la realización de estas pruebas de usuario, ya que en el contexto móvil no siempre se puede recrear en un laboratorio. Se propone la selección Técnica de un equipo eyetracker, con miras a mejorar la usabilidad en este entorno. Se tomó como línea esta tecnología de seguimiento ocular (eyetracking) ya que actualmente se encuentra marcando un alto grado de competitividad en el mundo de la usabilidad. Esta técnica es vista desde dos perspectivas: como herramienta de análisis y como herramienta de comunicación. Esta técnica basa sus estudios en que los seres humanos tenemos una gran cantidad de comportamientos asociados a los movimientos del ojo y a la dirección de la mirada. Su estudio ha contribuido a la comprensión del sistema visual y los mecanismos relacionados con la percepción, y también a profundizar en determinados aspectos del funcionamiento cerebral.

Con la realización de este trabajo pretendemos aportar un tema muy sensitivo que será de mucha ayuda a los que en su momento pudieran necesitar de esta información basada en técnicas de seguimiento visual para ser aplicada, ya sea en otras investigaciones, como bibliografía de referencia, como material de guía y demostrativo en el ámbito educativo o simplemente el que desee poner en práctica está propuesta en un entorno real en nuestro país.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El rápido y apresurado crecimiento del entorno móvil en nuestro país, aunado a ello la creación de aplicaciones desarrolladas localmente para estos entornos, crea la necesidad de que estos dispositivos y sus aplicaciones posean características que propicien una

usabilidad objetiva ante el usuario, es una problemática de la cual depende el éxito o fracaso de un dispositivo o aplicación en este entorno llevándolo a su decadencia prematuramente. Durante el último decenio, las investigaciones en usabilidad han constatado que el entorno móvil ha constituido una nueva área de desarrollo y un desafío constante. Aunque se ha avistado un gran progreso en términos de innovación y perfeccionamiento desde el punto de vista tecnológico, sin embargo existen claras limitaciones y retos por afrontar, teniendo en cuenta las características y particularidades de los dispositivos que componen este entorno. Estas características propiamente hacen que la evaluación de la usabilidad de estas aplicaciones para este tipo de entornos sea un área de investigación creciente. Sin embargo, se requiere un mayor esfuerzo en la línea de búsquedas de una adecuación de las técnicas y métodos de usabilidad hasta ahora establecidos a las particularidades de este tipo de entornos, también como en la integración de aspectos relacionados con la variabilidad propia que lo caracteriza.

La primera de estas particularidades es una de las limitaciones más evidentes, la capacidad del hardware. Indistintamente aunque los dispositivos que están inmersos en este entorno, posean características que los clasifiquen como pequeños procesadores de bolsillo o de mano, no poseen las capacidades computacionales que presentan sus semejantes de sobremesa en muchas maneras, lo que constituye un factor importante a la hora de desarrollar aplicaciones específicas. Otro de los factores determinantes, es el tamaño de la pantalla del dispositivo, que aunque existen diferentes diseños estructurales, cada vez son más grandes y más optimizadas, introduce una experiencia de usuario cada vez más satisfactoria en la claridad y elegancia con que se proyecta la interacción, no obstante sigue siendo un aspecto limitante en lo que concierne a la evaluación de la

usabilidad. A pesar de todos los esfuerzos realizados hasta el momento en este contexto, podemos encontrar hoy en día, que una gran parte de las aplicaciones para móviles existentes siguen siendo difíciles de usar y carecen de flexibilidad y robustez.

Hasta el momento, el estudio de la usabilidad está completamente ligado a entornos físicos estáticos, orientados a la evaluación de aplicaciones de sobremesa. Por otra parte, debido al ciclo de vida limitado que caracteriza el desarrollo de una aplicación móvil, el rápido avance de estas tecnologías y un mercado con alta competitividad, estas técnicas y metodologías deberían seguir un enfoque más dinámico que en el caso de las interfaces tradicionales.

En resumen, se requiere un mayor análisis y estudio en este campo, a fin de explorar metodologías de evaluación de la usabilidad específicamente adaptadas para dispositivos móviles, facilitando mecanismos exhaustivos y más activos.

Este trabajo ofrece un estudio del estado del arte de la usabilidad en este campo, haciendo énfasis en una de las técnicas más aceptadas actualmente en el estudio de la usabilidad, y que a su vez ofrece una mayor flexibilidad al ser aplicada en entornos de movilidad. Se trata de las técnicas de seguimiento visual (Eyetracking) que aportan medidas objetivas acerca del comportamiento visual de los usuarios.

Cabe mencionar que la información documental que acompaña la propuesta en este trabajo, sirve como fuente previa y base reforzadora, es mucho más extensa, y abarca aspectos evidentemente más generales, pero siempre tratando de ahondar más sobre

aquellos temas de más competencia y relevancia en el estudio, y que se refieren al aspecto social, y cambio como efectos del uso de dispositivos móviles, así como el entorno en que se fundamentan como parte esencial de la cultura tecnológica.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Debido a que la usabilidad es considerada uno de los factores más importantes dentro de la calidad de un producto ya sea de software o no, es primordial en esta línea poder contar con metodologías y técnicas concretas para medir la usabilidad objetiva de las aplicaciones en el contexto en que se presenten. Los métodos de análisis de usabilidad que actualmente se utilizan por lo general son métodos clásicos que fueron desarrollados para aplicaciones de escritorio principalmente.

Con la aparición de una diversidad de dispositivos móviles que hoy día forman parte esencial en la vida del ser humano, presentando un uso a gran escala y un crecimiento tecnológico exponencial, la medición de usabilidad en estos dispositivos se torna un tema de investigación de vital importancia. Los métodos, métricas y técnicas, actualmente utilizados para medir usabilidad pueden no ser directamente aplicables a este tipo de productos por sus particularidades de estructura y características específicas, sin embargo existen tecnologías adaptables que superan en gran manera estas falencias y que podrían ser de mucha utilidad, como son las técnicas de Seguimiento visual (Eyetracking) que ofrecen muchas posibilidades creativas, como herramienta original de interacción añadida a los mandos tradicionales o como tecnología de optimización de los procesos de renderizado a tiempo real en interfaces tridimensionales.

Los estudios de usabilidad se han efectuado sobre diferentes contextos, recientemente se empezó a considerar la usabilidad en un contexto móvil. Uno de los puntos clave de este trabajo es que examina los métodos y las métricas utilizados para medir usabilidad y pretende analizar que desafíos existen al momento de realizar pruebas de usabilidad en aplicaciones móviles, donde el contexto que cambia continuamente pasa a tener un rol preponderante puntualizando limitaciones inherentes a este tipo de dispositivos, y que en general donde la usabilidad se vuelve crítica.

La mayoría de los inconvenientes que se identifican se derivaban de las propias características de los dispositivos móviles: el tamaño de las pantallas pequeñas, baja resolución de las pantallas, métodos de entrada no tradicionales, así como dificultades de navegación y de abuso de elementos visuales. Además, existen relativamente pocas metodologías establecidas o prácticas realistas que aseguren la mejora de la usabilidad en este tipo de interfaces.

En la búsqueda de una mejor experiencia para el usuario de las aplicaciones en estos dispositivos móviles, según lo que indica la literatura en este campo, se puede decir que la mayoría de pruebas que se han realizado para evaluar aplicaciones semejantes muestran una estructura bastante simple y rudimentaria. La mayoría de los datos que se extraen de ellos son meramente cualitativos, fruto de pruebas de campo. Se puede decir que fue esta problemática la que despertó el interés en el tema de evaluación de la usabilidad móvil aplicando técnicas de seguimiento visual (eyetracking) como método capaz de medir objetivamente la usabilidad en este tipo de entornos. Cabe mencionar que numerosas

universidades europeas y norteamericanas recurren al seguimiento de movimientos oculares en sus estudios básicos sobre percepción, atención y búsqueda visual.

El objetivo de este estudio es ofrecer un aporte base para la evaluación de la usabilidad móvil en panamá, aplicando el uso de equipo de seguimiento visual (eyetracking) tecnología emergente poco conocida en nuestro país, con la meta de aportar un método específico tipo propuesta técnica, que sea ideal para la evaluación objetiva de la usabilidad en dispositivos móviles y, con el propósito de que su utilización sea de beneficio promisorio en las diferentes áreas del conocimiento (deportes, educación, salud... etc.) su aplicación pudiera marcar precedente y resultar beneficiosa en la solución de problemas específicos o generales de las distintas áreas del conocimiento.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivos Generales:

- 1) Proponer una técnica de Seguimiento Ocular (Eyetracking) aplicada como método de evaluación objetiva de la usabilidad en dispositivos móviles.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- 1) Contextualizar los términos bases del estudio: usabilidad, Dispositivos Móviles, Técnicas de Seguimiento Visual (Eyetracking) presentando los conceptos más importantes relacionados con el estudio.

- 2) Analizar las problemáticas en la evaluación de la usabilidad de este tipo de dispositivos, puntualizando en los dos más habituales: Smartphone y Tablet.
- 3) Estructurar propuesta de selección de un equipo eyetracker, para la evaluación objetiva de la usabilidad en dispositivos móviles.

1.6 ALCANCE

A pesar de que el tema abordado en el presente trabajo abarca todos los aspectos teóricamente relacionados con el título del estudio, sobre usabilidad, dispositivos móviles y técnicas basadas en seguimiento visual (eyetracking), claramente distribuidos en el desarrollo del marco teórico, es imposible abarcar de manera pertinente cada uno de los dispositivos móviles existentes hoy día; por lo tanto, se resalta que únicamente se ha tomado como base para este estudio, los dispositivos más habituales del entorno móvil; Los Smartphone y las Tablet.

Por otro lado, la propuesta de selección de un equipo eyetracker como método para la realización de una prueba de usabilidad objetiva, para ser aplicado a dispositivos móviles, no se será desarrollada en este trabajo, debido a la naturaleza del estudio, carencia de equipos de esta índole por su alto costo y el tiempo de desarrollo estimado para el desarrollo de este estudio.

1.7 RESTRICCIONES

Las restricciones que conllevaron la realización de este estudio fueron de forma directa el factor tiempo y alto presupuesto en el costo de equipos de seguimiento visual. Para poner en práctica el desarrollo de esta propuesta.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA USABILIDAD

2.1.1 Concepto de Usabilidad

La usabilidad es un concepto que engloba a una serie de métricas, métodos y técnicas que buscan hacer que una aplicación sea fácil de usar y de aprender. Su vocablo viene del inglés “usability”, y es idealizada como un atributo de calidad de los productos, y se ha convertido en una condición necesaria para la supervivencia en el mercado de los mismos. Si una aplicación es difícil de usar, el usuario la abandona, y ya hemos perdido la oportunidad de convertir al potencial usuario en cliente de nuestros productos o servicios.

En interacción persona-ordenador (IPO), quién es sin duda alguna la ciencia madre de donde nace esta disciplina, la usabilidad en este contexto, se refiere a la facilidad con que las personas pueden utilizar una herramienta particular o cualquier otro objeto fabricado por humanos con el fin de alcanzar un objetivo concreto. El grado de usabilidad de un producto, es por su parte, una medida empírica y relativa de la facilidad de uso del mismo.

- **Empírica** porque no se basa en opiniones o sensaciones, sino en pruebas de usabilidad realizadas en laboratorio u observadas mediante trabajo de campo.
- **Relativa** porque el resultado no es ni bueno ni malo, sino que depende de las metas planteadas (por lo menos el 80% de los usuarios de un determinado grupo o tipo

definido deben poder instalar con éxito el producto X en N minutos sin más ayuda que la guía rápida) o de una comparación con otros sistemas similares.

El concepto de usabilidad se refiere a una aplicación (informática) de (software) o un aparato (hardware), aunque también puede aplicarse a cualquier sistema hecho con algún objetivo particular. El modelo conceptual de la usabilidad, proveniente del diseño centrado en el usuario, no está completo sin la idea utilidad. En inglés, utilidad + usabilidad es lo que se conoce como usefulness.

La Interacción Persona-Ordenador¹ (IPO), es la disciplina que estudia el intercambio de información entre las personas y la diversidad de dispositivos tecnológicos existentes. Su objetivo es hacer este intercambio más eficiente, minimizar al máximo los errores, incrementar la satisfacción, entre otros factores, razón por la cuál es llamada a colación en este trabajo. La IPO es una disciplina relacionada con el diseño, implementación y evaluación de sistemas informáticos interactivos para uso de seres humanos, sin limitarse a la situación clásica de una persona sentada delante de un ordenador, o como es el caso de los dispositivos móviles que presentan varias características entre ellas de movilidad variable de este estudio; la IPO se ocupa del diseño de sistemas informáticos que coincidan con las necesidades de los usuarios, usando conocimientos, métodos y disciplinas muy diferentes. La investigación en IPO lleva a la estandarización de la usabilidad, su mejora y apoyo empírico. El enfoque científico de la IPO incluye una variedad de herramientas y técnicas que ayudan a desarrollar mejores

¹ [http://interfacemindbraincomputer.wikifoundry.com/page/2.A.1.-Definicion+de+Interaccion+Humano+M%C3%A1quina+\(Interaction-Interface\)](http://interfacemindbraincomputer.wikifoundry.com/page/2.A.1.-Definicion+de+Interaccion+Humano+M%C3%A1quina+(Interaction-Interface))

interfaces de usuario; o sea, la IPO es considerada el cimiento de la usabilidad y está compuesta de actividades y atributos que se deben aplicar para la eficiencia máxima, mejora y facilidad en el uso de un producto.

La creación de aplicaciones usables, seguras y funcionales es su meta principal; lo cual significa, desarrollar o mejorar la seguridad, utilidad, efectividad, eficiencia y usabilidad de los sistemas que incluyan ordenadores u otros dispositivos que se caractericen como semejantes a estos. La IPO tiene su inicio en la rama de la Psicología Aplicada que estudia la Interacción Persona-Ordenador. Las dos disciplinas de las que surge la IPO son las llamadas "Human Factors" y la Ergonomía² (en realidad es la misma disciplina; el primer término se utiliza en EE.UU y el segundo en Europa). Los primeros estudios específicos de IPO/HCI aparecieron en los años sesenta y se referían a la simbiosis Persona- Ordenador. Todas estas anotaciones sobre el nacimiento del término usabilidad, son muy importantes en este trabajo, de manera tal que el interesado tenga una idea concreta de lo que pretende estudiar y el porqué.

Finalizando este punto y sin profundizar, hacemos mención de la Experiencia de usuario, ya que es un tópico de la usabilidad que se preocupa de aspectos más amplios y subjetivos (satisfacción, diversión, entretenimiento, motivación, estética, apoyo a la creatividad o las emociones). Estos tres conceptos (IPO, Usabilidad y Experiencia de usuario) conforman y se solapan formando el llamado diseño de interacción. La usabilidad apoya esta interacción con el objetivo de que esos elementos sean:

² <http://es.wikipedia.org/wiki/Ergonom%C3%ADa>

- Eficientes
- Efectivos
- Seguros
- Útiles
- Fáciles de aprender
- Fáciles de recordar

2.1.2 Definición de Usabilidad

Si bien he cierto la definición exacta del término usabilidad no se tiene con claridad, la palabra Usabilidad se deriva del inglés Usability³, cuya traducción más acertada es "facilidad y simplicidad de uso de un artículo u objeto". En la literatura especializada sobre este término muchos expertos han considerado adecuado utilizar la palabra usabilidad con dicha traducción debido a que en idioma español no existen palabras que describan con tanta precisión este concepto. En este sentido, lo más cercano sería Utilidad⁴, palabra que de acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española, significa "que trae o produce provecho, comodidad, fruto o interés". Sin embargo, debido a que dicho término no engloba la idea de facilidad o simplicidad en el uso de un objeto o espacio por parte de quien lo emplea, se ha preferido utilizar la derivación de la palabra originalmente en idioma inglés.

La usabilidad para lograr su cometido debe estar íntimamente relacionada con la experiencia de usuario, entender los factores humanos de una forma directa. Para decir

³ <http://es.wikipedia.org/wiki/Usabilidad>

⁴ <http://lema.rae.es/drae/?val=utilidad>

que un sistema interactivo cumple sus objetivos tiene que ser usable y accesible por la mayor parte de la población. Una aplicación usable es la que permite al usuario centrarse en su tarea, no en la aplicación. En el caso de los dispositivos móviles es un desafío que la usabilidad permita recrear una experiencia total en el usuario.

La usabilidad es la medida de calidad de sistemas de información interactivos de acuerdo con el equilibrio entre productividad, navegabilidad, accesibilidad, y optimización, en función del grado de consecución de los objetivos de la empresa. La usabilidad no sólo intenta lograr un equilibrio entre los desarrollos tecnológicos óptimos y los requisitos de cliente y del mercado y los objetivos de la empresa sino también favorecer una interacción constante y actualizada entre la herramienta, sus gestores y sus usuarios. La usabilidad no es una ciencia exacta, pero sí un arte de precisión, ya que un pequeño cambio en el texto de un vínculo, el contraste con el fondo o el espacio blanco alrededor de un elemento, pueden marcar la diferencia entre el éxito y la mediocridad. Todo esto se basa en la ergonomía, facilidad de aprender, facilidad de uso, adecuación a las necesidades del usuario, y cuán agradable es el sistema durante su uso. El usuario no debe concentrar sus energías en la interfaz, las debe concentrar en su trabajo. Se debe diseñar para que el usuario tenga una experiencia óptima y una interacción positiva.

De acuerdo con la norma ISO 9241 (Ergonomic Requirements for Visual Display Terminals, 1998), parte 11 (Guidance for Usability) la “Usabilidad” es definida como:⁵

⁵ La ISO, ha emitido en el 2002 una versión complementaria de la norma mencionada. (ISO/TR 16982:2002) Esta norma está restringida a los métodos que son utilizados por los especialistas de Usabilidad. (<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=31176&ICS1=13&ICS2=180&ICS3=>).

“El rango en el cual un producto puede ser usado por un grupo de usuarios específicos para alcanzar ciertas metas definidas con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado. La “Usabilidad” es la percepción de que tan consistente, organizada, eficiente, productiva, fácil de usar e intuitivo es el proceso de completar una tarea en particular dentro de un sistema”.

De acuerdo a esta definición podemos definir la usabilidad como la medida en la cual un producto puede ser usado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado.

- **Por efectividad** se entenderá la precisión y la plenitud con las que los usuarios alcanzan los objetivos especificados. A esta idea van asociadas la facilidad de aprendizaje (en la medida en que este sea lo más amplio y profundo posible), la tasa de errores del sistema y la facilidad del sistema para ser recordado (que no se olviden las funcionalidades ni sus procedimientos).
- **Por eficiencia** se entenderán los recursos empleados en relación con la precisión y plenitud con que los usuarios alcanzan los objetivos especificados. A esta idea van asociadas la facilidad de aprendizaje (en tanto que supone un costo en tiempo; igualmente, si se requiere un acceso continuo a los mecanismos de ayuda del sistema), la tasa de errores del sistema y la facilidad del sistema para ser recordado (una asimilación inapropiada puede traducirse en errores de usuario).
- **Por satisfacción** se entenderá la ausencia de incomodidad y la actitud positiva en el uso del producto. Se trata, pues, de un factor subjetivo. La “Usabilidad”, hace referencia, a la rapidez y facilidad con que las personas llevan a cabo sus tareas a través del uso del producto objeto de interés, idea que descansa en cuatro puntos:

- ✓ Una aproximación al usuario: “Usabilidad” significa enfocarse en los usuarios. Para desarrollar un producto usable, se tienen que conocer, entender y trabajar con las personas que representan a los usuarios actuales o potenciales del producto.
- ✓ Un amplio conocimiento del contexto de uso: Las personas utilizan los productos para incrementar su propia productividad. Un producto se considera fácil de aprender y usar en términos del tiempo que toma el usuario para llevar a cabo su objetivo, el número de pasos que tiene que realizar para ello, y el éxito que tiene en predecir la acción apropiada para llevar a cabo. Para desarrollar productos usables hay que entender los objetivos del usuario, hay que conocer los trabajos y tareas del usuario que el producto automatiza, modifica o embellece.
- ✓ El producto ha de satisfacer las necesidades del usuario: Los usuarios son gente ocupada intentando llevar a cabo una tarea. Se va a relacionar “Usabilidad” con productividad y calidad. El hardware y el software son las herramientas que ayudan a la gente ocupada a realizar su trabajo y a disfrutar de su ocio.
- ✓ Son los usuarios, y no los diseñadores y los desarrolladores, los que determinan cuando un producto es fácil de usar.

Otra de las definiciones más relevantes de este término se encuentra en la norma ISO 9126⁶, en esta se dice que:

“La usabilidad se refiere a la capacidad de un software de comprenderse, aprenderse, utilizarse y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso”

⁶ ISO. ISO 9126. [en línea]. Disponible en:
<http://www.issco.unigen.ch/ewg95/node14.html#SECTION00311000000000000000>.

Es válida la aclaración de que la usabilidad no se limita exclusivamente a elementos computacionales, sino que es un concepto aplicable a cualquier tipo de interfaz, como área de estudio, la usabilidad forma parte del campo de la Interacción Humano - Computador , y su objetivo es el determinar si un sistema satisface o no las necesidades del usuario.

2.1.3 Importancia de la Usabilidad

Actualmente la usabilidad está reconocida como un importante atributo de calidad del software y dentro del ámbito tecnológico, habiéndose ganado un puesto entre atributos más tradicionales como el rendimiento y la fiabilidad. Incluso diversos programas de estudios se centran en ella. También han surgido diversas empresas de consultoría de usabilidad, y las firmas tradicionales de consultoría y diseño están ofreciendo servicios similares para este término tan asociado al marketing. Desde un enfoque del diseño y evaluación de aplicaciones software, hablamos de usabilidad software como un área incluida en el campo de la Interacción Persona Ordenador (IPO) que se define como un conjunto de fundamentos teóricos y metodológicos que aseguran el cumplimiento de los niveles de usabilidad requeridos. Se trata, fundamentalmente, de decidir qué atributos del concepto de usabilidad deben de ser priorizados, para lograr metas verificables y medibles de niveles de usabilidad cuyo objetivo último es atraer la atención del usuario lo máximo posible ya sea por motivos económicos, publicitarios u otros⁷.

⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Usabilidad>

2.2 DISPOSITIVOS MÓVILES⁸

En las últimas tres décadas, gracias a los avances en la fabricación y miniaturización de los componentes electrónicos, ha sido posible la creación de aparatos electrónicos con capacidades computacionales cada vez más potentes y unas dimensiones cada vez más reducidas. Dichos aparatos o gadgets⁹ están presentes en nuestra vida cotidiana y abarcan una gran cantidad de dispositivos. Cuando estos aparatos son del tamaño de la palma de la mano reciben el nombre de dispositivos móviles o palmtop.

2.2.1 Breve Aproximación Histórica de los Dispositivos Móviles¹⁰

Hace 40 años Martin Cooper invento el teléfono móvil, en ese momento él tuvo la visión de que todos los seres humanos tendrían los teléfonos incrustados en sus cuerpos debido a la gran cantidad de conexiones inalámbricas, y que ya no se volvieran a realizar llamadas desde teléfonos locales con cables, aunque muchos de sus pensamientos se ha desarrollado y llevado a cabo durante estos cuarenta años aún falta mucha para que estos estén pegados a los cuerpos de los seres humanos, lo que si es cierto es que hay tantos teléfonos móviles en la actualidad que existen un gran número de conexiones inalámbricas para las comunicaciones.

La primera llamada inalámbrica la realizo Martin Cooper en 1973 desde una esquina en la ciudad de New York, el primer sistema comercial de telefonía aparece en 1979 en Japón, en el año de 1981 la compañía Ericson coloca en funcionamiento lo que hoy

⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_m%C3%B3vil

⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Gadget>

¹⁰ http://datateca.unad.edu.co/contenidos/233016/EXE_SAM/leccin_5_dispositivos_mviles.html

se conoce como sistema de telefonía móvil, pero el teléfono móvil no fue comercializado hasta que finalizó el proyecto DynaTAC 8000X de Motorola en el año de 1983, en el año de 1986 Ericson modernizó el sistema con nuevas mejoras las cuales le permitían tener mayor número de usuarios, en el año de 1990 se implementan nuevas tecnologías como la GSM Global System for Mobile communication.

2.2.2 Antecedentes de la Movilidad en Panamá

En el año de 1996 llega la movilidad a Panamá, la primera llamada por celular la realizó el entonces presidente de la república Dr. Ernesto Pérez Balladares, el equipo celular era pesado y grueso, según registros la voz que se escuchó al otro lado era la de Boddy Miller, el presidente de la compañía estadounidense BellSouth, que en ese entonces se había adjudicado el servicio de la banda A o de telefonía móvil, durante los dos años siguientes a este suceso se implementa la telefonía móvil en el país. Una vez introducidos los primeros celulares en el país, en el año 1996, el mercado se caracterizó por ser exclusivo para unos pocos. No todas las personas podían acceder a esta novedad y pagar un contrato todos los meses. Los equipos eran análogos, es decir que solo permitían transmitir voz, y los aparatos venían con menos de cinco ringtones (tonos o melodías de timbre).

Hoy día los primeros teléfonos móviles han quedado en el recuerdo, sin embargo algunos los extrañan, En esta era de tecnología de punta en este entorno todavía hay quienes dicen sentirse orgullosos de haber tenido los pesados equipos porque era un atractivo para las chicas, que, entre otras cosas, lo aprovechaban para pedir la hora.

Otros dicen que al final los viejos aparatos cumplían con su verdadero objetivo, que era “el de hacer y recibir llamadas”, en contraste con los actuales celulares, que tienen tantas aplicaciones, que en ocasiones abruman a algunos usuarios.



Figura No. 2.1 Estructuras Móviles en el Tiempo

Fuente: <http://www.ipadizate.es/2014/02/09/iphone-coste-1991-83640/>

Consultado: 10/08/2014

En el año 2003 se crea la compañía Android Inc, en el año 2005 Google compra la compañía Android Inc la cual desarrollaba un sistema operativo basado en Linux para teléfonos inteligentes y tabletas, en el año 2007 es lanzado el iPhone en Estado Unidos por la empresa Apple y también se presenta el sistema operativo Android y se hace el lanzamiento OHA Open Handset Alliance, en el año 2008 fue lanzado el iPhone 3G y se vende el primer dispositivo móvil con Android, en el año 2010 se lanzó el iPhone 4, en el año 2011 se lanzó el iPhone 4S, en ese mismo se aprueba el proyecto de portabilidad numérica en Panamá en donde el usuario es el dueño del número celular y lo puede cambiar

de operador en Panamá, en el año 2012 se lanza el iPhone 5 y en Panamá se implementan las primeras tecnologías de comunicación e internet a través de 4G LTE.

2.2.3 Características Principales de los Dispositivos Móviles

En inglés existe una amplia gama de términos para referirse a todo este conjunto de aparatos: "information device", "information appliance", "consumer electronic", "embedded device" o "small device", por ejemplo. Las características principales de estos dispositivos se pueden resumir en¹¹:

- Son aparatos pequeños, Con capacidad de procesamiento limitado,
- Poseen movilidad,
- Con conexión permanente o intermitente a una red,
- Con memoria limitada,
- Generalmente son de propósito general,
- Habitualmente se asocian al uso personal.

Una característica importante es el aspecto de movilidad: los dispositivos móviles son suficientemente pequeños para ser transportados y empleados al mismo tiempo que el usuario se está desplazando. Normalmente se sincronizan con un sistema de sobremesa o una red para actualizar aplicaciones y datos.

¹¹ <http://156.35.151.9/~smi/5tm/09trabajos-sistemas/1/Memoria.pdf>

Los conceptos de móvil e inalámbrico muchas veces se confunden. Por ejemplo, una PDA con datos y aplicaciones para gestionarlos puede ser móvil, pero no tiene por qué ser inalámbrica, ya que puede necesitar un cable para conectarse en red y obtener o enviar datos y aplicaciones.

Algunas de las características que hacen que estos dispositivos sean diferentes de los ordenadores de sobremesa son las siguientes:

- Sus funcionalidades limitadas debido a las limitaciones de hardware.
- En poco tiempo el usuario deberá cambiarlo puesto que quedará obsoleto.
- Es más barato, en líneas generales.
- Es más fácil de aprender su manejo.
- No se requieren usuarios expertos para manejarlos.

A pesar de que la tecnología móvil abarca un gran número de dispositivos, que se tratarán de definir en este punto, el estudio y experimentación llevado a cabo en este trabajo se centrará principalmente en los dispositivos Tablets (también pizarras), y en los teléfonos inteligentes (o Smartphones).

2.2.4 Tipologías de los Dispositivos Móviles

Dado el variado número de niveles de funcionalidad asociado con dispositivos móviles, era necesario hacer una clasificación de los mismos, por ello en el 2005, T38 y

DuPont Global Mobility Innovation Team¹² propusieron los siguientes estándares para la definición de dispositivos móviles:

- 1. Dispositivo móvil de datos limitado** (Limited Data Mobile Device): son dispositivos que tienen una pantalla pequeña, principalmente basada en pantalla de tipo texto con servicios de datos generalmente limitados a SMS y acceso WAP. Un típico ejemplo de este tipo de dispositivos son los teléfonos móviles comunes.
- 2. Dispositivo móvil de datos básico** (Basic Data Mobile Device): son aquellos dispositivos que tienen una pantalla de mediano tamaño, (entre 120 x 120 y 240 x 240 píxeles), menú o navegación basada en íconos por medio de un cursor, y que ofrecen correo electrónico, lista de direcciones, SMS, y un navegador web básico. Un típico ejemplo de este tipo de dispositivos son los teléfonos inteligentes.
- 3. Dispositivo móvil de datos mejorado** (Enhanced Data Mobile Device): dispositivos que tienen pantallas de medianas a grandes (por encima de los 240 x 120 píxeles), navegación de tipo stylus, y que ofrecen las mismas características que el dispositivo móvil de datos básicos más aplicaciones nativas como aplicaciones de Microsoft Office Mobile (Word, Excel, PowerPoint) y aplicaciones corporativas usuales, en versión móvil, como SAP27, portales intranet, etc. Este tipo de dispositivos incluyen sistemas operativos como Windows Mobile en sus versiones recientes, como en los Pocket PC.

¹² <http://156.35.151.9/~smi/5tm/09trabajos-sistemas/1/Memoria.pdf>

En la actualidad, los dispositivos móviles ya han superado las prestaciones tecnológicas de los dispositivos móviles definidos mediante esta taxonomía, siendo necesaria la revisión de estas tipologías, e incluyendo un nuevo grupo de dispositivos móviles tecnológicamente superiores a los dispositivos móviles de datos mejorados. Por tanto, esta diferenciación, que data del 2005, es ya obsoleta, y debería incluir los dispositivos avanzados que podemos encontrar hoy en día, los cuales definiremos en este trabajo, siendo los que se tendrán en cuenta a la hora de realizar el presente estudio.

Los dispositivos móviles avanzados permiten una conexión a internet inalámbrica permanente, así como poseen prestaciones tecnológicas más avanzadas, siendo considerados en ocasiones, pequeños ordenadores, por su alto rendimiento y capacidad de cálculo. Poseen un sistema operativo, y permiten la descarga e instalación de aplicaciones con diferentes funcionalidades. Dentro de esta tipología, los dos dispositivos móviles más populares entre los usuarios y cuyas ventas en los últimos años han aumentado considerablemente son los teléfonos inteligentes y las tabletas, que son presentados a continuación.

2.2.4.1 Teléfonos Inteligentes o Smartphones¹³

El objetivo último de un Smartphones varía de usuario a usuario. Y en todos los casos tiene su justificación. Ya sea por presumir, para trabajar, como instrumento de ocio o cámara con la que, además, se puede hablar por teléfono. También para aprender, disfrutar más de las cosas que nos rodean, estar en contacto con familiares y amigos, navegar en

¹³http://www.pactual.com/articulo/laboratorio/especiales/10261/probamos_ocho_moviles_ultima_generacion.html#sthash.kjbUSOMo.dpuf

Internet, o para cualquier otro fin que signifique extender nuestras habilidades o nuestros sentidos. Y con cada generación los fabricantes ponen en nuestras manos dispositivos más capaces. Hasta aquí todo parece sencillo, pero la realidad es que la elección de un móvil puede ser una tarea larga y complicada. Hay opciones de todo tipo, tanto por sistemas operativos como por el hardware del terminal. En estos dispositivos se encuentran sistemas operativos diferentes, un tamaño de pantalla diferente por cada modelo, entre muchas más características que puedes encontrar en unos y en otros no, según sea su plataforma. No obstante, lo habitual es que las herramientas se programen para todas las plataformas, dejando al usuario poder escoger libremente que aplicación o herramienta quiere usar sin tener que depender del sistema operativo o de la marca del móvil, como es el caso de Instagram que solo funciona en iPhone.

En la actualidad, los Smartphones o teléfonos inteligentes son el gadget por excelencia, abarcando casi en su totalidad un 40% del mercado en dispositivos móviles, como se comenta Gartner Inc. Report.¹⁴ Los dispositivos móviles de última generación, generalmente denominados Smartphone, o teléfonos inteligentes, son aparatos que poseen características específicas los encuentras desde pequeño tamaño, con grandes capacidades de procesamiento, conexión en red casi permanente, memoria ampliable en la mayoría de casos y multi-propósito.

El término “inteligente” hace referencia a la inclusión de prestaciones que lo diferencian de un teléfono móvil tradicional, haciendo referencia a la interfaz, como puede ser una pantalla táctil, o simplemente al sistema operativo móvil que posee, diferenciando

¹⁴ <http://www.gartner.com/DisplayDocument?ref=clientFriendlyUrl&id=1923316>

su uso mediante una exclusiva disposición de los menús, teclas o botones. La interacción con dichos dispositivos puede ser mediante teclado y otros botones, por voz, táctil, es decir, directamente en la pantalla mediante el uso de un lápiz, o finalmente utilizando el estilo de interacción gestual, es decir, de interpretación de gestos. Es el caso de las pantallas capacitivas o multitáctiles, es decir, que detectan diversos puntos de contacto simultáneos.

Los Smartphones ofrecen la posibilidad de instalar aplicaciones con diferentes funcionalidades que abarcan desde funciones diseñadas para el ocio hasta mejorar el rendimiento en el trabajo. Entre otras características comunes está la función multitarea, el acceso a Internet vía WiFi o 4G, los programas de agenda, cámara digital integrada, administración de contactos, acelerómetros, GPS y algunos programas de navegación, así como la habilidad de leer documentos de negocios en variedad de formatos como por ejemplo en PDF. El tamaño de estos dispositivos viene condicionado por la pantalla. Los tamaños de pantalla más comunes van desde 2 pulgadas a más de 6 pulgadas (medido diagonalmente). Las resoluciones comunes, como se puede apreciar en la figura 2.2, para las pantallas de teléfonos inteligentes varían de 1136x640 píxeles hasta 1920x1080 píxeles. El tamaño de la pantalla, es por tanto pequeño comparado con su semejante de escritorio, puesto que es un teléfono que debe ser fácilmente portable y cómodo. Las características de hardware también ofrecen limitaciones¹⁵, siendo el procesador más rápido actualmente de 2.26 GHz núcleo cuádruple con 3 GB de memoria RAM.

¹⁵ NotebookCheck: Comparison of Mobile Processors (CPU Benchmarks):
<http://www.notebookcheck.net/Mobile-Processors-Benchmarklist.2436.0.html>



Figura No. 2.2 Smartphones 2014
Fuente: <http://mobilephonesbrand.com/about/>
Consultado: 10/08/2014

	Samsung Galaxy S5	Sony Xperia Z2	LG G Pro 2	Nokia Lumia 1520	HTC One Max	Apple iPhone 5S
Tamaño pantalla*	5.1 pulgadas	5.2 pulgadas	5.9 pulgadas	6.0 pulgadas	5.9 pulgadas	4.0 pulgadas
Resolución (píxeles)	1.920 x 1.080	1.920 x 1.080	1.920 x 1.080	1.920 x 1.080	1.920 x 1.080	1.136 x 640
Peso	145g	158 g	172 g	209 g	217 g	112 g
Tamaño (Al. x An. x E)	142 x 72.5 x 8.1 mm	146.8 x 73.3 x 8.2 mm	157.9 x 81.9 x 8.3 mm	162.8 x 85.4 x 8.7 mm	164.5 x 82.5 x 10.29mm	123.8 x 58.6 x 7.6 mm
Sistema operativo	Android 4.4	Android 4.4	Android 4.4	Windows 8	Android 4.3	iOS 7
RAM	2 GB	3 GB	3 GB	2 GB	2 GB	1 GB
Procesador	Núcleo cuádruple 2.5 GHz	Núcleo cuádruple 2.3 GHz	Núcleo cuádruple 2.26 GHz	Núcleo cuádruple 2.2 GHz	Núcleo cuádruple 1.7 GHz	A7 / M7 (coprocesador)
Memoria interna	16 / 32 Gigabyte (GB)	16 (GB)	16 / 32 (GB)	16 / 32 (GB)	16 / 32 GB	16 / 32 / 64 GB
Expansión memoria	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	No
Cámara (traseira/frontal)	16MP con OIS / 2MP	20.7MP con OIS / 2.2 MP	13 MP con OIS / 2,1 MP	20 MP / 1,2 MP	4MP / 2,1MP	8MP / 1,2MP
Videograbador	4K	4K	4K	1080p/ 30fps	1.080p	1.080p / 30fps
Capacidad batería	2.800 mAh	3.200 mAh	3.200 mAh	3.400 mAh	3.300 mAh	1560 mAh
Lanzamiento	Feb. 2014	Feb. 2014	Feb. 2014	Oct. 2013	Oct. 2013	Sept. 2013

Fuente: Empresas, Fall. *Vagnon

Figura No. 2.3 Cuadro Comparativo de Pantallas de Smartphone Actuales
Fuente: <http://www.lne.es/vida-y-estilo/tecnologia/2014/03/14/smartphones-nueva-generacion-moviles-inteligentes/1556701.html>
Consultado: 10/08/2014

No es de extrañar que la movilidad esté de moda y llevo para quedarse, La mayoría de los países latinoamericanos tienen más líneas móviles que personas, según datos difundidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones durante La Cumbre Conectar las Américas, 20 de los 33 países en Latinoamérica tienen más suscripciones de servicio

móvil que personas, entre ellos Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Guatemala, Panamá, Perú y Uruguay. En poco tiempo, los teléfonos móviles inteligentes han ido adentrándose en el terreno de otras tecnologías, como la fotografía digital. Hoy es habitual ver cómo las cámaras compactas se dejan en casa porque ya se lleva encima el móvil. Los reproductores multimedia también han ido dejando paso a las habilidades de los Smartphones para reproducir vídeo y audio, o incluso, para consumir fuentes de contenidos multimedia directamente en streaming¹⁶ (la más reciente tendencia en movilidad). La cantidad de tareas que puedes solucionar hoy en día mediante el móvil, en cualquier momento y cualquier lugar (siempre que la autonomía lo permita) es tan extensa como se desee, e, incluso, está robando terreno a los portátiles como herramientas de IT (Information technology)¹⁷ por excelencia para realizar actividades tecnológicas. Ni siquiera las tabletas parece que se librarán de la amenaza de los teléfonos inteligentes. Tanto, que el modesto aparato que llevamos de forma descuidada en el bolsillo tiene tanta potencia de cálculo como miles de superordenadores ENIAC¹⁸. El iPhone 5S, por ejemplo, con sus 5.000 MIPS, es 100.000 veces más rápido que un ENIAC con sus 0,05 MIPS (millones de instrucciones por segundo), que en su tiempo, allá por 1946, tendría un precio equivalente en la actualidad de unos seis millones de dólares.

Mobile World Congress 2014¹⁹ es el evento de telefonía móvil más importante del mundo, celebrado en Barcelona, participaron el año pasado 72.000 profesionales y este año se esperaban alrededor de 75.000, este congreso vaticina la era en lo que todo se vuelve

¹⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Streaming>

¹⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Information_technology

¹⁸ <http://jimharper3.tumblr.com/post/8847189055/eniac-vs-iphone-4>

¹⁹ <http://www.lavanguardia.com/tecnologia/mobile-world-congress/20140227/54401819382/mwc-2014-era-todo-inteligente.html>

inteligente, nunca como hasta ahora se había visto en la telefonía móvil una tendencia tan clara y evidente: los consumidores quieren móviles potentes y grandes, y los fabricantes están por la labor de dárselos, en este congreso se llevó el primer lugar de preferencia la marca Huawei. De todos los dispositivos presentados, en lo que a tamaño se refiere, la china Huawei, con su MediaPad X1 ha presentado un phablet -mitad teléfono, mitad tableta- con siete enormes pulgadas de pantalla. Además, el dispositivo de Huawei incorpora la última tecnología 4G LTE de categoría 4 surgida de sus propios laboratorios. Aunque probablemente lo que más destaque del dispositivo junto con su enorme batería sea que, pese a su gran tamaño de pantalla, sus medidas son realmente contenidas y el dispositivo es ligero y delgado.

La tecnología móvil es muy volátil, un teléfono móvil que hoy es el último grito de la moda en tecnología, mañana podría quedar desfasado, una tecnología de constante evolución, tal como lo muestra la figura 2.4.



Figura No. 2.4 Evolución de Smartphones

Fuente: <http://www.lne.es/vida-y-estilo/tecnologia/2014/03/14/smartphones-nueva-generacion-moviles-inteligentes/1556701.html>

Consultado: 10/08/2014

2.2.4.2 Tablet

Una tableta o pizarra²⁰, o como se denomina en inglés tablets o tablets computer, es un tipo de computadora portátil, de mayor tamaño que un smartphones o una PDA, integrado en una pantalla táctil (sencilla o multitáctil) con la que se interactúa primariamente con los dedos o una pluma stylus, sin necesidad de teclado físico ni ratón. Estos últimos años la tendencia natural es que lleven un teclado virtual táctil, y en algunos modelos incluso un mini-trackball integrado en uno de los bordes de la pantalla.

Hoy en día las tablets utilizan mayoritariamente los mismos sistemas operativos que se emplean para Smartphones, ya diseñados con la movilidad en mente y que como en el caso de los Smartphones, permiten la descarga de una infinidad de aplicaciones directamente desde la tienda online del sistema. Cabe decir que tanto los sistemas operativos, como muchas de las aplicaciones descargables, en la mayoría de los casos están adaptados a las características de estos dispositivos.

El formato estándar se llama Tablet y carece de teclado integrado, aunque puede conectarse a uno inalámbrico, por ejemplo, Bluetooth, o mediante un cable USB (muchos sistemas operativos reconocen directamente teclados y ratones USB). Otro formato es el portátil convertible, que dispone de un teclado físico que gira sobre una bisagra o se desliza debajo de la pantalla. Un tercer formato, denominado híbrido, dispone de un teclado físico, pero puede separarse de él para comportarse como una pizarra. Por último los booklets

²⁰ Definición de tableta en el sitio web de Informática Hoy: <http://www.informatica-hoy.com.ar/tablets/Que-son-las-tablets.php>

incluyen dos pantallas, al menos una de ellas táctil, mostrando en ella un teclado virtual, como por ejemplo el Sony Tablet²¹.

El tamaño de las pantallas, que es el que dicta el tamaño de la tablets en la mayoría de modelos varía de los modelos más pequeños de 7 pulgadas a las grandes tabletas con un tamaño de 10,1 pulgadas²². En la figura 2.5, se puede apreciar una tabla comparativa de los modelos más populares de tabletas de principios de 2014 de diferentes fabricantes, teniendo en cuenta tanto sus prestaciones tecnológicas, tamaños de pantalla y sistema operativo.



	iPad (3rd Gen)	Transformer Prime	Transformer Pad Infinity	Iconia Tab A700	Galaxy Note 10.1	Galaxy Tab 10.1	Excite 10 LE	Droid Keyboard
Fabricante	Apple	Asus	Asus	Acer	Samsung	Samsung	Toshiba	Motorola
Precio (ref. EE.UU.)	Desde US\$ 499	US\$ 499 (32GB) / US\$ 599 (64GB)	Sin anunciar	Sin anunciar	Sin anunciar	Desde US\$ 400 (Wi-Fi)	Desde US\$ 530	Desde US\$ 530
Disponibilidad	16 de Marzo 2012	En distribución	Sin anunciar	Sin anunciar	Sin anunciar	En distribución	En distribución	En distribución
Sistema operativo	iOS 5.1	Android 3.2 Honeycomb	Android 4.0 Ice Cream Sandwich	Android 4.0 Ice Cream Sandwich	Android 4.0 Ice Cream Sandwich	Android 3.2 Honeycomb	Android 3.2 Honeycomb	Android 3.2 Honeycomb
Conectividad celular	3G/4G LTE	No	3G/4G LTE	HSDPA	HSPA+/EDGE-GPRS	HSPA+/EDGE-GPRS	No	3G/4G LTE
Dimensiones	241 x 185 x 9,3 mm	262 x 180 x 8,3 mm	262 x 180 x 8,3 mm	260 x 174 x 9,9 mm	256 x 175 x 8,9 mm	256 x 175 x 8,6 mm	256 x 176 x 7,6 mm	254 x 176 x 8,9 mm
Peso	635 gramos	585 gramos	585 gramos	648 gramos	580 gramos	562 gramos	535 gramos	598 gramos
Tamaño de pantalla	9,7 pulgadas	10,1 pulgadas	10,1 pulgadas	10,1 pulgadas	10,1 pulgadas	10,1 pulgadas	10,1 pulgadas	10,1 pulgadas
Resolución	2048 x 1536 píxeles	1280 x 800 píxeles	1920 x 1200 píxeles	1920 x 1200 píxeles	1280 x 800 píxeles	1280 x 800 píxeles	1280 x 800 píxeles	1280 x 800 píxeles
Densidad de píxeles	264 PPP	149,45 PPP	224,17 PPP	224,17 PPP	149,45 PPP	149,45 PPP	149,45 PPP	149,45 PPP
Procesador	ASX dual-core/Gráficos quad-core	1,3 GHz quad-core	1,6 GHz quad-core	1,3 GHz quad-core	1,4 GHz dual-core	1 GHz dual-core	1,2 GHz multi-core	1,2 GHz dual-core
Memoria RAM	Sin especificar	1 GB	1 GB	1 GB	1 GB	1 GB	1 GB	1 GB
Almacenamiento	16/32/64 GB	32/64 GB	32/64 GB	16/32/64 GB	16/32/64 GB	16/32/64 GB	16/32 GB	16/32/64 GB
Memoria expandible	No	MicroSD (hasta 32 GB)	MicroSD (hasta 32 GB)	MicroSD (hasta 32 GB)	MicroSD (hasta 32 GB)	No	MicroSD (hasta 32 GB)	No
Cámara trasera	5 MP	8 MP + flash	8 MP + flash	5 MP + flash	3 MP + flash	3 MP + flash	3 MP + flash	5 MP + flash
Cámara delantera	Si	1,2 megapíxeles	2 megapíxeles	2 megapíxeles	2 megapíxeles	2 megapíxeles	2 megapíxeles	1,3 megapíxeles
Wi-Fi	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 a/b/g/n	802.11 a/b/g/n	802.11 a/b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 a/b/g/n/v
Bluetooth	Si	Bluetooth 2.1	Bluetooth 4.0	Bluetooth 3.0	Bluetooth 3.0	Bluetooth 2.1	Bluetooth 2.1	Bluetooth 2.1
GPS	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Batería	Sin especificar	6900 mAh	6757 mAh	9800 mAh	7000 mAh	6800 mAh	6800 mAh	7000 mAh

Figura No. 2.5 Comparativa de Tablet más populares hasta febrero 2014
Fuente: http://pcworld.pe/wp-content/uploads/2012/03/tabla_comparativa_ipad3-01.jpg
Consultado: 10/08/2014

²¹ Sitio oficial de la Sony Tablet P: <http://www.sony.es/product/sony-tablet-p/tab/overview>

²² <http://pcworld.pe/evaluaciones/comparativa-nuevo-ipad-con-ultimas-tablets-android/>

2.2.5 Estilos de Interacción en Dispositivos Móviles

Se denomina interacción todo intercambio de información que se produce entre el ordenador o dispositivo móvil, y la persona que lo maneja [15]. Los dispositivos móviles actuales permiten una interacción multimodal, es decir, que pueden utilizar múltiples canales de comunicación simultáneamente.

Los estilos de interacción predominantes en los diferentes dispositivos móviles son diversos dependiendo del modelo y tipología de éste, pero incluyen una gran variedad de estilos, que van desde la interfaz y navegación por menús y formularios, la manipulación directa, el uso del lenguaje natural, y por último, la interfaz gestual. En algunos casos, aunque el propio dispositivo no ofrezca este tipo de interacción directamente, mediante la descarga de aplicaciones específicas o de algún complemento se puede obtener. Por ejemplo, todos los dispositivos de la marca Apple llevan integrados un software denominado VoiceOver²³, un lector de pantalla, que permite la interacción con el dispositivo mediante sintetización de voz.

A su vez, los dispositivos Android permiten la descarga de las aplicaciones TalkBack y SoundBack²⁴ que facilitan también el manejo por voz y lectura de sus dispositivos. Además de lectores de pantalla existen asistentes de voz, tales como Cloe²⁵ para Android, y SIRI²⁶ o Evi²⁷ para Apple.

²³ <http://www.apple.com/es/accessibility/voiceover/>

²⁴ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.marvin.talkback&hl=es>

²⁵ https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_misael_moreno.Cloe

²⁶ <http://www.apple.com/iphone/features/siri.html>

²⁷ <http://evi.com/>

Cabe destacar el gran abanico de dispositivos y periféricos para la interacción existentes en los dispositivos móviles, que dependerán principalmente de la marca y el diseño de sus dispositivos.

Los más comunes son:

- 1) **Teclado y pantalla:** muchos dispositivos móviles aún utilizan el sistema tradicional de teclado y pantalla, e incluso algunos dispositivos como las pizarras, que ya poseen una pantalla multitáctil, ofrecen la posibilidad de acoplar el dispositivo a un teclado para facilitar la escritura a los usuarios (es el caso de los tablets de la marca Asus). Algunos ejemplos de móviles de esta tipología son la mayoría de los teléfonos móviles clásicos o los dispositivos de la marca BlackBerry (tanto en teléfonos como en otros dispositivos móviles de la marca) que como se puede observar en la figura 2.6, llevan incorporado el teclado en la mayoría de sus diseños.



Figura No. 2.6 Teléfonos Inteligentes de la Marca BlackBerry

Fuente: <http://www.jailbreakup.com/colaboraciones/telefonos-smartphone-blackberry/>

Consultado: 10/08/2014

- 2) **Apuntadores:** algunos dispositivos móviles poseen un touchpad o mini-trackball integrado para poder manipular objetos en la pantalla. En algunos casos viene ya integrado, como es el caso de algunas pizarras, o forma parte del complemento de teclado del dispositivo móvil. Es el caso de las tablets de la marca Asus, que como se puede observar en la figura 2.7, a pesar de poseer una pantalla multitáctil, permiten acoplarse a un complemento que incorpora teclado y touchpad.



Figura No. 2.7 Eee Pad Transformer Prime de la Marca Asus

Fuente: http://pdadb.net/index.php?m=specs&id=3497&c=asus_transformer_pad_300_3g__eee_pad_transformer_prime_tf300tg

Consultado: 10/08/2014

- 3) **Voz y Sonido:** comentado anteriormente, esta funcionalidad, viene incorporada en todos los productos Apple, y que en otras marcas como Android o Windows Mobile se permite su descarga e instalación en casi todos sus productos. Mediante la voz y la lectura de la pantalla, el usuario no tiene necesidad de mirar la pantalla del dispositivo móvil, facilitando la interacción. Esta funcionalidad ha ido siendo

desarrollada pensando principalmente en ofrecer facilidad de uso de las tecnologías móviles a personas invidentes o con visión reducida.

4) **Rastreo ocular:** en algunos casos, y dependiendo de la marca y el modelo, existe la posibilidad de facilitar la interacción con el dispositivo mediante rastreo ocular. El rastreo ocular permite que el usuario mediante el movimiento de sus ojos, pueda interactuar con el dispositivo móvil. Para ello, es necesario que el dispositivo móvil posea una cámara frontal, es decir, en la parte frontal de la pantalla, para que el usuario pueda ver la pantalla a la vez que interactúa con ésta. Juntamente con la interacción mediante voz y sonido, el rastreo ocular permite el uso de estos dispositivos a personas con algún grado de discapacidad.

5) **Pantalla táctil o Multitáctil:** la mayoría de dispositivos móviles permiten su funcionamiento mediante la interacción directa con la pantalla. Las pantallas táctiles y multitáctiles permiten la entrada de datos y órdenes a los dispositivos móviles mediante el toque con los dedos sobre su superficie. Según la tecnología que usen, hay dos tipos de pantallas táctiles:

- ✓ **Resistivas:** son más baratas y no les afectan el polvo ni el agua, y además de ser más precisas pueden ser usadas con un puntero (o stylus) o con el dedo. Sin embargo, pierden hasta un 25% del brillo y son más gruesas, por lo que están siendo sustituidas por otras en los dispositivos móviles que precisan un tamaño y un peso ajustado, y además, mayor brillo en la

pantalla por la posibilidad de estar expuestos a la luz directa del sol. Es cuando se habla de pantallas táctiles.

✓ **Capacitivas:** La calidad de imagen es bastante buena, tienen una respuesta más rápida y permiten el uso de varios dedos a la vez, dando paso a la posibilidad de interpretar gestos (interfaz gestual). Sin embargo, son menos precisas que las anteriores, y también mucho más costosas. Es cuando se habla de pantallas multitouch o multi-táctiles.

6) **Lápiz o Stylus:** algunos dispositivos móviles funcionan mediante el uso de un lápiz, puntero o stylus, mediante el cual se van seleccionando las opciones de la pantalla. Algunos incluso permiten reconocer la escritura y son usados por algunos dispositivos de tinta electrónica o también tinta digital. Es el caso de la mayoría de PDA's, así como de algunos Pocket PC, algunos modelos de tablets, como se puede observar en la Figura No. 2.8, y de teléfonos móviles.



Figura No. 2.8 Tablet PC con Soporte y Stylus para su Manejo

Fuente: <http://cioperu.pe/articulo/8832/lenovo-presenta-su-tablet-empresarial/>

Consultado: 10/08/2014

7) **Otros:** existen otras posibilidades de interacción mediante dispositivos móviles que incluyen otros canales como puede ser el tacto. Normalmente suelen ser complementos, ya sean físicos o aplicaciones descargables que permiten y facilitan el manejo del dispositivo. Mediante la descarga de algunas aplicaciones, los usuarios pueden saber en todo momento quien se está poniendo en contacto con el usuario mediante la configuración y personalización de las vibraciones del móvil. Otro ejemplo, como es el caso de la figura 2.9, se trata de una funda serigrafiada que permite el manejo mediante el tacto de las funcionalidades básicas del dispositivo móvil. La mayoría de estos complementos están pensados para facilitar el manejo a usuarios con algún grado de discapacidad visual.



Figura No. 2.9 Funda para el iPhone para Personas Ciegas o con Visión Reducida

Fuente: http://www.atedis.gov.ar/novedades2.php?id_eti=48

Consultado: 10/08/2014

2.2.6 Problemática Asociada a los Dispositivos Móviles

Como se ha destacado en los apartados anteriores, los dispositivos móviles abarcan una gran cantidad de gadgets²⁸ o artilugios considerable, siendo muy heterogéneos tanto en tipología como en prestaciones, tanto por sus características físicas como por sus prestaciones tecnológicas, estilos de interacción, etc. Tanto es así que las prestaciones llegan a ser muy diversas no sólo dentro de una misma categoría de dispositivo, sino también entre los dispositivos ofrecidos por un mismo fabricante. Por ejemplo, como se puede observar en la Figura No. 2.10, la marca HTC dispone del smartphone HTC ChaChaCha, que funciona sobre Android e incluye teclado y pantalla táctil, mientras que el modelo Titan de la misma marca funciona sobre Windows Phone e incluye pantalla táctil.



Figura No. 2.10 Comparativa de Dos Modelos de Smartphone de la Marca HTC

Fuente: <http://india-mobilewatch.blogspot.com/2012/04/htc-one-x-vs-htc-titan-ii-android.html>

Consultado: 10/08/2014

²⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/Gadget>

Esta variedad de tipologías ofrece diferentes dificultades a la hora de evaluar la usabilidad de las aplicaciones para cada tipo de dispositivo móvil. Obviamente, no se tendrán las mismas dificultades a la hora de evaluar una pizarra de 10,1 pulgadas de pantalla que un teléfono inteligente de 4 pulgadas: las dimensiones de la pantalla, el hardware que posee, el sistema operativo en el que trabaja, así como el estilo de interacción con el que se interactúa con el dispositivo serán completamente distintos y ofrecerán más o menos dificultades no sólo en la evaluación de la usabilidad sino en el mismo diseño de las aplicaciones.

Las principales problemáticas que ofrecen los dispositivos móviles, no sólo desde el punto de vista de la usabilidad sino también en lo que respecta al diseño y creación de las aplicaciones son las siguientes:

1. El tamaño del dispositivo y de su pantalla: por norma general, las pantallas de estos dispositivos son demasiado pequeñas. Ello conlleva que la información debe estar estructurada y resumida correctamente para que el usuario pueda visualizarla adecuadamente para ese tamaño.
2. Las prestaciones tecnológicas: a pesar de que cada vez más los dispositivos móviles poseen mejores prestaciones tecnológicas y es un campo en continua evolución, cabe mencionar que dichas prestaciones continúan siendo limitadas, tanto de procesamiento como de memoria, respecto a sus homólogos de sobremesa (portátiles o pc de sobremesa). Dichas limitaciones tanto en software como en hardware implican que determinados programas u

operaciones no puedan ser realizados con los dispositivos móviles, por lo que los diseñadores y desarrolladores deben tener en cuenta estas limitaciones a la hora de realizar sus aplicaciones.

3. La interacción: tal y como hemos comentado hay múltiples maneras de interactuar con los dispositivos móviles, aunque el más común de todos sea la interacción con la pantalla. Teniendo en cuenta el pequeño tamaño de las pantallas de los dispositivos móviles se pueden dar casos en que la dificultad radica en poder interactuar correctamente con éstas. El ejemplo típico es el derivado del síndrome de los dedos gruesos, en inglés, fat-finger síndrome²⁹, donde debido al pequeño tamaño de la pantalla y por tanto de los botones y teclado que aparecen en éste, el usuario no puede seleccionar o interactuar correctamente con el dispositivo.

4. La movilidad: la movilidad es la característica principal de esta tipología de dispositivos. Esta característica cambia la manera en que pensamos acerca de los problemas que surgen con los sistemas fijos o estacionarios (como los ordenadores portátiles o los de sobremesa). Los aspectos que se tienen en cuenta son el contexto, la interacción y el desarrollo del sistema tal y como se constata en [16]. Esto se debe a que la movilidad conlleva poderse encontrar en ambientes muy variables, añadiendo otra capa de complejidad en el diseño y el manejo de los sistemas móviles. Ejemplos de entornos variables pueden ser una casa, un taxi o un auditorio. El acceso a la

²⁹ <http://www.useit.com/alertbox/mobile-usability.html>

comunicación y la informática básica no se establece de acuerdo a una ubicación fija o permanente, sino que es requerido por los usuarios en cualquier lugar, en cualquier momento y en diferentes circunstancias.

La característica inherente de movilidad asociada a los dispositivos móviles introduce un problema adicional: el contexto de uso. El contexto de uso corresponde a las condiciones particulares en las que un dispositivo será utilizado, atendiendo principalmente a los factores que influirán en su uso y en el grado de satisfacción de los usuarios.

Un contexto de uso móvil implica que ambos, el usuario y el teléfono están en constante movimiento, y por lo tanto el entorno es cambiante. Por otra parte, las tareas del usuario están sujetas a continuas interrupciones (por ejemplo, la pérdida de la cobertura, llamadas entrantes o distracciones). Tener en cuenta e incorporar variables relacionadas con el contexto en el proceso de test, introduce indudablemente nuevos aspectos a tener en cuenta, alejando los entornos tradicionales de evaluación, generalmente estacionarios, de una situación natural [17].

Estos factores o variables que influyen en el uso y que configuran el contexto de uso pueden provenir del entorno (espacio, tiempo, temperatura, ruido, movimiento...), de consideraciones técnicas (conectividad, prestaciones, configuraciones...), de las características inherentes al propio usuario (preferencias, gustos y hábitos) o del entorno organizativo en el que el dispositivo será utilizado. Algunas cuestiones importantes a considerar a la hora de hablar del contexto de uso son las siguientes:

La evaluación de la usabilidad dependerá de la comprensión y la planificación de las características de los usuarios, las tareas y también del entorno físico y organizativo en el que el dispositivo será utilizado, es decir, de su contexto. Comprender el contexto de uso significa comprender las circunstancias en las cuales un producto va a ser usado.

- El contexto de uso implica el análisis de cuestiones aparentemente irrelevantes, pero que en realidad son determinantes. Por eso, medir la usabilidad significa evaluar la calidad de su diseño en el contexto de uso para el que está diseñado.
- No es coherente determinar la usabilidad de un producto sin antes haber descrito el/los contexto/s de uso. Por lo tanto, a partir de estas premisas resulta particularmente complejo determinar el contexto de uso de la mayoría de dispositivos móviles, puesto que debido a su inherente característica de movilidad pueden ser utilizados en cualquier lugar y en cualquier momento.

En resumen, queda más que demostrado que la utilidad y la interacción de un usuario con el dispositivo variarán según el contexto de uso en el que se produzca la interacción, afectando no sólo la propia interacción sino también las variables y métricas que se deben tener en cuenta a la hora de establecer unas pautas para la evaluación de la usabilidad. Tener en cuenta e incorporar variables relacionadas con el contexto en el proceso de test introduce indudablemente aspectos que complican la evaluación.

2.3 EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD EN DISPOSITIVOS MÓVILES

En los últimos años, los esfuerzos por hallar metodologías apropiadas para evaluar la usabilidad móvil han incrementado enormemente [18]. Son muchos los grupos de investigación que han intentado encontrar solución a las diversas problemáticas y retos asociados a los dispositivos móviles. A pesar de ello, aunque existe un esfuerzo de investigación considerable en el campo de la usabilidad, en términos generales, debido a que la irrupción de la tecnología móvil es todavía reciente, relativamente pocos estudios en usabilidad móvil han sido llevados a cabo hasta el momento. Como nota remarcable, tan sólo el 41% de los artículos en usabilidad móvil son de naturaleza empírica [19].

2.3.1 Principales Dificultades en la Evaluación de la Usabilidad Móvil

Aunque los métodos de evaluación de la usabilidad existentes en el campo de la IPO tienen una amplia trayectoria y pueden también aplicarse en este tipo de entornos, no son especialmente adecuados puesto que no contemplan sus particularidades propias. Es por ello que las técnicas y métodos existentes deben ser especializados (formulación de nuevos principios heurísticos acordes a las peculiaridades de las interfaces móviles, adecuación de cuestionarios a este tipo de consideraciones, análisis de la conveniencia de las pruebas de campo, de tal forma que el factor de movilidad sea una característica intrínseca de las pruebas, etc.), con objeto de que el contexto de uso pase a ser un parámetro destacado en la evaluación. Por otro lado, debe dedicarse especial atención al software y hardware que dé soporte a estos métodos de evaluación y pruebas de usabilidad específicos para entornos móviles.

Existen varias razones que hacen que la evaluación de la usabilidad móvil, y en especial el registro de datos cuantitativos, sea desafiante, tal y como se explica en un Alertbox de J.Nielsen³⁰. Las técnicas de usabilidad móvil deben abordar tres dificultades clave:

1. El limitado tamaño de pantalla de los dispositivos móviles.
2. La falta de herramientas de software específicas.
3. Las dificultades adicionales derivadas de un contexto móvil.

En primer lugar, las pequeñas pantallas de estos dispositivos dificultan la interacción del usuario, en relación a una pantalla de escritorio tradicional, de muy diversas formas. Especialmente notable es el hecho de que las limitadas capacidades tecnológicas de estos dispositivos restringen el proceso de recogida de datos cualitativos y cuantitativos durante los tests de usabilidad. Esta restricción es especialmente importante en la recogida de datos precisos relativos a la mirada y movimiento de los ojos del usuario, por medio de técnicas de eyetracking. Esto es debido a que el ojo apenas se mueve cuando la mirada de la persona se desplaza entre elementos relativamente próximos, como ocurre en las pantallas de los dispositivos móviles [20].

En segundo lugar, se carece de software exhaustivo y completamente desarrollado para el estudio de la usabilidad, específicamente orientado a dispositivos móviles. Sin ir más lejos, el software Morae³¹ no puede ser aprovechado en todo su potencial cuando se utiliza la configuración para dispositivo móvil. Este software no es capaz de grabar el

³⁰ <http://www.useit.com/alertbox/mobile-usability-study-1.html>

³¹ <http://www.techsmith.com/morae.html>

manejo e interacción con el dispositivo físico (pantalla táctil, botones físicos y de software, etc.), mientras que en las aplicaciones de escritorio es posible registrar tanto los clicks del ratón como el uso del teclado.

Finalmente, la característica inherente de movilidad asociada a los dispositivos móviles introduce un problema adicional. Un contexto móvil significa que ambos, el usuario y el teléfono están en constante movimiento, y por lo tanto, el entorno es cambiante. Por otra parte, las tareas del usuario están sujetas a las interrupciones (por ejemplo, la pérdida de la cobertura, llamadas entrantes o distracciones).

2.3.2 Metodologías y Técnicas Adaptadas a la Usabilidad Móvil

2.3.2.1 Evaluaciones con Expertos

La evaluación con expertos como se ha comentado en un capítulo anterior, es una de las principales herramientas utilizadas en la evaluación de la usabilidad, debido a su facilidad para realizarla teniendo en cuenta tanto costes temporales como costes de recursos humanos.

En el caso de los dispositivos móviles, es también una de las metodologías más populares por los mismos motivos. Los expertos o especialistas realizan una evaluación aplicando una lista de criterios y sus conocimientos sobre la experiencia de los usuarios, pero en este caso, dichos criterios son definidos especialmente teniendo en cuenta las características propias de este tipo de dispositivos. Es por ello, que en algunas evaluaciones

se incluye el cambio de escenario y de contexto de uso para que el evaluador para que pueda realizar una evaluación más precisa.

No obstante, existen distintos conjuntos de heurísticos definidos en la literatura, los cuales difieren según la tipología del dispositivo (por ejemplo, si es un teléfono inteligente o en cambio, se trata de una pizarra) e incluso, según la plataforma (sistema operativo), de manera que no hay una lista de heurísticos universalmente reconocida y consensuada. Son muchos los fabricantes de dispositivos y proveedores de programario que no permiten la publicación de aplicaciones que no cumplan un mínimo de criterios en usabilidad, como es el caso de Apple para sus dispositivos móviles³² o Nokia³³, ofreciendo guías de estilo para los desarrolladores. Además, como paso previo a su publicación, los expertos de estas marcas realizan diferentes evaluaciones heurísticas y otras evaluaciones similares, para poder evaluar la usabilidad de las aplicaciones y en caso de superarlas, son publicadas en las tiendas online de aplicaciones.

Toda esta proliferación de guías y criterios tiende más a confundir que a clarificar, puesto que resulta complejo establecer el conjunto de heurísticos a considerar, de tal forma que implica un mayor esfuerzo para los desarrolladores.

Las evaluaciones más típicas que se realizan son las evaluaciones heurísticas, los recorridos cognitivos y la revisión de guías de estilo. Cabe destacar también algunas variaciones de la evaluación heurística, como el recorrido heurístico, ideado para evaluar

³² <https://developer.apple.com/library/ios/#documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG>

³³ http://www.developer.nokia.com/Resources/Library/Design_and_UX/

dispositivos móviles incorporando escenarios de uso a la aplicación práctica de la evaluación heurística, o bien el recorrido contextual, para conducir un recorrido heurístico mediante el trabajo de campo tal y como se explica en [21].

2.3.2.2 Evaluaciones Heurísticas

Como ya se ha comentado anteriormente, una evaluación heurística es una técnica de evaluación de la usabilidad basada en inspección, donde los especialistas en usabilidad examinan la interfaz de usuario y juzgan el cumplimiento de un conjunto de criterios o principios heurísticos seleccionados de manera específica y minuciosa.

En las evaluaciones heurísticas para dispositivos móviles existe cierta discrepancia, fruto de la falta de formalización de unas heurísticas y sub-heurísticas propias para la evaluación de la usabilidad de dispositivos móviles. Algunos autores consideran que se deben aplicar las 10 heurísticas de Nielsen, ya comentadas con anterioridad, modificadas, eliminando y añadiendo además de éstas, otras que tienen en cuenta factores y criterios, que facilitan la evaluación teniendo en cuenta las características propias de las tecnologías móviles, como se comenta en [22] y [23]. Uno de los factores que se incluye en las nuevas propuestas es el cambio de escenario. Tal y como se comenta en [22] y [23], el cambio de escenario favorece la obtención de resultados válidos durante la evaluación, mejorando la adquisición de resultados favorables y minimizando los falsos positivos que se pueden dar en las evaluaciones heurísticas. Es el caso de los estudios descritos en [23] y [24], donde después de evaluar las 10 heurísticas generales postuladas por Nielsen en [8], se opta por eliminar algunas de ellas, o en su defecto, por eliminar algunas de las sub-heurísticas, por

su falta de aplicabilidad en este tipo de dispositivos debido principalmente a la variabilidad de contextos de uso.

Un ejemplo es el estudio presentado en [24] donde se presentan 8 heurísticas, que son descritas, a continuación, en la tabla No. 2.1.

Heurística Móvil	Descripción
Heurística 1	Visibilidad del estado del sistema y perdida/búsqueda del dispositivo móvil
Heurística 2	Correspondencia entre el sistema y el mundo real
Heurística 3	Consistencia y mapeo
Heurística 4	Buena ergonomía y diseño minimalista
Heurística 5	Facilidad de entrada, lectura y vista de pantalla
Heurística 6	Flexibilidad, eficiencia de uso y personalización
Heurística 7	Estética, privacidad y convencionalismos sociales
Heurística 8	Gestión realista de errores

Tabla No. 2.1 Heurísticas Móviles Según Bertini, E., Gabrielli, S. and Kimani, S. Appropriating and Assessing Heuristics for Mobile Computing. Proceedings in AVI'06, May 23-26, 2006. Venezia (Italy), ACM, 2006.

Como se puede observar en la lista, aquellas heurísticas que tienen que ver más con las heurísticas aplicables a entornos estáticos desaparecen, por lo tanto, las heurísticas iniciales 3 (la referente a control y libertad del usuario) y 10 (la referente a la ayuda y documentación), siendo las más complicadas de garantizar en dispositivos móviles debido a sus características físicas propias (pantalla pequeña, memoria de almacenamiento limitada, etc.).

Otros autores, en cambio, consideran que las 10 heurísticas de Nielsen no son aplicables en contextos de tecnología móvil, proponiendo nuevas heurísticas específicas para la evaluación de dispositivos móviles, como es el caso de [25]. En dicho estudio, después de realizar un estudio de los principios de usabilidad referentes a dispositivos móviles, tal y como se puede ver en la Figura 2.11, se identifican los principios válidos referentes sobre todo a la interfaz de usuario (IU en castellano, en la figura 2.11 aparece como UI, del inglés); y finalmente, teniendo en cuenta los elementos que afecta a la interfaz, se crean una lista de verificación, en inglés checklist.

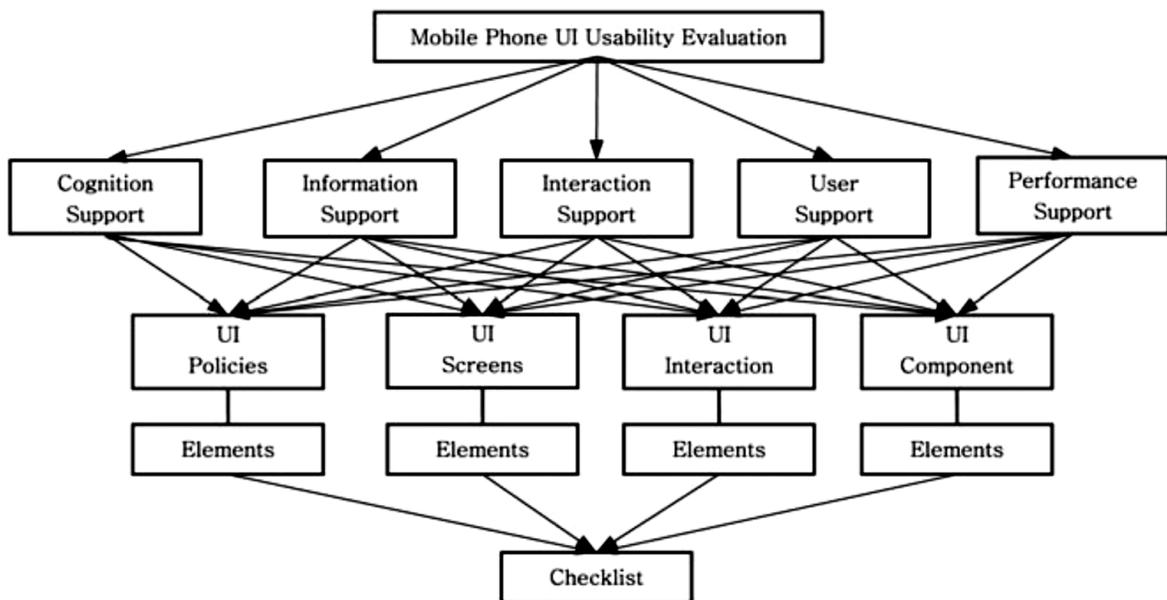


Figura No. 2.11 Factores de la evaluación de la IU de los Dispositivos Móviles
Fuente: Ji, Y.G., Park, J.H., Lee, C. and Yun, M.H., A Usability Checklist for the Usability Evaluation of Mobile Phone User Interface. International Journal of Human-Computer Interaction. 2006, 20(3), pp. 207-231.

Algunos de los estudios presentados, como es el caso de [22], [23], [24] y [25], sugieren realizar una evaluación heurística conjuntamente con otros métodos de inspección o evaluación con expertos, como son algunas variantes de los recorridos cognitivos o la

revisión de estándares. Los resultados obtenidos por estos estudios, además de mejorar los datos obtenidos, ayudan a introducir también los factores de variabilidad de contextos de uso, e incluso el cambio de escenario, dando como resultado evaluaciones más reales y proporcionando sugerencias de mejora más realistas.

2.3.2.3 Otros Métodos de Evaluación con Expertos

Uno de los métodos que se está utilizando conjuntamente con las evaluaciones heurísticas para dispositivos móviles son los recorridos cognitivos, tal y como se ha comentado previamente. Los recorridos cognitivos reciben este nombre porque el especialista que realiza la sesión recorre un escenario de tareas determinado, tal y como lo haría un usuario potencial, es decir, asumiendo el papel de usuario. Para ello es muy importante describir de manera precisa el factor cognitivo de los usuarios potenciales (conocimientos previos y experiencia en uso), para que pueda tenerse en cuenta por parte de los expertos a lo largo de toda la sesión de evaluación. Se trata de comprobar si la interfaz es adecuada para ese perfil de usuario. Esta comprobación, a diferencia de la evaluación heurística, se lleva a cabo mediante el seguimiento de las acciones que conducen a la completitud de las tareas seleccionadas. Es por ello que en lugar de deducir los problemas de usabilidad de la interfaz, como es en el caso de la evaluación heurística, con esta técnica lo que se hace es contrastar los principios de usabilidad durante el recorrido de las acciones. Otra diferencia es el conjunto de principios empleado, que no se basan en unos heurísticos específicos, sino que son mucho más generales y básicos en el recorrido cognitivo.

Una de las principales variaciones en los recorridos cognitivos en la evaluación móvil, respecto a la descripción del método tradicional, es el hecho de que se contemplan las características inherentes a los dispositivos móviles, la movilidad, y por tanto la variabilidad de los contextos de uso de éstos. Gracias a la adición de diferentes escenarios a la hora de realizar las diferentes evaluaciones, los expertos pueden no sólo empatizar con los usuarios finales de la aplicación, sino también mejorar dicha evaluación en lo que se refiere a la adquisición de datos tanto cuantitativos como cualitativos. Sin embargo, en ninguno de estos estudios [22], [23] y [26], se establece una metodología homogénea. En algunos casos se sugiere que el mismo grupo de tareas definidas sean llevadas a cabo por el experto en diferentes escenarios. En otros casos se propone que las tareas sean diferentes según el escenario y el contexto de uso. Es importante mencionar que con la inclusión del cambio de escenario y contexto de uso, algunos autores recomiendan el uso combinado de una evaluación heurística específica para dispositivos móviles con un recorrido cognitivo contextual. En dichos estudios esta técnica se denomina recorrido heurístico, tal y como se explica en [21]. En un recorrido heurístico el experto analiza y lleva a cabo la evaluación de las heurísticas en diferentes escenarios y situaciones, es decir, se añaden los factores de movilidad y contexto de uso a una evaluación heurística tradicional. Mediante esta técnica el experto se enfrenta a escenarios y situaciones reales, hecho que aporta una mayor naturalidad y realismo a los resultados de la evaluación.

En cambio, por norma general, en las inspecciones formales de usabilidad, donde los diferentes expertos contemplan con mayor amplitud los conceptos más técnicos a la hora de evaluar la aplicación o dispositivo, no consideran necesario el cambio de escenario ni realizar la prueba en diferentes contextos de uso, tal y como se constata en [25]. Ello es

debido a que en las evaluaciones de este tipo los expertos deben centrarse principalmente en encontrar los problemas más importantes de usabilidad en la realización de las tareas de las propias aplicaciones (si cumplen por ejemplo, los requisitos de uso propios para las que fueron creadas), así como los aspectos más técnicos relacionados.

Por otro lado, en lo que se refiere a las técnicas por revisión de estándares, son muchas las empresas y entidades que han hecho grandes esfuerzos para determinar y ofrecer unas guías de estilo o listas de comprobación (human interface guidelines o checklists). Como ya se ha comentado en la introducción de este apartado, empresas como Apple y Nokia ofrecen guías de estilo para los desarrolladores que quieran implementar y subir aplicaciones a sus tiendas online. En el caso de Apple³⁴ el cumplimiento de su conjunto de guidelines constituye un requisito. Tanto es así que caso de no seguir dichas guías, no se pasan las evaluaciones por los expertos de esta marca, y por tanto las aplicaciones no son publicadas en el AppleStore. También, existen guías particulares para otros sistemas operativos, como son Android³⁵ y Windows Phone³⁶, y a la vez, también para los fabricantes como son Motorola³⁷ o Blackberry³⁸, entre otros.

A parte de las guías de los fabricantes y proveedores de software, existen otras guías denominadas guías de interfaz humana, que son guías de diseño de interfaz pensadas para facilitar la interacción con el usuario estándar. Consisten en un conjunto de

³⁴ <https://developer.apple.com/library/ios/navigation/>

³⁵ <http://developer.android.com/design/index.html>

³⁶ [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh202915\(v=vs.92\)](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh202915(v=vs.92))

³⁷ <http://developer.motorola.com/tools/motodevstudio/>

³⁸ https://developer.blackberry.com/java/documentation/ww_java_bp/bp_intro_1984355_11.html

recomendaciones destinadas a mejorar la experiencia de usuario, haciendo interfaces más intuitivas y usables.

Dichas guías describen aspectos visuales del diseño como el diseño de los iconos o el estilo de las ventanas. También, con frecuencia, especifican cómo serán los mecanismos de entrada y la interacción del usuario. La mayoría de estas guías pueden encontrarse en internet, como por ejemplo, los siguientes portales: Experience Dynamics³⁹, Idemployee⁴⁰, MobilexWeb⁴¹ y el sitio web de Simon Whatley⁴².

Tanto las guías de los diferentes fabricantes y proveedores como las guías de interfaz humana, tienen como ventajas de que por un lado, garantizan la consistencia a través de los productos de una misma marca o una plataforma y por otro, mejoran la experiencia de usuario.

Además, existen en el mercado diferentes herramientas automatizadas que realizan evaluaciones básicas de usabilidad para aplicaciones en dispositivos móviles. Algunas de las más populares funcionan mediante checklists ya creadas que pueden o no ser ampliadas por el experto o desarrollador que quiera realizar la evaluación. Es el caso de la aplicación SEETEST⁴³, que ofrece la evaluación para todo tipo de aplicaciones para móviles (des de juegos a sitios webs), desarrolladas en diferentes lenguajes de programación y para las diferentes marcas de dispositivos. Mediante esta herramienta en particular se puede llevar a

³⁹ <http://www.experiencedynamics.com/science-usability/ui-style-guides>

⁴⁰ <http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/lecturenotes/ui-guide-line-collection.htm>

⁴¹ <http://www.mobilexweb.com/blog/ui-guidelines-mobile-tablet-design>

⁴² <http://www.mobilexweb.com/blog/ui-guidelines-mobile-tablet-design>

⁴³ <http://experitest.com/>

cabo la evaluación previa antes de pasar los controles pertinentes propios de la plataforma, desde el propio ordenador de sobremesa.

Otras aplicaciones están más pensadas específicamente para los dispositivos finales, como son el iPadPeek⁴⁴ o el iPhoneY⁴⁵, una aplicación que funciona directamente en cualquier navegador, donde pegando el código fuente de la aplicación implementada se podrá poner a prueba y evaluar la aplicación como si estuviese funcionando en un iPad o en un iPhone, respectivamente. Otras en cambio están más pensadas para una marca de dispositivos. Es el caso del software Test Studio for iOS⁴⁶, que sirve para evaluar cualquier aplicación para cualquier dispositivo Apple. Otras herramientas como Perfecto mobile⁴⁷ permiten la evaluación de cualquier tipo de aplicación, ya sea web o no, para cualquier tipo de dispositivo, permitiendo emular su funcionamiento en cualquier dispositivo móvil o navegador.

Cabe destacar que donde se han realizado más esfuerzos es en la elaboración de guías y herramientas específicamente para la evaluación de la web móvil. Ello es debido a que originalmente, una de las primeras prestaciones extra que ofrecieron los dispositivos móviles fue la conexión a internet. En este sentido, se han realizado múltiples estudios para mejorar la navegación y visualización de los sitios web en los dispositivos móviles, así como también en lo que concierne a la adaptación y optimización de los contenidos, sin

⁴⁴ <http://ipadpeek.com/>

⁴⁵ <http://www.marketcircle.com/iphoney/>

⁴⁶ <http://www.telerik.com/automated-testing-tools/ios-testing.aspx>

⁴⁷ <http://www.perfectomobile.com/>

dejar de ofrecer una experiencia de usuario rica. Hay numerosas guías de estilo y checklists elaboradas por expertos. Algunos de estos trabajos son [27], [28], [29] y [30].

Gracias a los esfuerzos realizados, hoy en día existen varias guías e implementaciones automatizadas de listas de comprobación, desarrolladas mediante validadores de código, etiquetas, así como de hojas de estilo y de accesibilidad. Algunas de estas aplicaciones están pensadas para algunos tipos de dispositivos en concreto, como pueden ser los existentes para los dispositivos de la marca Apple, o para Nokia, o para varias marcas a la vez. Algunos distinguen entre navegadores, y por último, otros ofrecen una evaluación general sin distinguir entre navegador, sistema operativo o marca de dispositivos. Algunas de estas aplicaciones automáticas de evaluación se presentan a continuación:

- W3C mobileOK Checker⁴⁸: esta herramienta permite evaluar la usabilidad y la accesibilidad de un sitio web teniendo en cuenta las guías de estilo y buenas prácticas para la implementación de webs para dispositivos móviles, desarrolladas por la W3C⁴⁹, en su guía para dispositivos móviles⁵⁰.
- Keynote Mite⁵¹: esta herramienta se descarga e instala en el ordenador de sobremesa (o similar) y permite evaluar la usabilidad así como los estándares web para todo tipo de dispositivos móviles y navegadores.

⁴⁸<http://validator.w3.org/mobile/>

⁴⁹ <http://www.w3.org/TR/2008/REC-mobile-bp-20080729/>

⁵⁰ <http://www.w3.org/Mobile/>

⁵¹ <http://mite.keynote.com/download.php>

- Gomez Cross-Device Website Compatibility Test⁵²: esta aplicación web permite conocer la compatibilidad entre diferentes fabricantes, tanto en lo que se refiere a navegadores como marcas de dispositivos.
- mobiReady⁵³: aplicación web que permite la evaluación del sitio web teniendo en cuenta diferentes estándares web y herramientas online de evaluación, incluyendo el W3C mobileOK Checker o el Gomez Cross-Device Website Compatibility Test.
- iBBDemo2⁵⁴: es una aplicación de Adobe Air que permite emular la navegación web de los navegadores propios o descargables para los dispositivos iPhone y iPad.
- Opera Mini Simulator⁵⁵: esta aplicación permite la simulación de la navegación de un sitio web tal y como se realizará en el navegador para móviles de Opera, el Opera Mini Browser⁵⁶.

En resumen, son muchas las guías de estilo, referencia y estándares, así como las herramientas de evaluación para poder realizar evaluaciones sobre aplicaciones móviles. Aun así, tal y como se comenta en un Alertbox de Nielsen⁵⁷, aún no son suficientes los esfuerzos que se realizan para adaptar u ofrecer íntegramente webs destinadas y adaptadas para dispositivos móviles, así como aplicaciones pensadas para las pequeñas pantallas de

⁵² <http://www.gomez.com/cross-device-website-compatibility-test/>

⁵³ http://ready.mobi/launch.jsp?locale=en_EN

⁵⁴ <http://labs.blackbaud.com/NetCommunity/article?artid=662>

⁵⁵ <http://www.opera.com/developer/tools/mini/>

⁵⁶ <http://www.opera.com/mobile/>

⁵⁷ <http://www.useit.com/alertbox/mobile-usability.html>

los dispositivos móviles, y aún queda muchísimo para mejorar en este aspecto. En general, la experiencia de usuario de los portales móviles necesita aún una considerable mejora.

2.3.2.4 Pruebas o Tests de Usabilidad

Como se ha comentado anteriormente, un test de usabilidad es el proceso que permite aprender de los usuarios cómo de usable es un producto o una aplicación, observándolos o monitorizándoles mientras lo utilizan. En estas pruebas se intenta recabar la máxima información de la interacción del usuario con la aplicación y el dispositivo, monitorizándolo u observando sus reacciones.

En las pruebas de usabilidad para dispositivos móviles se siguen las mismas pesquisas y métricas que en las pruebas de usabilidad convencionales, pero con las dificultades inherentes derivadas de sus particularidades: sus limitaciones físicas, la pantalla pequeña con la que interactuar, el factor de movilidad, etc. A pesar de dichas limitaciones se intenta recabar el máximo de información. Ello dependerá, principalmente, del test o prueba de usuario que se vaya a realizar. Es por ello que se explican a continuación las diferentes adaptaciones de las pruebas de usabilidad según la metodología de test o técnica que se vaya a realizar y, teniendo en cuenta el factor de movilidad, dónde se deben realizar.

2.3.2.4.1 Comparaciones Pruebas en Laboratorio versus Pruebas de Campo en Dispositivos Móviles

Tal y como se ha comentado previamente, la característica de movilidad propia de los dispositivos móviles afecta completamente a la interacción del usuario con su dispositivo móvil. A su vez, aumenta enormemente la variabilidad de contextos de uso en que se puede interactuar con un dispositivo móvil y por tanto, afecta a la medición de la usabilidad de un dispositivo y sus aplicaciones.

Por estos motivos, una de las discusiones más comunes en la investigación de la usabilidad móvil es la necesidad de realizar las experimentaciones en laboratorio o en diferentes escenarios y contextos uso reales, más allá de las técnicas y métodos de evaluación que se realizan comúnmente en un ambiente controlado.

Esta controversia es un aspecto que ha motivado a diferentes grupos de investigación a llevar a cabo estudios comparativos de pruebas de usabilidad en laboratorio y en campo, tales como [17], [31], [32], [33], [34] y [35]. Las conclusiones de dichos trabajos apuntan a que en la mayoría de casos se obtienen datos más relevantes cuando los tests se realizan en el laboratorio, en relación a los tests de campo, llevados a cabo en contextos reales.

Los tests de campo están sujetos a múltiples interrupciones y distracciones por parte del usuario, conllevan a un consumo mucho mayor de tiempo efectivo para su evaluación, por lo que no llega a compensar todo el esfuerzo que supone su puesta en escena. Cabe remarcar que la dificultad de organizar y realizar un test de campo es mayor debido a que

conlleva un coste elevado tanto de recursos humanos (puesto que hay más necesidad de técnicos, observadores y facilitadores durante la realización del test para recabar datos y ayudar al usuario en caso de que sea necesario) como temporal, puesto que la organización y la realización del test implica también más planificación y está sujeto a más interrupciones, tal y como se comenta en [17] y [31]. Así pues, los tests de campo conllevan a un consumo mucho mayor de tiempo efectivo para su evaluación, por lo que no llega a compensar todo el esfuerzo que supone su puesta en escena.

Por otro lado, la mayoría de estas investigaciones llegan a la conclusión de que en la mayoría de casos en los tests de campo se obtienen únicamente datos cualitativos. Otra de las conclusiones obtenidas es que este tipo de estudios se limitan a la detección de los problemas de usabilidad más evidentes, tal y como se comenta en [32], [33] y [35], así como aquellos problemas directamente relacionados con el dispositivo utilizado, como por ejemplo, falta de visibilidad de la pantalla debido a la exposición a la luz natural o la dificultad de poder manejar con una sola mano el dispositivo. Este tipo de problemáticas, más relacionadas con el diseño y ergonomía del propio dispositivo, en la mayoría de casos, no pueden ser detectados mediante un test controlado convencional, tal y como se constata en [31]. A pesar de ello, en la mayoría de estudios se constata la carencia de datos cualitativos sólidos en las experimentaciones.

Por el contrario, los test realizados en ambientes controlados y/o laboratorios, ofrecen la posibilidad de obtener datos tanto cualitativos como cuantitativos. Pero en contrapartida, no permiten evaluar la usabilidad en un contexto real de uso del dispositivo.

Debido a estas premisas, tal y como se recomienda en [34], se aconseja posponer los tests de campo para las fases finales del desarrollo, y siempre habiendo realizado previamente, como mínimo, un test en laboratorio en las fases de desarrollo anteriores o antes de los tests de campo, para poder descartar el máximo número de problemas y haber podido obtener datos cuantitativos sólidos sobre la aplicación y/o el dispositivo. Cabe destacar que aunque se pierde completamente el factor de movilidad, sí se puede tener en cuenta que se pueden ofrecer diferentes contextos de uso, por ejemplo, añadiendo una cinta de corredor y que el usuario deba correr durante la sesión, como ya se han hecho en diferentes estudios dentro de laboratorio, como es el caso del estudio presentado en [33].

En resumen, los estudios de usabilidad en dispositivos y en aplicaciones móviles realizados hasta el momento, así como la exploración de los distintos métodos de evaluación se centran en averiguar cómo identificar mejor los problemas de usabilidad. El propósito principal de éstos es dotar adecuadamente de usabilidad a las aplicaciones móviles, teniendo en cuenta las dificultades que ello conlleva, sobre todo en lo que se refiere a la obtención de datos tanto cualitativos como cuantitativos relevantes. Para ello, en la mayoría de casos, se ha optado por la adaptación de las metodologías existentes de evaluación de la usabilidad, tratando de optimizar los problemas que presentan estas técnicas en dichos dispositivos.

2.3.3 Aspectos a Considerar de las Pruebas de Usabilidad en Entornos Móviles

Debido a las limitaciones de los dispositivos móviles, principalmente de hardware, y a las características propias de éstos, la puesta en práctica de las diferentes técnicas de

evaluación y de test para obtener datos tanto cualitativos como cuantitativos relevantes en usabilidad tienen un mayor grado de dificultad.

Por un lado, las aplicaciones de soporte para este tipo de estudios no pueden ser utilizadas en los propios dispositivos, puesto que debido a sus bajas prestaciones de hardware y que no emplean el sistema operativo adecuado, no pueden ser instaladas en el propio aparato. Por tanto, se carece de software para el estudio de la usabilidad, específico para dispositivos móviles, que permita recopilar más allá de datos cualitativos. Sin ir más lejos, el software Morae⁵⁸ no puede ser aprovechado en todo su potencial cuando se utiliza la configuración para dispositivo móvil, al no poder registrar el manejo e interacción con el dispositivo físico (pantalla táctil, botones de software y físicos, etc.), a diferencia de las aplicaciones de sobremesa, que permiten registrar los clicks del ratón y uso del teclado. En el caso de aplicaciones móviles se facilita la grabación de la interacción con el dispositivo, siempre y cuando se conecte una cámara externa, con toda la problemática que esto comporta (complejidad en los preparativos del test y falta de flexibilidad).

Una de las metodologías más simplificadas y a las que más se recurre para realizar este tipo de tests consiste en grabar directamente al usuario mientras realiza el test, como se puede observar en la Figura No. 2.12, sin combinarlo con el uso de otros programas de soporte, como el Morae. En este caso la cámara no tiene por qué estar conectada al computador. Cabe decir, no obstante, que en este tipo de test tan sólo se podrán recoger datos de tipo cualitativo.

⁵⁸ <http://www.techsmith.com/morae.html>



Figura No. 2.12 Test de Usuario Simple en una pizarra

Fuente: <http://www.facit-digital.com/en/user-experience/mobile-ux-test/>

Consultado: 13/08/2014

En dicha imagen se observa como el usuario está siendo grabado por la cámara, y como el facilitador está a su lado en caso de que el usuario necesite de su ayuda; en la otra parte del laboratorio, estará el observador, apuntando las reacciones y problemáticas con las que se encuentre el usuario. Esta metodología es quizás la formulación más simple de un test de usabilidad con usuarios, y aunque se pueden obtener datos cualitativos y los principales errores de funcionalidad, no se pueden obtener datos cuantitativos sólidos como en los tests de usabilidad convencionales, como pueden ser la navegación, la selección de iconos, etc.

A pesar de ello, se intenta monitorizar la interacción del usuario con el dispositivo, así como sus reacciones y explicaciones mientras va realizando las tareas, empleando la técnica del thinking aloud. La grabación será, por tanto, la fuente principal de resultados de la prueba, aunque en cualquier caso se extraerán únicamente valoraciones de tipo cualitativo.

Las técnicas de thinking aloud, las cuales se llevan a cabo con usuarios reales, tal y como se explica en [17] y [36], ofrecen la problemática de que el contexto de uso no es el natural para los usuarios. A los usuarios se les pide que digan lo que están mirando, pensando, haciendo y sintiendo, a medida que avanzan sobre su tarea en un escenario que no es el propio. Los observadores de esta prueba toman notas objetivas de todo lo que dicen los usuarios, siendo grabados tanto el audio como el vídeo de forma que los desarrolladores pueden ver lo que los participantes han hecho, y cómo han reaccionado. Dichas reacciones, como se comenta en [3], no serán las mismas si el usuario está siendo monitorizado, puesto que puede sentirse cohibido o fuera de lugar.

Es por ello que para que los usuarios no se sientan observados directamente y para poder realizar la grabación de la interacción del usuario con el dispositivo, se realizan tests mediante la técnica de think aloud donde se disponen varias cámaras para realizar la grabación, con la presencia o no del facilitador en la misma sala. Un ejemplo de esta adaptación se puede ver en la figura 2.13.



Figura No. 2.13 Test de Usuario Mediante la Técnica de think aloud usando 2 Cámaras

Fuente: <http://www.facit-digital.com/en/user-experience/mobile-ux-test/>

Consultado: 13/08/2014

Una de las cámaras se dispone encima del dispositivo para que se pueda grabar la interacción del usuario con el propio dispositivo. Por otro lado, se dispone de una cámara que apunta a la cara del usuario para poder grabar sus reacciones. A su vez una de las cámaras va equipada con un micrófono o, en su defecto, se pone un micrófono encima de la mesa o adherido a la ropa del usuario para poder recoger los comentarios que va realizando éste.

Sin embargo, mediante esta técnica no da solución a una de las problemáticas más destacadas de la evaluación para dispositivos móviles: la incorporación de la variable movilidad. Los usuarios se encuentran sentados en un laboratorio, alejándose de un contexto de uso real. Los dispositivos móviles ofrecen la ventaja de poder ser utilizados en

movimiento, en cualquier momento y escenario (en la calle, en el transporte urbano, etc.).

El factor de movilidad es, sin duda, otro punto importante de dificultad en la evaluación de este tipo de entornos. En algunas metodologías de tests se ofrece la posibilidad de realizar tests simples en escenarios reales, como es el caso de [19], [31], [32], [33] y [34]. En estos estudios, se propone un gran despliegue de medios y de personal, grabando al usuario en diferentes escenarios y contextos de uso, mientras éste lleva a cabo el test, tal y como se puede observar en la figura 2.14.



Figura No. 2.14 Test de Usuario Realizado en Diferentes Escenarios

Fuente: http://www.usabilityprofessionals.org/upa_publications/upa_monthly/upamonthly_05-11.html **Consultado:** 13/08/2014

Para poder dotar de cierta movilidad, a la vez que minimizar los costes a la hora de realizar los tests de usuarios en diferentes contextos de uso y escenarios, algunos estudios realizados en diferentes universidades y centros de investigación, así como en algunas empresas, se han centrado en la creación de dispositivos que se acoplen al propio dispositivo móvil. Estos dispositivos van acoplados al dispositivo móvil y constan de varias

cámaras, así como un micrófono. Dichas cámaras monitorean tanto la interacción del usuario con el dispositivo móvil como también la cara. Normalmente se emplean en estudios que aplican las técnicas de thinking aloud y permiten que el usuario interactúe con cierto grado de movilidad y naturalidad con el dispositivo y el entorno. La figura 2.15 muestra uno de estos equipos, en este caso desarrollado por Noldus.



Figura No. 2.15 Dispositivo Acoplado al Móvil - Noldus

Fuente: <http://www.noldus.com/human-behavior-research/accessories/mobile-device-camera-mdc> **Consultado:** 13/08/2014

Ejemplo de este tipo de artilugios es el Claw-Hand⁵⁹, que como se puede apreciar en la figura 2.16, es más ligero y permite la adaptación de múltiples cámaras, en función de las necesidades del test.



Figura No. 2.16 Dispositivo Claw-Hand anclado tanto a un Smartphone (izquierda de la imagen) como a una Tablet (derecha de la imagen).

Fuente: <http://www.gurtle.com/ppov/2011/07/07/the-claw-mobile-device-usability-testing-jig> **Consultado:** 13/08/2014

⁵⁹ <http://www.gurtle.com/ppov/2011/07/07/the-claw-mobile-device-usability-testing-jig>

El Claw-Hand, no realiza tampoco un seguimiento de los ojos pero permite grabar la interacción del usuario, así como sus reacciones, dependiendo del número de cámaras que se instalen en él. Además ofrece más movilidad y la posibilidad de realizar tests en otros escenarios mediante la instalación de cámaras inalámbricas. Sin embargo, en este tipo de dispositivos, la mayoría de fabricantes e investigadores comentan que se obtienen principalmente errores de funcionalidad de la aplicación y mayoritariamente datos cualitativos, tal y como se comenta en [31], [32] y [37].

2.3.4 Pruebas Remotas de Usabilidad en Entornos Móviles

Las pruebas remotas son una herramienta muy extendida tanto en lo que se refiere a usabilidad tradicional como en la evaluación de la usabilidad móvil, sobre todo aplicada para la evaluación de sitios web, dando en general muy buenos resultados para conocer la satisfacción y las dificultades de uso por parte del usuario final [28], [29], [38], [39] y [40]. Por ello, siguen siendo empleados en lo que se refiere a dispositivos móviles, realizando adaptaciones en algunas de las preguntas de los cuestionarios, así como en las tareas, tratando de incorporar el aspecto de cambio de contexto y otras características de este tipo de dispositivos.

Sin embargo, para aplicaciones offline los datos que se obtienen son bastante más limitados, y simplemente, se pueden llegar a tener en cuenta datos cualitativos, tal y como se comenta en [36] y [39].

A pesar de ello, están muy bien considerados ya que ofrecen la posibilidad de obtener datos reales al utilizar usuarios reales de la aplicación, y también por el hecho de realizar los tests en contextos de uso reales. Además, en la mayoría de los casos se consigue evitar la sensación de ser observados (la intrusividad), ya que en la mayoría de estos tests el observador no se encuentra presente, tal y como se comenta en [40]. Se suelen incluir cuestionarios de satisfacción, de tal manera que no sólo se pueden obtener datos cuantitativos, sino también los datos cualitativos derivados de los tests.

La única problemática es que en el caso de los tests automatizados mediante algún script o similar, se debe tener en cuenta la tecnología donde se está realizando y el sistema operativo, no siendo óptimo el mismo test implementado para navegadores que funcionan en diferentes sistemas operativos, como puede ser el navegador para los dispositivos Apple, o el propio de los dispositivos Android. Cada tests debe optimizarse teniendo en cuenta el navegador y el sistema operativo al que va destinado para evitar problemas de funcionamiento importantes que podrían ocasionar que el usuario abandone el test

2.4 TÉCNICAS DE SEGUIMIENTO VISUAL (EYETRACKING)

2.4.1 ¿Qué es Seguimiento visual (Eyetracking)?

El seguimiento del movimiento de los ojos (traducido del inglés eyetracking) es el proceso de evaluar, bien el punto donde se fija la mirada (dónde se encuentra mirando el usuario), o/y el movimiento del ojo en relación con la cabeza, dependiendo del equipo utilizado, tal y como se explica en [12]. Este proceso es utilizado en campos como la

investigación de sistemas visuales, en psicología, en lingüística cognitiva y en el diseño de nuevos productos.

2.4.2 Movimientos Oculares

Cuando observamos una escena cualquiera, los ojos de una persona se mueven entre puntos que capturan su atención, con la que logran recrear una imagen cerebral de la escena [12]. Si bien existen modelos de los movimientos oculares complejos que constan de cinco pasos [4], el modelo típico (y suficiente para los estudios de EyeTracking) está constituido por dos conceptos: fixation (o fijación) y saccades (o movimientos sacádicos). La fijación se define como el momento en el que los ojos permanecen fijos sobre un objeto y es posible apreciarlo en detalle; mientras que los movimientos sacádicos corresponden a los rápidos movimientos oculares entre dos fixations [12]. Es importante notar que mientras se produce un movimiento sacádico permanecemos ciegos (no somos conscientes de lo que está entre los dos objetos que capturaron nuestra atención). Sin embargo, nuestro cerebro es capaz de interpretar esta “secuencia de imágenes” como un continuo, y por ende, nuestra apreciación parece más un video que una secuencia de imágenes.

2.4.3 Atención Visual

Es un fenómeno que ha sido estudiado por cerca de cien años y que todavía no se logra comprender. Los primeros estudios estaban limitados por la tecnología, y correspondían sólo a observación e introspección. En la actualidad, este campo es estudiado por distintas disciplinas como psicofísica, neurociencia cognitiva y ciencias de la computación, por nombrar sólo algunas [4]. En términos generales, la visión humana tiene

dos partes: una pequeña zona central con una resolución muy alta, llamada visión foveal, y la gran mayoría del campo visual con una baja resolución, llamada la visión periférica.

Usualmente el hecho de prestar atención a regiones de interés está relacionado con realizar movimientos oculares (overt attention). Sin embargo, también podemos colocar atención en objetos periféricos sin realizar este tipo de movimientos (covert attention).

Por otro lado, se conocen dos formas en las que la atención es guiada:

- ✓ **Bottom-up y top-down:** La primera, derivada sólo de la escena visual, establece que las regiones de interés atraen nuestra atención lo suficientemente fuerte como para que no observemos el resto de la escena (visión foveal).
- ✓ **Top-down:** La segunda conducida por otros factores cognitivos, como el conocimiento, la expectación y las metas actuales. Bajo este modelo, las personas son más propicias a ver a su alrededor (visión periférica); a modo de ejemplo, un individuo que conduce con regularidad, más propenso a notar las estaciones de combustible mientras realiza otra actividad que alguien que no lo conduce.

En la actualidad, aún no está claro qué es lo que realmente captura nuestra atención, ni cómo respondemos a diferentes estímulos. Existe evidencia de que prestamos atención a ubicaciones espaciales, características y objetos. La mayoría de los investigadores creen que estas teorías no son excluyentes entre sí y que, además, la atención visual puede ser desarrollada en cada una de estas sub-áreas. Vale la pena mencionar que los humanos podemos prestar atención simultáneamente a múltiples regiones de interés (máximo cinco).

Existen diversos sistemas para determinar el movimiento de los ojos. El más común es a través de la luz, por lo general luz infrarroja, que se refleja en los ojos y se capta mediante una cámara de video o algún otro sensor óptico. La información recogida se analiza para extraer la rotación de los ojos y los cambios en los reflejos. Para poder interpretar la información que recogen los diferentes tipos de seguidores de ojos o eyetrackers, existen una serie de programas que crean animaciones y representaciones con la finalidad de resumir gráficamente el comportamiento visual de uno o varios usuarios. Las más destacadas, tal y como se explica en [12], son las siguientes:

- 1. Representaciones Animadas de un Punto Sobre la Interfaz:** se utiliza cuando se examina individualmente el comportamiento visual indicando dónde se ha fijado en cada momento el individuo, así como un pequeño rastro en forma de línea que indica los movimientos sacádicos previos.

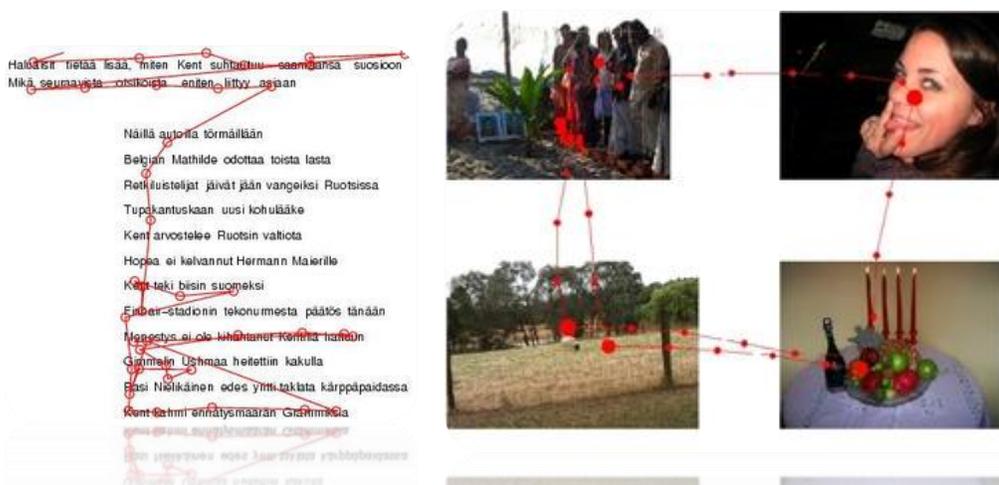


Figura No. 2.17 Representaciones Animadas de un Punto Sobre la Interfaz

Fuente: <http://research.ics.aalto.fi/mi/pro.shtml>

Consultado: 08/08/2014

2. Representaciones Estáticas del Camino o Ruta Sacádica: son muy parecidas a las descritas anteriormente, con la diferencia de que en este caso se trata de una representación estática, como se puede apreciar en la Figura No. 2.18. Esto provoca que resulte más difícil de interpretar que las animadas.

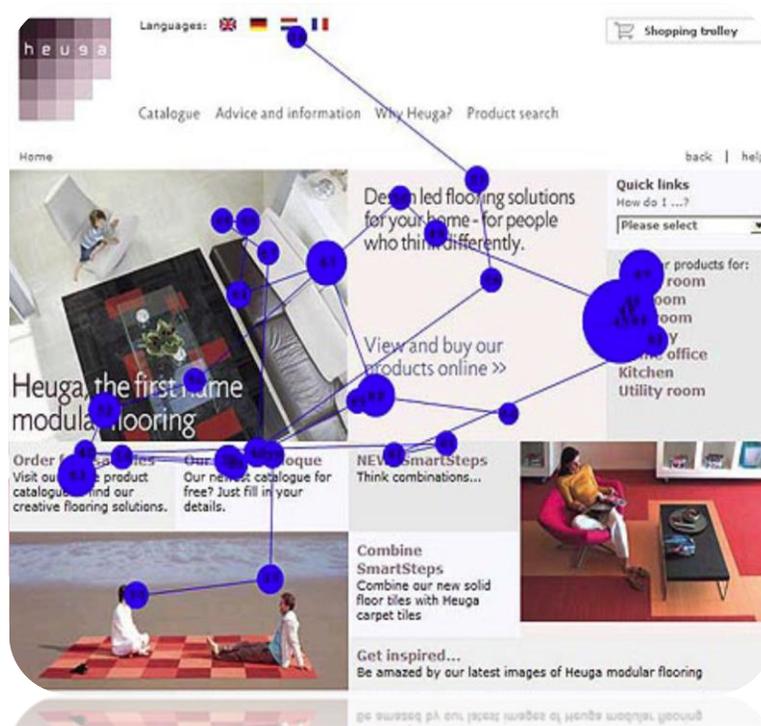


Figura No. 2.18 Representaciones Estáticas del Camino o Ruta Sacádica
Fuente: <http://www.usolab.com/>
Consultado: 08/08/2014

3. Mapas de Calor: son una representación estática alternativa, y una de las más conocidas, principalmente pensada para el análisis aglomerado de los patrones de exploración visual de un conjunto de usuarios, a diferencia de las dos representaciones comentadas anteriormente. En estas representaciones, las zonas 'calientes' o de mayor intensidad señalan dónde han fijado los usuarios su atención con mayor frecuencia, como se puede apreciar en la Figura No. 2.19.

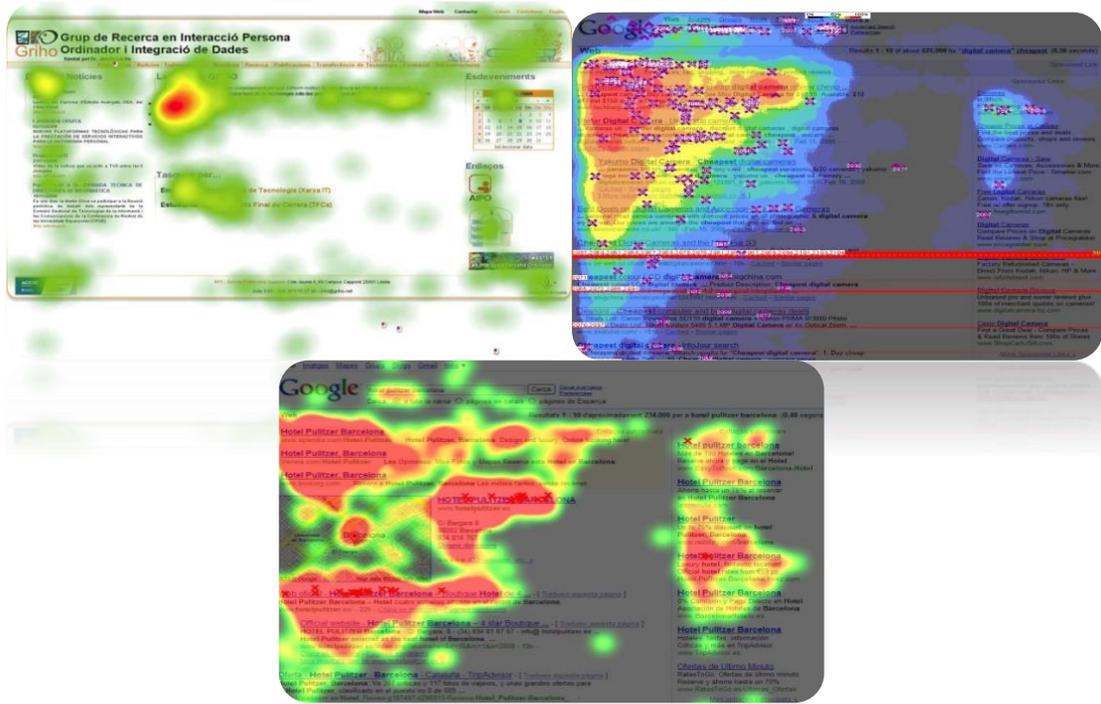


Figura No. 2.19 Mapas de Calor

Fuente: <http://www.geaipc.com/blog/cat/articulos/seo/>
 Consultado: 08/08/2014

4. Mapas de Zonas Ciegas: es una versión simplificada de los mapas de calor en los que muestra de una manera muy clara las zonas que han sido visualmente menos atendidas por el usuario y por otra parte, facilitando la comprensión de la información más relevante, es decir, nos informa qué zonas han sido las únicas que el usuario no ha visualizado, marcándolas en negro tal y como se puede observar en la Figura No. 2.20.



Figura No. 2.20 Mapas de Zonas Ciegas
Fuente: <http://www.geaipc.com/blog/cat/articulos/seo/>
Consultado: 08/08/2014

Estos cuatro tipos de representaciones resultan muy descriptivas y fáciles de comprender para un análisis posterior. Gracias a ellas se demuestra con tan sólo una imagen que el usuario no explora la interfaz de forma ordenada y previsible como se tiende a creer.

Las principales medidas empleadas en los estudios de usabilidad son las fijaciones visuales, las rutas sacádicas y algunas variables relacionadas con éstas. Para entender el enfoque de la aplicación de la técnica de eyetracking en las pruebas de usabilidad, algunas de éstas métricas son definidas a continuación:

- (1) **La fijación visual:** se refiere al hecho de mantener la mirada en un solo punto. Para ser más exactos, se basa en que la posición del ojo se mantiene relativamente estable con la misma posición de la cabeza, teniendo en cuenta un umbral de dispersión durante un período mínimo.

- (2) **El número de fijaciones:** es la cantidad de fijaciones visuales registradas dentro de una determinada área de interés;
- (3) **Los movimientos oculares rápidos:** que ocurren entre las fijaciones, dichos movimientos reciben el nombre de saccades en inglés.
- (4) **La ruta sacádica:** representa gráficamente la secuencia de fijaciones y los movimientos oculares realizados entre ellas.
- (5) **La duración de la mirada o fijación:** es la duración acumulada de las distintas fijaciones consecutivas dentro de una determinada área delimitada en el estudio, que recibe el nombre de área de interés. Esta métrica suele incluir varias fijaciones y también una cantidad relativamente pequeña de tiempo correspondiente a los movimientos sacádicos cortos entre estas fijaciones, tal y como se explica en [13].
- (6) **La media de la duración de las fijaciones:** es el promedio de la duración de las distintas fijaciones consecutivas dentro de una determina área de interés.

2.5 TÉCNICAS DE SEGUIMIENTO VISUAL (EYETRACKING) Y LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD MÓVIL

Una de las técnicas cada vez más valorada y extendida en el estudio de la usabilidad en entornos controlados es la técnica del seguimiento de los ojos. Esta técnica consiste, tal

y como se ha explicado punto anterior, en registrar tanto el punto donde se fija la mirada, como el movimiento del ojo en relación con la cabeza.

La problemática radica en que debido a las características propias de los dispositivos móviles, no es técnicamente factible recabar información tan precisa como en el caso de las aplicaciones y portales web para entornos de sobremesa. El reto más importante para la aplicación de las técnicas de eyetracking en interfaces móviles se debe al hecho de que las pantallas de estos dispositivos son demasiado pequeñas. Para ser más precisos, a una distancia de 50 cm (es decir, la distancia típica de los ojos en la que se sostiene un teléfono móvil durante su uso), sólo una fijación es necesaria para que el cerebro obtenga una imagen clara y precisa de aproximadamente una cuarta parte de la pantalla. En otras palabras, el ojo a penas se mueve cuando la mirada de la persona cambia entre elementos de la interfaz relativamente próximos [20]. Por lo tanto, utilizar un eyetracker para analizar la lectura detallada y los patrones de barrido en un dispositivo móvil presenta fuertes limitaciones, independientemente de la precisión con la que el equipo de eyetracker sea capaz de determinar el centro de la fijación [37].

Sin embargo, a pesar de estas limitaciones los esfuerzos de investigación en técnicas de eyetracking para tests de usabilidad móvil siguen creciendo, consiguiendo que este tipo de equipamiento proporcione información de forma más o menos fiable acerca de cómo los usuarios interactúan con las interfaces móviles [37]. Tanto es así que existen diferentes equipos de eyetracking investigándose y comercializándose actualmente para su aplicación en la evaluación de la usabilidad móvil. No obstante, cabe decir que los resultados que se obtienen de la aplicación de estas técnicas son principalmente cualitativos.

Hay otras técnicas similares al Eyetracking en dispositivos móviles, en este caso orientadas al control del móvil mediante el movimiento de los ojos del usuario. Un ejemplo es EyePhone [41]. Este programario utiliza la cámara propia del dispositivo móvil con el fin de identificar el punto de la pantalla que el usuario se encuentra mirando. Esta tecnología es aún rudimentaria debido a que los algoritmos de reconocimiento de los ojos son limitados. Dichos algoritmos rastrean el ojo y calculan el punto de la pantalla que el usuario está mirando. Aparte de las limitaciones en la metodología aplicada, esta tecnología se enfrenta a otros problemas diferentes, principalmente derivados de la movilidad y otros factores contextuales, tales como la luz del día. Además, como se ha comentado anteriormente, se sabe que el seguimiento de la mirada de un usuario es más difícil en un teléfono móvil. Este método sólo puede aplicarse a funciones muy concretas, como seleccionar una aplicación o una opción mediante un parpadeo, y otras interacciones similares basadas en la mirada.

Finalmente, es importante mencionar que no todos los dispositivos móviles tienen una cámara frontal, por lo que este método se limita a los dispositivos que vengan provistos de ella. Existen otros proyectos similares a EyePhone⁶⁰, tales como los sistemas de marcación AOA marker [42]. Sin embargo, ninguno de estos proyectos emplea este tipo de técnicas de seguimiento de los ojos para estudiar la usabilidad del sistema, sino para ofrecer un mecanismo de interacción basado en la mirada, denominada en inglés gaze interaction [43]. La interacción por la mirada permite el control del dispositivo, ya sea un dispositivo móvil o un dispositivo de sobremesa, para realizar las tareas propias del puntero o ratón, a

⁶⁰ http://download.cnet.com/Eye-Phone-Security-Retinal-Scanner/3010-31711_4-75175683.html

través de la mirada⁶¹. Así pues, permiten la selección de iconos, la navegación por menús e incluso jugar⁶² en los diferentes dispositivos, utilizando técnicas de seguimiento ocular. No obstante, en vez de aplicar la información acerca del seguimiento del ojo para la evaluación de la usabilidad, se emplea para la navegación. Esta técnica es muy empleada en el campo de la accesibilidad, puesto que permite el manejo de un dispositivo a personas con discapacidad motriz.

2.5.1 Casos Especiales en Técnicas de Seguimiento Visual (Eyetracking)

Como se ha comentado anteriormente, una de las metodologías que presenta más problemáticas a la hora de ser adaptadas a dispositivos móviles son las técnicas de Eyetracking. Aun así, existen diferentes equipos de Eyetracking que se comercializan o están siendo investigados para su aplicación en los diferentes dispositivos móviles existentes en el mercado. A continuación se explican los más destacados.

2.5.1.1 Equipos Montados en la Cabeza

Los equipos montados en la cabeza suelen ser todos aquellos artefactos que de una manera u otra van acoplados a la cabeza del usuario. El usuario debe llevarlos durante toda la sesión siendo en algunos casos intrusivos y un tanto molestos, dependiendo de si son más similares a unas gafas, o bien son más aparatosos, y por tanto, más similares a un casco. Sus funcionalidades y características son similares en ambos casos, simplemente difieren en la comodidad del usuario mientras realiza el test.

⁶¹ <http://www.tobii.com/gaze-interaction>

⁶² <http://youtu.be/NBIjWA8CHls>

2.5.1.1.1 Gafas de Seguimiento Visual (Eyetracking)

Las gafas de Eyetracking son unas gafas de la apariencia de las que se pueden observar en la figura 2.21. Incorporan la tecnología de seguimiento de los ojos, incorporando tanto la cámara como las luces infrarrojas.



Figura No. 2.21 Gafas de Eyetracking Marca SMI

Fuente: <http://www.eyetracking-glasses.com/>

Consultado: 13/08/2014

Dichas gafas van obteniendo la información y transmitiéndola mediante wifi o bluetooth, dependiendo de la marca del equipo, al equipo que almacena la información. A pesar de que éste método simula un entorno más natural de uso, lo que constituye su punto fuerte, hay que destacar el aspecto de que se pierde mucha información. Esto se debe a que el usuario no suele estar centrado únicamente en mirar el dispositivo móvil, tal y como se explica en [20] y [37]. Por otro lado, tampoco ofrecen máxima flexibilidad de movimientos en campo exterior, puesto que el dispositivo de recogida de datos debe permanecer a cierta distancia.

Cabe destacar también que tecnológicamente son limitadas, ya que no permiten explotar completamente todas las particularidades típicas del programario de Eyetracking, puesto que no pueden recoger suficientes datos. Como se puede apreciar en la figura 2.22,

principalmente hacen un seguimiento del movimiento del ojo (grabando dicho movimiento) y monitorizan la interacción del usuario con el dispositivo móvil, es decir, qué teclas o botones aprieta según [37] y [18]. Por tanto, debido a las limitaciones tecnológicas, la mayoría de datos que se obtienen son cualitativos.



Figura No. 2.22 Captura de la Información Obtenida Mediante las Gafas

Fuente: Cheng, S. The Research Framework of Eyetracking Based Mobile Device Usability Evaluation. In PETMEI'11 (Beijing, China, 2011). ACM, pp. 21-26.

Consultado: 13/08/2014

Es importante mencionar que en la actualidad existen diversos grupos de investigación trabajando en el desarrollo de software y hardware de código libre, así como en la confección de equipos de eyetracking tales como gafas o equipos similares. En estos proyectos se procura, además de monitorizar los ojos del usuario y las actividades en el dispositivo, almacenar información relacionada con las entradas por pantalla o interacción con los botones. Los dos proyectos más relevantes son el EyeExpress Tracker software⁶³ y

⁶³ <http://xpresstracker.sourceforge.net/>

el proyecto OpenEyes⁶⁴. Sin embargo, dichos proyectos aún están en desarrollo y, por desgracia, todavía no se han podido presentar resultados significativos. La figura No. 2.23 muestra algunas imágenes de los mismos, donde se pueden apreciar las grabaciones que se obtienen y el equipo de eyetracker, tal y como queda montado cuando lo utiliza el usuario.

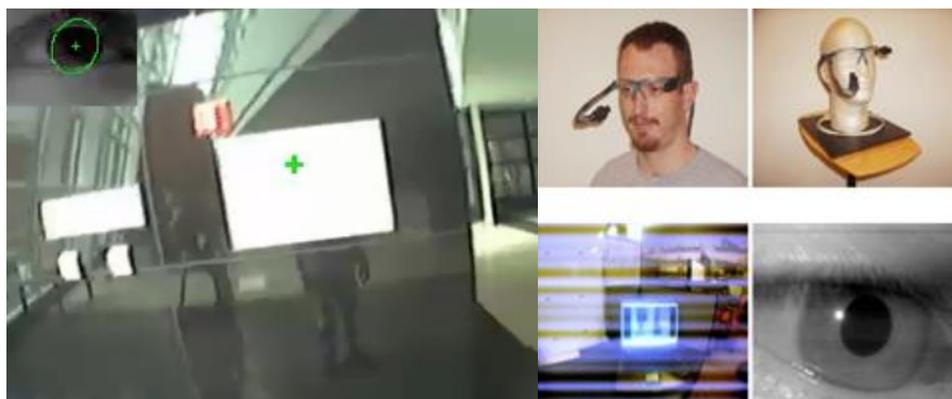


Figura No. 2.23 Equipo y Captura de las Visualizaciones Proyecto OpenEyes

Fuente: <http://thirtysixthspan.com/openEyes/videos.html>

Consultado: 13/08/2014

En algunos grupos de investigación se trabaja en el hecho de poder ofrecer mayor movilidad al usuario para facilitar el cambio de escenario y, por tanto, poder dotar de más realismo los tests de usabilidad móvil basados en gafas de eyetracking. Uno de los problemas con los que se encuentran es, como ya se ha mencionado, la falta de autonomía propia de los eyetrackers, que necesitan tener cerca el dispositivo de almacenamiento. Es por ello que se están desarrollando sistemas portátiles de almacenamiento de datos, como es el caso del proyecto ISU⁶⁵.

⁶⁴ <http://thirtysixthspan.com/openEyes/videos.html>

⁶⁵ http://www.jasonbabcock.com/eyetracking_hardware.html

El proyecto ISU intenta dotar de movilidad, a la vez que autonomía al usuario mientras está realizando el test con las gafas de eyetracking. Para ello el usuario debe llevar puestas las gafas y una mochila, donde se lleva el dispositivo de almacenamiento, que va directamente conectado a las gafas, así como la batería para su correcto funcionamiento. Todo esto se puede apreciar en la figura 2.24.



Figura No. 2.24 Gafas y Mochila del Proyecto ISU
Fuente: <http://thirtysixthspan.com/openEyes/videos.html>
Consultado: 13/08/2014

Cabe señalar, no obstante, que el enriquecimiento de los datos obtenido gracias a la movilidad y la posibilidad de moverse entre distintos escenarios, va en detrimento de la comodidad, puesto que el usuario debe cargar con un equipo que le puede hacer sentir cierta incomodidad y al que no está acostumbrado. Es por ello que los esfuerzos que se están realizando en este aspecto van en la línea de minimizar el peso de la mochila y su tamaño, haciéndola más ergonómica para el usuario, tal y como se comenta en [44].

2.5.1.2 Cascos y Otros Equipos de Seguimiento Visual (Eyetracking)

Otros equipos de Eyetrackers que son muy similares a las gafas son los cascos y otros equipos montados en la cabeza. Se trata de una serie de equipos que son más intrusivos y aparatosos que las gafas de eyetracking, pero que ofrecen características muy similares: ofrecen cierto grado de movilidad al usuario, permiten que éste interactúe naturalmente con el dispositivo móvil, pero en contrapartida la capacidad para recabar datos es algo limitada, tratándose de datos meramente cualitativos.



Figura No. 2.25 Casco Eyetracker del Proyecto Oversight
Fuente: <http://thirtysixthspan.com/openEyes/videos.html>
Consultado: 13/08/2014

Algunos de estos equipos pueden ser como un casco de moto (véase figura 2.25), que como se puede ver, realiza el seguimiento de uno de los ojos del usuario, aunque puede también hacerlo de los dos ojos, según las necesidades del test, tal y como se especifica en el sitio web del proyecto Oversight⁶⁶. Además de los cascos, hay otras versiones de este tipo de equipos en un esfuerzo de dotar de más ergonomía a dichos artefactos. Un ejemplo de este tipo de equipos se puede observar en la figura 2.26, el modelo SR Research Eyelink II⁶⁷, de la marca SOUVR.

⁶⁶ <http://www.mat.ucsb.edu/~g.legrady/academic/courses/07fst/oversight/implementation.html>

⁶⁷ <http://en.souvr.com/product/200712/275.html>



Figura No. 2.26 Equipo de Eyetracker montado a la cabeza Marca SOUVR

Fuente: <http://souvsophie.blog.com/page/6/>

Consultado: 13/08/2014

Este tipo de equipos, visualmente entre un casco y unas gafas, son menos aparatosos que los cascos y permiten una buena sujeción a la cabeza del usuario. Las dos problemáticas principales de estos equipos es que debido a su forma y sujeción, son muy intrusivos, y el usuario puede sentirse bastante incómodo al llevarlo puesto. Además, como en el caso del resto de equipos montados en la cabeza, aunque sí realizan el seguimiento del ojo, no ofrecen tampoco datos cuantitativos sólidos, y no pueden alejarse del dispositivo de almacenamiento de datos, limitando su uso a contextos y escenarios controlados, como es un laboratorio.

2.5.1.2.1 Sensor Acoplable y Carrito de Eyetracker

Algunas empresas han comercializado un sensor que se puede acoplar a un carrito, y que facilita la realización de pruebas de Eyetracking con cierta movilidad, como se puede apreciar en la figura 2.27.



Figura No. 2.27 Sensor acoplable de Eyetracker de la Marca Tobii

Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-x60x120-eye-tracker/>

Consultado: 13/08/2014

Este sistema ofrece cierta movilidad cuando se acopla al carro con ruedas (véase la figura 2.27). Además, permite una interacción natural con el dispositivo, puesto que el usuario interactúa directamente con el mismo, como se puede observar en la figura 2.28.



Figura No. 2.28 Sensor Acoplable en el Carrito Eyetracker Marca Tobii

Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-x60x120-eye-tracker/>

Consultado: 13/08/2014

Una de las ventajas de esta configuración es que se pueden realizar tests de usabilidad donde éste puede estar de pie o sentado, y además se puede montar en cualquier escenario, siempre teniendo en cuenta las limitaciones de la posición del usuario ante el sensor acoplable.

El sensor acoplable puede utilizarse también sin el uso del carro, fijándolo en un punto fijo en un entorno controlado. Esta configuración permitirá centrar la prueba más en el uso del dispositivo, al evitar distracciones. En este caso la monitorización del usuario se realiza a través de otra cámara que registra las acciones del usuario sentado ante el sensor, tal y como se puede apreciar en la figura 2.29. Esta configuración de evaluación es denominada por la marca Tobii como configuración independiente (en inglés, the stand-alone eyetracker set-up).



Figura No. 2.29 Sensor Acoplable en el Carrito Eyetracker Marca Tobii
Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-x60x120-eye-tracker/>
Consultado: 13/08/2014

En ambas configuraciones el usuario se haya delante del equipo de eyetracker. Aunque la interacción con el dispositivo sí es natural, en esta segunda configuración el usuario debe permanecer quieto y centrado manteniendo en todo momento la vista en el dispositivo móvil, posición ya no tan natural y ágil para el usuario, y que puede resultar incómoda. Este aspecto introduce fuertes limitaciones en la posición del usuario ante el sensor acoplable para que la recogida de datos del seguimiento de los ojos sea lo más fiable

posible. Además, su preparación conlleva cierta complejidad y tiempo, puesto que implica el montaje del sensor y el carrito en el escenario escogido para realizar la prueba.

Una versión que se podría considerar híbrida de las dos anteriores, más simplificada que la anterior consiste en aprovechar la cámara con la que ya viene provisto todo el conjunto, anclada en el equipo de eyetracker. De este modo se evita la adición de una cámara externa en la estructura de la habitación, como se nos muestra en la figura 2.30, lo que otorga mayor flexibilidad y también menor tiempo de preparación. No obstante, puede suponer una mayor intrusividad.



Figura No. 2.30 Sensor Acoplable en otra Versión de la Configuración Independiente

Fuente: http://www.tobii.com/Global/Analysis/Training/WhitePapers/Tobii_Using_EyeTracking_to_Test_Mobile_Devices_WhitePaper.pdf

Consultado: 13/08/2014

Con este tipo de configuraciones y equipos de eyetracking, tecnológicamente más potentes, se obtienen mejores resultados, tanto cualitativos como cuantitativos que con las técnicas anteriores, tal y como se explica en [37]. La principal problemática, es el alto coste económico del equipo de eyetracker y del carrito en donde debe ser acoplado. Además, volvemos a encontrarnos con la limitación relativa al tamaño reducido de la pantalla del móvil, la cual es insalvable al trabajar físicamente con este tipo de dispositivos.

Existe una versión más pequeña de este tipo de eyetracker llamada FaceLAB⁶⁸. FaceLAB no sólo monitoriza la dirección de la mirada y el parpadeo del usuario, sino que también rastrea los gestos faciales y la posición de la cabeza. Tiene las mismas problemáticas que la configuración stand-alone anterior, pero ofrece la ventaja de que puede ser montado más fácilmente en diferentes escenarios, tanto de interiores como de exteriores, como por ejemplo automóviles, cabinas o kioscos, como se puede apreciar en la figura 2.31.



Figura No. 2.31 FaceLAB Configurado en el Interior de un Vehículo
Fuente: <http://www.seeingmachines.com/product/facelab/>
Consultado: 13/08/2014

El calibrado de este tipo de eyetrackers es más complicado, debido a que puede ser montado en diferentes escenarios, pero se obtienen los mismos resultados que en la configuración independiente. No obstante, esta variante del sensor acoplable no es válida para el estudio del comportamiento visual del usuario durante el uso de una interfaz móvil. Está pensada para la evaluación de productos de un mayor tamaño, y por tanto no puede ser considerada una configuración válida para la evaluación de la usabilidad móvil.

⁶⁸ FaceLAB Eyetracking Device: <http://www.seeingmachines.com/product/facelab/>

Otro equipo que también es portable a los propios escenarios de uso y acoplable a diferentes productos e infraestructuras, es el eyetracker ligero⁶⁹, el cual se muestra en la figura 2.32. Ofrece la posibilidad de ser integrado en pantallas táctiles diversas y ordenadores portátiles, permitiendo la evaluación de la usabilidad de sitios web, así como de aplicaciones específicas para quioscos interactivos, máquinas de expedición de tickets y cajeros automáticos. Está adaptado para poder acoplarse en dichos sistemas, y por tanto, para ser utilizado en entornos de uso real. Sin embargo, también está pensado para realizar el seguimiento ocular en productos de gran tamaño, con pantallas grandes, y tampoco ofrece la posibilidad de ser empleado en la evaluación móvil.



Figura No. 2.32 Eyetracker Ligero de la Marca Tobii

Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-x1-light-eye-tracker/>
Consultado: 13/08/2014

2.5.1.2.2 Equipos Eyetracker de Sobremesa

El eyetracker de sobremesa consiste en una pantalla que incorpora todo el sistema de eyetracking, llevando ésta incorporada el sistema de cámara de vídeo y los sensores infrarrojos, como se puede apreciar en la figura 2.33. El sistema de seguimiento del ojo permite un alto grado de movimiento de la cabeza, proporcionando un entorno sin

⁶⁹ <http://www.facit-digital.com/en/user-experience/mobile-ux-test/>

distracciones que asegura un comportamiento natural del usuario y, en definitiva, resultados válidos.



Figura No. 2.33 Eyetracker de Sobremesa de la Marca Tobii -a

Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-t60t120-eye-tracker/>
Consultado: 13/08/2014

Esta tecnología tiene un alto grado de precisión a la hora de realizar el seguimiento de los ojos, asegurando que los resultados de la investigación son fiables. Además, al tratarse de una pantalla de ordenador, es más fácil que el usuario esté pendiente de ésta y no desvíe la mirada, centrándose por tanto en todo momento en la pantalla.

El tamaño de la pantalla es un aspecto crucial para garantizar el éxito en la aplicación de este tipo de técnicas, tal y como ya se ha ido mencionando con anterioridad. En este caso este aspecto queda garantizado.

Hasta el momento se han probado distintas configuraciones y metodologías para el uso del eyetracker de sobremesa en dispositivos móviles. Las dos más generalizadas son la configuración del eyetracker con emulador (en inglés, the emulator set-up), y la

configuración conocida como de debajo de la mesa (en inglés, the below table set-up). Ambas se presentan con más de detalle a continuación.

2.5.1.2.3 Configuración con Emulador

La configuración con emulador consiste en el equipo de eyetracker un emulador del sistema operativo del móvil o tableta, además del software a testear, de tal manera que el usuario interactúa con una emulación de la aplicación móvil, tal y como si se tratara de una aplicación del propio ordenador de sobremesa. Se puede apreciar en la figura 2.34.



Figura No. 2.34 Eyetracker de Sobremesa de la Marca Tobii -b

Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-t60t120-eye-tracker/>
Consultado: 13/08/2014

Mediante este método se obtienen datos tanto cualitativos como cuantitativos significativos, tal y como se comenta en [37], puesto que el usuario se encontrará mirando a la pantalla durante todo el test, y por lo tanto todo el potencial del equipo de eyetracker de sobremesa está siendo explotado. Sin embargo, existen diversas problemáticas.

En primer lugar, el usuario no interactúa con el propio dispositivo móvil, sino que con un emulador, lo que hace que la interacción no sea natural, puesto que no se utiliza el

propio dispositivo, sino el teclado y ratón, añadiendo cierta artificialidad en el estilo de interacción.

En segundo lugar, la mayoría de emuladores de base son más lentos que el propio dispositivo puesto que consumen recursos de máquina tales como memoria y CPU, a la vez que también la máquina está dando soporte al programario del eyetracker. Esto puede llevar a que aparezcan problemas de latencia e incluso que se llegue a colapsar el sistema por falta de memoria.

En tercer lugar, la visualización ofrecida por los emuladores tiene limitaciones importantes en lo que se refiere a la visualización en pantalla. Debe tenerse en cuenta que la imagen emulada del dispositivo es aproximadamente del mismo tamaño que la pantalla del móvil, como se puede apreciar en la figura 2.35. Ello conlleva que el usuario está viendo una ventana del mismo tamaño que la del móvil, pero a una distancia mayor de lo que estaría el propio dispositivo al interactuar con él, presentado, por tanto, problemas de visualización que obligan al usuario a forzar la vista en algunos casos.

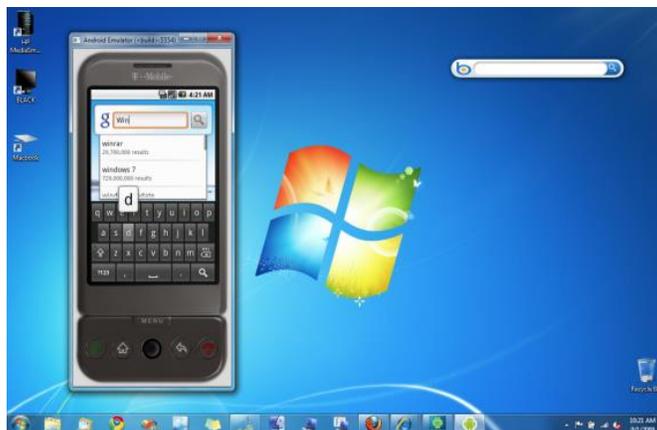


Figura No. 2.35 Captura de la visualización de un emulador con sistema operativo **Android.**

Fuente: <http://eyetracking.com.sg/>
Consultado: 13/08/2014

Como consecuencia de las pruebas realizadas en diferentes emuladores pudimos comprobar que la emulación puede desembocar en problemas de latencia, puesto que se trata de la emulación de una aplicación sobre un sistema operativo diferente al real. Además, por muy logrado que sea el emulador, nunca se aproximará al uso real de la aplicación en el dispositivo físico. Es bien conocido que al desplegar la aplicación en el móvil pueden producirse errores que no habían ocurrido durante la emulación.

Por último, otra problemática del uso de emuladores es el derivado de que hay aplicaciones que están pensadas para funcionar teniendo en cuenta las características del propio dispositivo, por ejemplo, la tactilidad. Ello conlleva que algunas opciones del programario (botones o menús) no funcionen correctamente utilizando teclado y ratón.

Una variante de esta metodología, ideada a partir de la anterior para este trabajo, la cual también ha sido testada, es la de utilizar una máquina virtual del sistema operativo móvil. Mediante el uso de una máquina virtual es posible instalar dentro del sistema otro sistema operativo distinto. A raíz de las pruebas realizadas con diferentes máquinas virtuales, pudimos comprobar que algunos sistemas operativos ni siquiera permitían su instalación, como es el caso de los sistemas de Symbian, ya que su sistema de archivos no es compatible con ninguna de las máquinas virtuales en las que realizamos las pruebas. Además, comprobamos que algunos de los sistemas operativos no podían funcionar correctamente en dispositivos de sobremesa, como fueron las últimas versiones de iOS y de Android, que a pesar de poder ser instaladas, ni siquiera cargaban correctamente el sistema operativo. En los casos de las versiones anteriores de Android, sí se consiguieron resultados positivos, pudiendo cargar el sistema operativo y navegar por éste. No obstante, se

presentaron los mismos problemas técnicos que la configuración homóloga con el emulador.

En resumen, aunque ofrece más comodidad al participante, y es mucho más sencilla su implementación, implica una interacción poco natural, sobre todo en lo que respecta al uso del ratón y el teclado, que no son los periféricos más apropiados para emular los estilos de interacción dominantes en los dispositivos móviles, principalmente en lo que concierne a funciones táctiles o que impliquen el movimiento del dispositivo para que se realice una determinada acción. Otras prestaciones difíciles de emular son la activación de sensores o funciones propias del dispositivo, como por ejemplo una llamada entrante. Este aspecto es limitante, puesto que restringe las pruebas a las tareas que sí se puedan realizadas en un ordenador de sobremesa.

2.5.1.2.4 Configuración de Debajo de la Mesa

La configuración de debajo de la mesa consiste en instalar un pie debajo de la mesa en la que se apoya el dispositivo móvil, así como una cámara que proyecta en la pantalla del eyetracker las acciones que va realizando el usuario con el dispositivo recogidas en tiempo real por la cámara, tal y como se muestra en la figura 2.36. La idea es que el usuario maneja el móvil con las manos, pero guiándose a través de la imagen captada por la cámara y proyectada en el monitor. De este modo es como se consigue que el usuario permanezca mirando a la pantalla.

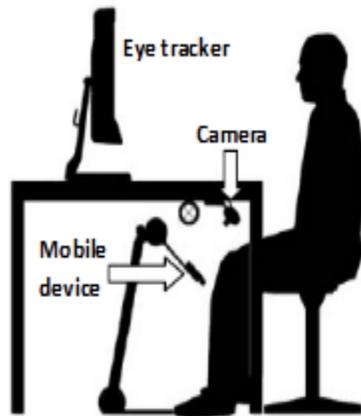


Figura No. 2.36 Configuración Debajo de la Mesa
Fuente: <http://eyetracking.com.sg/>
Consultado: 13/08/2014

Mediante este método se obtienen tanto datos cualitativos como cuantitativos significativos, tal y como se comenta en [37], ya que el usuario se encontrará mirando a la pantalla durante todo el test, y por lo tanto todo el potencial del equipo de eyetracker de sobremesa está siendo explotado. No obstante, y como en la metodología anterior, existen algunas complicaciones respecto a la interacción con el usuario.

La primera es que aunque el usuario interactúa con el propio dispositivo móvil lo hace en una posición incómoda y poco natural. Debe permanecer con las manos bajo la mesa para llegar al móvil. En otras variantes de esta configuración el móvil está más elevado, pero igualmente la posición sigue siendo bastante incómoda y antinatural para el usuario.

La segunda es que el usuario también se siente incómodo teniendo que visualizar los movimientos que realiza en el dispositivo móvil captados por la cámara y proyectados en la pantalla del eyetracker. La tendencia natural del usuario es desviar su mirada hacia el

dispositivo que tiene en sus manos, y ello conlleva cierta incomodidad que puede derivar en que el usuario aparte la mirada de la pantalla del eyetracker buscando el dispositivo en sus manos. Además, la interacción visual con el dispositivo es compleja e incómoda para el participante, la interacción física, no es natural y puede resultar muy incómoda para el usuario que realiza la prueba. Como ya se ha podido observar, en la figura 2.36, esta configuración implica que el usuario esté sentado en una posición poco natural, con la espalda ligeramente arqueada para poder llegar con las manos al dispositivo.

La tercera complicación tiene que ver con el hecho de que la proyección tiene ciertas limitaciones respecto a la visualización en pantalla del dispositivo móvil, tanto en tamaño como en la resolución y calidad de la imagen, puesto que se pueden dar problemas con el reflejo de las luces de la cámara sobre la pantalla del dispositivo móvil, así como luces y sombras que pueden entorpecer la prueba debido a la baja calidad de la grabación de la cámara anclada debajo de la mesa.

Por último, la configuración de debajo de la mesa implica una gran complejidad y coste en cuestión de tiempo en su implementación, debido a los artilugios extra que se deben adquirir y montar (cámaras, pies, etc.), como se observa en la figura 2.37, donde aparecen todos los dispositivos que son necesarios para poder realizar la prueba.

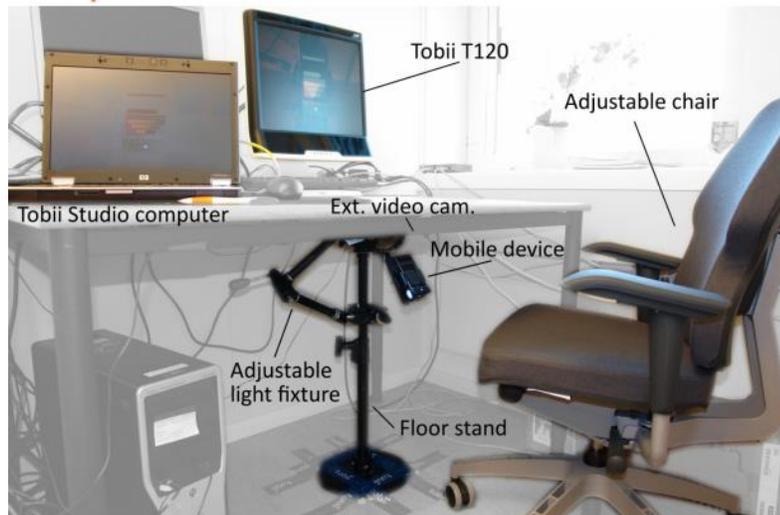


Figura No. 2.37 Configuración Debajo de la mesa - Elementos Básicos Necesarios
Fuente: <http://eyetracking.com.sg/>
Consultado: 13/08/2014

En resumen, aunque en esta configuración también se obtienen buenos resultados tanto cualitativos como cuantitativos, el usuario debe estar preparado e informado previamente para poder realizar el test sin problemas, y llevarlo a cabo conlleva un coste temporal considerable.

2.5.2 Comparativa de las Técnicas de Seguimiento Visual (Eyetracking) en Dispositivos Móviles

A partir del estudio del estado del arte en la materia podemos constatar que en la mayoría de configuraciones la obtención de datos cuantitativos relevantes es mínima, siendo en los casos en que se emplea un eyetracker de sobremesa donde sí es posible obtener datos exhaustivos, tanto cualitativos como cuantitativos.

Sin embargo, con la intención de presentar un análisis comparativo más completo, en este capítulo se definen ciertos factores considerados relevantes a la hora de evaluar las configuraciones y equipos de eyetracking empleados para la evaluación de la usabilidad móvil.

Para ello, como punto de partida, se tendrá en cuenta el único análisis similar encontrado, un análisis comparativo realizado por la marca Tobii.

2.5.2.1 Problemáticas de las Técnicas de Eyetracking para Dispositivos Móviles

Según la literatura expuesta en puntos anteriores de este estudio es posible sintetizar las problemáticas de evaluación en dispositivos móviles mediante técnicas de eyetracking. Limitaciones causadas no sólo por las propias características de este tipo de equipos, sino también por las limitaciones que presentan los diferentes artilugios destinados a este tipo de dispositivos.

En primer lugar, el tamaño de la pantalla constituye uno de los principales problemas. Este puede variar desde las 2 pulgadas de los smartphones más pequeños a las 10,1 pulgadas de las tablets más grandes⁷⁰. Esta limitación hace que no se puedan obtener datos exhaustivos relativos al seguimiento de los ojos del usuario. Para ser más precisos, a una distancia de 50 cm, que es la distancia típica de los ojos en la que se sostiene un teléfono móvil durante su uso, sólo una fijación es necesaria para que el cerebro obtenga una imagen clara y precisa de una cuarta parte de la pantalla. Eso significa que el uso de

⁷⁰ <http://luxvideo.es/nueva-tablet-amazon-kindle-fire-hdx.htm>

dispositivos móviles apenas requiere movimiento de los ojos para adquirir una idea precisa de los distintos elementos de la interfaz, como se comenta en [20]. Por lo tanto, utilizar un eyetracker para analizar la lectura detallada o los patrones de barrido en un dispositivo móvil no aporta suficiente información acerca del comportamiento visual del usuario durante el uso de la interfaz, de cara a un análisis exhaustivo de la usabilidad. Eso es así independientemente de la precisión con la que el equipo de eyetracker determine el centro de la fijación [37]. Todo ello repercute en los resultados. Sin ir más lejos, representaciones tales como las rutas sacádicas o representaciones animadas sobre la interfaz, son artefactos descartables por el hecho de no observarse a penas movimiento de los ojos.

Otra de las grandes dificultades es la variabilidad del contexto de uso y la movilidad. Son muchas las dificultades que conlleva aplicar este tipo de test en escenarios reales. A las que ya se presentan para cualquier metodología de evaluación se añaden otras muchas. Además de la problemática anterior, relativa al tamaño de pantalla, hay que tener en cuenta aspectos como la propia luz solar, aunque la limitación más importante viene, quizás, por el hecho de que resulta complicado conseguir que el usuario permanezca todo el tiempo mirando al eyetracker en situaciones y contextos de movilidad. Apartar la vista puede implicar la necesidad de tener que recalibrar para que el test sea válido en términos de métricas del seguimiento de los ojos.

Si el usuario se está moviendo porque camina por la calle, es muy difícil que mantenga la vista en el eyetracker. Entre otras cosas, la diversidad de estilos de interacción que ofrecen los dispositivos móviles, permitiéndoles pasar de utilizar la pantalla táctil al uso de los botones físicos del dispositivo o cambiar al modo de órdenes por voz para seguir

con la tarea facilita aún más las posibilidades de dispersión, tanto en atención como en focalización de la mirada por parte del usuario.

Además de las problemáticas propias de los dispositivos y de este otro tipo de cuestiones de contexto y de factores humanos, intervienen las limitaciones propias de los dispositivos de eyetracking. Para empezar, son pocos los equipos de eyetracker que proporcionen movilidad. Por lo general, éstos suelen ser intrusivos e incómodos para los usuarios. Es el caso de los cascos, así como otros dispositivos montados a la cabeza. La mayor ventaja de estos dispositivos es que sí permiten una interacción natural y realista con el dispositivo móvil y admiten por tanto cambios de contexto. Sin embargo, en la mayoría de los casos este tipo de dispositivos, que suponen un alto coste económico, sólo ofrecen la posibilidad de obtener datos cualitativos válidos a través de grabaciones de la interacción del usuario con el dispositivo móvil, tal y como se comenta en [37]. A pesar de que se pueden llegar a identificar problemas de usabilidad relevantes, no aportan datos cuantitativos sólidos [34].

Otros dispositivos que sí permiten la captación de datos cuantitativos limitan el factor de movilidad, así como implican un alto coste económico y de montaje para la implementación de los tests. Es el caso de los sensores acoplables que también tienen en contra el factor de calibración, siendo mucho más complicada que en el resto de equipos [37]. Además, el usuario debe permanecer en la misma posición, hallándose siempre delante del dispositivo de eyetracker, y aunque la interacción con el dispositivo sí es natural y realista, el tener que permanecer quieto y centrado, manteniendo en todo momento la vista en el dispositivo móvil, no resulta confortable [37]. En cualquier caso, la limitación

del tamaño de la pantalla del dispositivo juega en contra de este equipamiento, puesto que la calibración siempre es en referencia a la pantalla física, lo que se traduce en que a pesar de obtener datos cuantitativos relativos al seguimiento ocular, éstos no son suficientemente ricos y el por tanto su estudio no puede ser exhaustivo.

Por lo que respecta a los equipos de sobremesa, una de sus grandes ventajas es que permiten un alto grado de movimiento de la cabeza sin que se pierda la calibración, lo que garantiza poder captar una fuente rica de datos relativos a la mirada, en un entorno de computación tan familiar como lo es el de un pc. Al llevarse a cabo en laboratorios controlados (es donde podemos encontrar equipos de estas características), se evitan las distracciones, y por lo tanto se obtienen resultados más válidos también en lo que a seguimiento ocular se refiere. Por otro lado, otro aspecto de vital importancia es la precisión de este tipo de equipos, así como la posibilidad de integrarlo con software adicional para recabar otras fuentes de datos. Tanto es así, que la cantidad de datos tanto cualitativos como cuantitativos, puede llegar a ser muy rica. Una de las desventajas es que no admiten movilidad, y dependiendo de la configuración que se emplee, presenta otras problemáticas.

En el caso de la configuración con emulador, ofrece comodidad al usuario, pero en contrapartida se pierde el realismo y la naturalidad de la interacción con el dispositivo móvil, además de otro tipo de dificultades ya mencionadas. Por otro lado, en la configuración de debajo de la mesa, el usuario interactúa directamente con el dispositivo, ofreciendo naturalidad y realismo. En contrapartida el usuario debe permanecer en una posición incómoda todo el tiempo, recibiendo una imagen grabada de la interacción que

puede ser de mala calidad debido a la falta de luz o reflejos de la cámara que se encuentra grabando el dispositivo móvil.

A pesar de este tipo de inconvenientes, son los equipos de sobremesa los que ofrecen datos más exhaustivos, no sólo por su precisión y agudeza, sino también por disponer de una mayor superficie de observación, lo que conlleva a la obtención de datos más veraces y de mayor riqueza en lo que concierne a comportamiento visual del usuario. Además, la grabación del usuario y de su comportamiento visual se realiza generalmente de manera muy discreta.

Por otro lado, si se tiene en cuenta que ofrecen la posibilidad de testear distintos tipos de interfaces, tales como cualquier aplicación web, aplicaciones offline o prototipos, y en distintos sistemas operativos, se puede decir que son los más fácilmente amortizables.

2.5.3 Comparativa Realizada por un Fabricante

Uno de los fabricantes más importantes de equipos de eyetracker, Tobii, ofrece una tabla comparativa en la que se evalúan y comparan las tres configuraciones propuestas en su white paper [37], basadas en el uso de sus equipos. La Figura 2.38 reproduce dicha comparativa.

Esta figura 2.38 ofrece una primera comparativa centrándose tan sólo en dos de sus equipos: el eyetracker de sobremesa y el sensor acoplable, y valorando tan sólo algunas de sus configuraciones: la configuración con emulador (Emulator T-series), la configuración

de debajo de la mesa (Below Table T-series), y finalmente, la configuración independiente, que en el caso de la marca Tobii recibe el nombre de configuración invertida (Inverted X120 Table).

Evaluation of different ET set-ups	Emulator T-series	Below Table T-series	Inverted X-series
Interaction with the device	Not very realistic interaction, no haptic feedback	Reasonably realistic	Realistic
ET Accuracy	High accuracy	High accuracy	Some known issues
Set-up time	Fast set-up	Reasonable set-up time	Extensive set-up time
Set-up difficulty	Very easy	Reasonably easy set up procedure	Difficult
ET Calibration	Easy calibration	Easy calibration	Difficult calibration
Freedom of movement	Phone/emulator fixed	Almost full freedom possible	Phone fixed
Intrusiveness	Very unobtrusive	Sitting position and equipment placement might be intrusive	Unobtrusive
ET robustness	Very robust	Robust	Not robust in some cases
Set-up robustness	Very robust	Reasonably robust	Vulnerable set-up (to moving)
Additional equipment	Very little equipment needed	Some additional equipment needed	Requires considerable additional equipment
Portability	Very portable	Reasonably portable	Not portable
Captures user behavior (physical)	Doesn't capture hands	Captures all physical interaction	Captures all physical interaction
Logging user actions	Automatic click logging	Manual logging	Manual logging
Learning curve set-up	Steep learning curve	Reasonable learning curve	No learning required
Usability of the set-up	Easy, using a mouse	Uncomfortable position	Easy to use, non-intrusive
Flexibility of the set-up	Switch between emulators easily	Easy to switch the position of the device or device to test	Manual calibration for each device to be tested

Figura No. 2.38 Comparativa de Tres Configuraciones Principales de Tobii

Fuente: <http://solucionesconinternet.com/tag/tobii-technology/>

Consultado: 13/08/2014

Una de las limitaciones que se observan de esta tabla comparativa es el hecho de obviar otros equipos y configuraciones de eyetracking que son destacables en lo que respecta a la usabilidad móvil: los equipos montados a la cabeza, es decir, las gafas y los cascos. Estos equipos nacieron para ofrecer una solución a la evaluación de dispositivos móviles, ya que permiten desarrollar tests teniendo en cuenta las características más problemáticas de éstos, naturalidad, movilidad y variabilidad de contextos de uso.

Si observamos detalladamente la tabla, más que una comparativa presenta una síntesis de los aspectos (puntos fuertes y débiles) a tener en cuenta de cada una de estas tres

configuraciones. El que no aparezca ninguna puntuación previamente detallada dificulta una valoración global de las configuraciones analizadas.

Otro punto interesante, es el hecho de que utiliza 16 factores para evaluar los equipos y configuraciones, no haciendo ningún tipo de distinción ni agrupación entre ellos. Por ejemplo, cuáles son los factores relacionados más con el propio eyetracker, los que son propios de la configuración y finalmente los factores relacionados con aspectos de factores humanos. El conjunto de factores considerados aparecen desordenados, sin ningún tipo de diferenciación o criterio, ni en cuanto a su enumeración, ni en cuanto a su valoración.

Cabe destacar que si nos fijamos en algunos de los factores, en ocasiones se tiene la sensación de que se está evaluando el mismo aspecto repetidas veces, utilizando diferentes términos, lo que puede dar lugar a confusión. Por ejemplo, en la tabla aparece los factores Set-up robustness y ET robustness. En la primera se evalúa si la configuración es robusta, y en la segunda, si el equipo de eyetracker es robusto, sin que se aporte una delimitación clara de qué es exactamente lo que se evalúa en cada caso.

Por otro lado, en cuanto a la valoración en sí, existen apreciaciones que no acaban de ser del todo correctas. Un ejemplo se da en la configuración de debajo de la mesa, en lo que concierne a los factores de Freedom of movement y Intrusiveness, donde aparecen valoraciones un tanto contradictorias. Se dice que se tiene casi la libertad máxima de movimientos, y en cambio en el aspecto de intrusividad se comenta que estar sentado en la misma posición puede ser intrusivo. Justamente esta configuración se caracteriza por la poca flexibilidad de movimientos para el usuario y la gran incomodidad que le supone, por

lo que se requiere que el usuario sea advertido de dichos inconvenientes antes de iniciar la prueba, asumiendo la curva de aprendizaje que supone su puesta en práctica.

En definitiva, no se trata de una comparativa homogénea y está sujeta a mucha confusión. Por este motivo se ha intentado elaborar una tabla comparativa de todos y cada uno de los equipos y configuraciones de eyetracking expuestas en el capítulo anterior de este trabajo, definiendo los factores uno por uno de manera homogénea y clara, para que puedan ser evaluados en todos los casos por igual.

2.5.4 Factores a tener en cuenta al Valorar las Soluciones de Eyetracking Existentes

En la actualidad, no existen unas métricas o factores formalizados para poder evaluar los diferentes equipos de eyetrackers y las configuraciones existentes. La Figura 2.38 que aparece anteriormente, es uno de los pocos intentos que se han realizado de comparativa entre configuraciones, y a pesar de ello, no están definidos todos los factores que se deberían tener en cuenta ni tampoco aparecen ordenados, de manera que sea posible realizar una comparación.

Para poder ofrecer una comparativa más exhaustiva sobre los diferentes equipos y configuraciones de eyetracking existentes empleadas en la evaluación móvil, se ha trabajado en la elaboración de una tabla comparativa en que se explican las características y factores más relevantes a tener en cuenta en cada uno de ellos.

Los factores seleccionados han sido definidos según si están relacionados directamente con el equipo eyetracker, con el montaje y puesta a punto de la configuración del test o finalmente, con los factores que están más relacionados con el usuario. Todos ellos serán evaluados según tres puntuaciones: baja, media y alta. Dichos factores y sus posibles evaluaciones se exponen a continuación, en las siguientes subsecciones.

2.5.5 Factores Asociados al Equipo de Eyetracker Utilizado

En este punto se tienen en cuenta las características técnicas, así como los resultados que ofrece cada equipo de eyetracker. No obstante, previamente es necesario puntualizar un par de aspectos relativos al funcionamiento de los propios equipos de eyetracking.

La mayoría de eyetrackers realizan un seguimiento de los ojos basado en vídeo. Esta grabación consiste en utilizar una cámara para enfocar uno o ambos ojos y grabar sus movimientos mientras el usuario realiza la prueba. Se trata de un sistema rudimentario. Actualmente, los eyetrackers más modernos utilizan una técnica que emplea luz infra-roja. Como se puede observar en la figura 2.39 - (A), mediante el haz de luz infra-roja se localiza el centro de la pupila, y una vez localizada se crea un reflejo de luz en la córnea, como se puede observar en la figura 2.39 - (B), que es devuelta y captada por los sensores del equipo de eyetracker. El vector entre estas dos medidas es el que se utiliza para calcular la intersección de la mirada con la superficie de la pantalla. Es por ello que para cada participante se debe realizar una calibración individualizada.

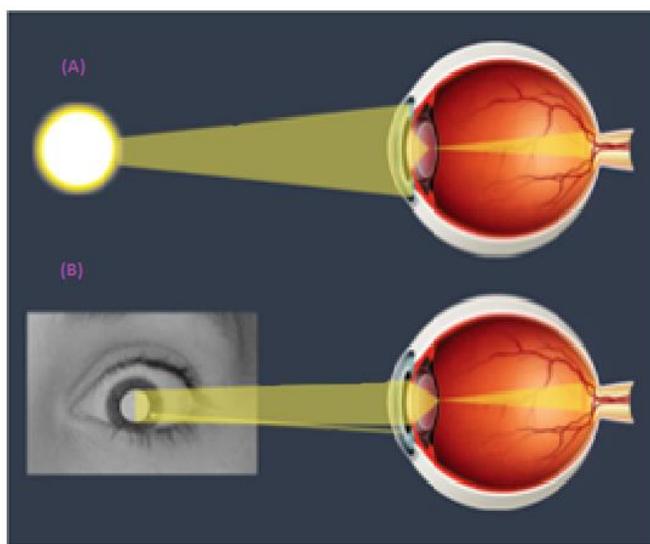


Figura No. 2.39 Proceso de Detección de la Mirada Mediante Luz infra-roja por un equipo de eyetracker

Fuente: <http://www.tobii.com/eye-trackingresearch/global/library/white-papers/tobii-eye-tracking-white-paper/>
Consultado: 13/08/2014

El proceso de calibración consiste en registrar el seguimiento de los ojos solicitándole al usuario que sitúe su mirada en unos puntos establecidos de antemano, con o sin animación, presentándole al usuario una vista similar a la que se puede apreciar en la captura de pantalla que se puede ver a la izquierda de la imagen de la figura 2.40. La calibración constituye un paso previo a la realización de una prueba con usuarios, y debe realizarse para cada usuario, con objeto de que el equipo de eyetracker pueda ajustar los parámetros referentes a la mirada del usuario y así poder hacer la grabación de éstos.

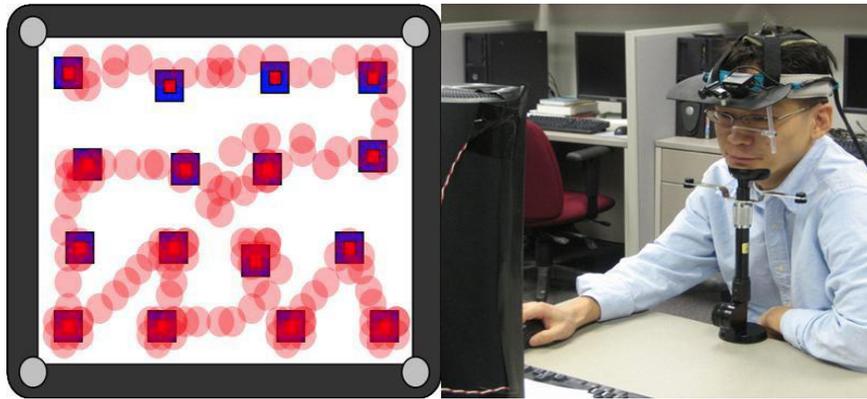


Figura No. 2.40 Ejemplo de pantalla de calibración por seguimiento de puntos
Fuente: <http://www.cs.umd.edu/gvil/alumni/ymkim/>
Consultado: 13/08/2014

A continuación se presentan los factores que se han tenido en cuenta en este grupo:

- 1) **Agudeza del eyetracker:** como se puede ver en la figura 2.41, la agudeza del eyetracker se mide en grados de ángulo visual, y es la diferencia media entre lo que el eyetracker registra como la posición de la mirada y la posición de la mirada real. Los valores típicos de precisión caen en un rango entre 0,5 y 1 grados, pero depende del modelo del fabricante y el área de la estimulación visual utilizado en la prueba.

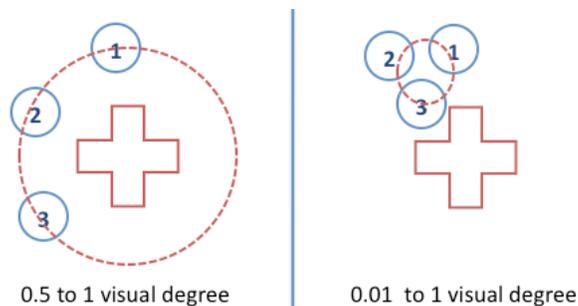


Figura No. 2.41 Ejemplo de cómo la precisión del eyetracker puede variar de 0,01 a 1 dependiendo del fabricante y de los movimientos del usuario
Fuente: <http://www.cs.umd.edu/gvil/alumni/ymkim/>
Consultado: 13/08/2014

Criterios considerados para la evaluación: cuando el eyetracker tenga un grado de ángulo visual de 0,5 a 1, este factor se evaluará como medio. Si está entre 0,01 y 1, se evaluará como alto; finalmente, si es menor que los dos anteriores, por ejemplo, de 0,7 a 1, será evaluado como bajo.

- 2) **Facilidad y Robustez de Calibración:** este factor tiene en cuenta si es dificultoso realizar una calibración con el equipo o bien si la pérdida del seguimiento de la mirada durante la sesión puede provocar un fallo (por ejemplo, si el usuario realiza un movimiento brusco, o bien aparta la vista del dispositivo). También considera la facilidad para recalibrar durante la prueba.

Criterios considerados para la evaluación: si no es necesaria la calibración o bien es un proceso sencillo, y ésta es robusta, será evaluada alta. Si el proceso de calibración requiere cierto tiempo y concentración por parte del usuario, o bien ésta puede perderse fácilmente con algún movimiento del usuario durante la sesión, sería evaluada como media. Finalmente, si el proceso es complicado y el usuario no puede apartar la mirada del equipo para no perder la calibración, entonces, se evaluará como baja.

- 3) **Coste del equipo:** hace referencia al coste económico del equipo; aproximadamente, las gafas de eyetracking de la marca Tobii99, así como el software para registrar los datos y tratarlos, suele costar unos 45.000\$. Sin

embargo, no disponemos de los datos para todos los equipos de eyetracking. Además, este factor dependerá del producto y del fabricante.

- 4) Capacidad de integración: hace referencia a la capacidad que tiene de poder usarse con otro tipo de equipamiento extra (software o hardware), siempre y cuando permita enriquecer la obtención de datos. Un ejemplo es Morae, que permite recoger fácilmente otros datos cuantitativos durante la prueba.

Criterios considerados para la evaluación: si puede ser integrado con otro software que aporte gran cantidad de datos cuantitativos, como Morae, será considerado alto. Si no permite la inclusión de ninguna herramienta o software, será considerada baja.

- 5) Exhaustividad: se refiere a si la configuración seleccionada permitirá la recogida tanto de datos cualitativos como cuantitativos durante la prueba, así como la rigurosidad y relevancia de los mismos. Cabe puntualizar aquí que la riqueza de los datos relativos al seguimiento ocular varía considerablemente entre utilizar un eyetracker de sobremesa, donde la superficie de rastreo es considerable, a utilizar una pantalla reducida como es la de un smartphone. En este último caso, por muy preciso que sea el equipo de eyetracker, la riqueza de los datos recogidos nunca va a ser equiparable. De hecho, éste es un aspecto que queda contrastado a través del estudio experimental llevado a cabo, el cual se presentará en los capítulos siguientes.

Criterios considerados para la evaluación: si el equipo permite obtener tantos datos cualitativos como cuantitativos fiables y rigurosos, el factor de exhaustividad será considerado alto. Si por el contrario, sólo se pueden obtener datos cualitativos, será evaluado como bajo. Si se halla en una posición intermedia, se evaluará como media.

2.5.6 Factores Asociados a la Configuración Empleada

En este punto se tendrán en cuenta los factores que afectan a la configuración empleada para utilizar el eyetracker, a su montaje y puesta en práctica. Los principales puntos a tener en cuenta son los siguientes:

- 1) **Flexibilidad de Movimientos:** se refiere a si dicha configuración permite cierta movilidad y en qué grado. No es lo mismo disponer de cierta movilidad en un escenario único en el propio laboratorio, como es el caso de la configuración del sensor acoplable con el carrito, que poder salir a un contexto real e incluso admitir variaciones de contexto.

Criterios considerados para la evaluación: se considerará una flexibilidad baja cuando tan sólo se admitan tests estáticos en un escenario único dentro del laboratorio; media, cuando permita cierta movilidad en el laboratorio, como es el caso mencionado; y alta, cuando se puedan realizar pruebas fuera del laboratorio en diferentes contextos y escenarios reales.

- 2) **Complejidad:** este factor se refiere a si el montaje necesario para la configuración implica un despliegue de medios importante, además de tener en cuenta también si resulta dificultoso en términos de preparación y configuración, tanto de tiempo como de personal para poder realizar la prueba.

Criterios Considerados para la Evaluación: si es dificultoso en términos de preparación, configuración y ejecución, será entonces considerado de complejidad alta. Si alguno de ellos, el montaje o la preparación, resultan dificultosos, se considerará de complejidad media. Y, si por el contrario, el montaje y configuración son muy simples y no necesitan de mucha preparación, se considerará de complejidad baja.

2.5.7 Factores Asociados al Usuario

En este punto se tendrán en cuenta los factores humanos, como son la comodidad con la que se realiza la prueba o si la interacción con el dispositivo es natural, entre otros.

1. **Naturalidad:** hace referencia a si la configuración permite una interacción natural con el dispositivo móvil, de tal manera que la realización de la prueba se asemeja a cómo el usuario realizaría la misma tarea con el propio dispositivo. La naturalidad puede alcanzarse de diversas formas:
 - (a) **Naturalidad en la interacción:** proporcionando un estilo de interacción acorde al del dispositivo real;
 - (b) **Naturalidad física:** permitiendo el manejo del dispositivo físico real;

(c) **Naturalidad visual:** proporcionando una representación o imagen de la interfaz móvil con total realismo (una proyección en tiempo real proporcionaría la máxima naturalidad visual, mientras que una emulación o una proyección de la imagen recogida por una cámara no). La naturalidad de la configuración se estimará teniendo en cuenta la valoración global de cada una de estas tres categorías.

Criterios considerados para la evaluación: Será alta cuando cumpla con las tres categorías, por ejemplo, en el caso de las gafas; en el caso que cumpla con dos será media, como son el caso de las configuraciones con el sensor acoplable; y finalmente, si sólo cumple con una, será baja, que es el caso de la configuración con emulador.

2. **Intrusividad:** la intrusividad se produce cuando el usuario puede sentirse intimidado debido al hecho de saber que va a ser monitorizado por cámaras y/o micros, o bien porque la grabación del seguimiento de los ojos se hace muy evidente (como con el sensor acoplable).

Criterios considerados para la evaluación: este factor será evaluado como alto cuando la monitorización es muy visible. En cambio, cuando la grabación tanto del usuario como del seguimiento de los ojos sea discreta, se considerará baja; se evaluará como media cuando una de ellas (o bien la grabación del usuario, o bien la del seguimiento ocular) se haga evidente.

3. **Comodidad:** se valora si el usuario debe permanecer o no en una posición incómoda o fija durante toda la prueba, como por ejemplo en la configuración invertida, o bien en el caso de la configuración de debajo de la mesa, en la que el

usuario debe adoptar una posición fuera de lo habitual. Este factor también hace referencia a la aparatosidad de los artilugios utilizados en la prueba. Por ejemplo, en la figura 35, el usuario que está realizando el test debe permanecer quieto y apoyar la barbilla durante todo el test en un reposacabezas.

Criterios considerados para la evaluación: si el usuario debe vestir algún dispositivo o equipo y debe permanecer en una posición incómoda, será considerada alta. Si las molestias de vestir o de posición son menores, pero aun así las hay, sería medía. Finalmente, si el uso del equipo y la ejecución del test no implican ninguna molestia para el usuario, y el test se realiza con completa naturalidad será considerada baja.

2.5.8 Comparativa de las Distintas Configuraciones de Eyetracking para Dispositivos Móviles

La Figura 2.42, resume todas estas consideraciones para los factores escogidos después de haber consultado cuidadosamente las especificaciones técnicas de cada tipo de equipo y configuración, y teniendo en cuenta todos los criterios presentados en la sección anterior.

Factor	Dispositivos montados en la cabeza			Sensor Acoplable		Eyetracker de sobremesa		
	Gafas	Gafas y mochila	Cascos	Configuración Independiente	Configuración con carrito	Configuración de debajo de la mesa	Configuración con emulador	
Equipo	Agudeza	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Alta	Alta
	Calibración ¹⁰⁰	-	-	-	Baja	Baja	Alta	Alta
	Coste económico ¹⁰¹	-	-	-	-	-	-	-
	Integración	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto
	Exhaustividad	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Configuración	Flexibilidad	Alta	Alta	Alta	Baja	Media	Baja	Baja
	Complejidad	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Baja
Usuario	Naturalidad	Alta	Alta	Alta	Media - Alta ¹⁰²	Media - Alta ¹⁰²	Media	Baja
	Intrusividad	Alto	Alto	Alto	Media	Media	Media	Baja
	Comodidad	Alta	Media	Media	Media	Media	Baja	Alta

Figura No. 2.42 Cuadro Comparativo de los Diferentes Dispositivos y sus Configuraciones
Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-glasses-eye-tracker/features/>
Consultado: 13/08/2014

En la figura 2.42 se han marcado en verde las puntuaciones positivas, en azul cuando es intermedia, y finalmente, en rojo cuando la valoración tiene connotaciones negativas.

A partir de esta figura 2.42 podemos constatar que los dispositivos montados en la cabeza son los que más posibilidades ofrecen en cuanto a movilidad, y por tanto naturalidad, puesto que el usuario interactúa con el propio dispositivo móvil en situaciones reales de uso. En detrimento, los datos que se pueden recoger en su mayoría son datos cualitativos, puesto que no permiten la integración con otros dispositivos o tipo de software para la obtención de datos cuantitativos, sin descuidar la limitación que supone trabajar con una pantalla reducida.

El dispositivo acoplable es, con diferencia, el que ofrece una mejor solución en general, sobre todo la configuración independiente, pero en su contra, este equipo tiene un elevado coste. Además, la configuración es, como ya se ha comentado, compleja de preparar, puesto que el equipo involucra otros complementos y el aparatoso set de cámaras para poder grabar la sesión. Además resulta incómodo para el usuario. Por último, en este caso también existe la limitación que supone trabajar con una pantalla reducida.

Cabe destacar que no implicará la misma complejidad un test en un entorno controlado como es un laboratorio, que si se realiza en el exterior. A la hora de evaluar se ha tenido en cuenta el factor de que en el caso de que permita un cambio de contexto y de escenario, si ello conllevaría más complejidad a la puesta a punto de la configuración. Por ello, en el caso de las gafas y otros equipos montados a la cabeza, se ha evaluado como un

valor intermedio, puesto que sólo se necesitarían 2 personas como mucho (facilitador y operador de cámara), además del usuario para realizar el test. En cambio, en la configuración independiente o con carrito, ello supondría un despliegue de medios más grande, sobre todo si se quiere dotar de cierta movilidad al usuario: se necesitaría por lo menos una persona que se encargara de mover el carrito, además de personal para llevar las baterías y el dispositivo de almacenamiento de los datos recogidos.

En contrapartida, aunque no ofrecen movilidad, las configuraciones de sobremesa ofrecen una mayor calidad y exhaustividad de los datos, así como la posibilidad de poder integrarlos con otro software y artilugios durante la sesión. De esta manera se consigue dotar de más fidelidad y rigurosidad a las pruebas realizadas. Es por ello que tanto en integración como en exhaustividad son puntuados con valor alto.

Obviamente, según las necesidades de cada test, lo correcto sería poder realizar las pruebas con diferentes equipos, en función del contexto de uso de la aplicación a evaluar, así como de los objetivos de la evaluación, teniendo en cuenta que en un DCU lo recomendable es realizar más de una prueba con usuarios a lo largo del ciclo de vida. Por desgracia, todos los equipos de eyetracking, sea cual sea su fabricante, son por norma general bastante caros.

Debido a las ventajas expuestas, una vez analizadas las herramientas existentes, este trabajo propone un método que combina el equipo de eyetracking de sobremesa con el uso de dispositivos móviles. Dicha propuesta pretende explotar todo el potencial de este tipo de

equipamiento para que el conjunto de datos obtenidos sea lo más exhaustivo y sólido posible, como si se tratara de interfaces de sobremesa.

La comparativa y estudio de los resultados obtenidos dará lugar a una primera validación del método presentado, cuyo propósito es el de facilitar el estudio en profundidad de la usabilidad en interfaces móviles utilizando equipos de eyetracking de sobremesa.

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio trata de una investigación tipo descriptiva ya que se ocupa de detallar o reseñar datos y características de una población objeto de estudio. La finalidad es la adquisición de datos objetivos, precisos y sistemáticos que pueden usarse en promedios, frecuencias y cálculos estadísticos similares para una mejor valoración en el campo de estudio. Este estudio descriptivo no involucra experimentación, ya que está más enfocado con los fenómenos que ocurren naturalmente entre las variables del propio estudio que con la observación de situaciones controladas. Con el desarrollo del marco teórico y los elementos que intervienen se tendrá la oportunidad de identificar los aspectos más relevantes y significativos que se propone tomar en cuenta como puntos principales de partida para la selección de un equipo eyetracker que corresponda y presente una solución a mejorar la medición de la usabilidad en este tipo de entornos.

3.2 DECLARACIÓN DE VARIABLES

➤ **Seguimiento Visual (Eyetracking):**

Seguimiento de ojos (traducido del inglés eye tracking) es el proceso de evaluar, bien el punto donde se fija la mirada (donde estamos mirando), o el movimiento del ojo en relación con la cabeza. Este proceso es utilizado en la investigación en los sistemas visuales, en psicología, en lingüística cognitiva y en

diseño de productos. Existen diversos sistemas para determinar el movimiento de los ojos. La variante más popular utiliza imágenes de vídeo a partir de las cuales se extrae la posición del ojo.

➤ **Técnicas:**

Una técnica es un procedimiento o conjunto de reglas, normas o protocolos que tiene como objetivo obtener un resultado determinado, ya sea en el campo de las ciencias, de la tecnología, del arte, del deporte, de la educación o en cualquier otra actividad.

➤ **Usabilidad:**

Se refiere a la facilidad con que las personas pueden utilizar una herramienta particular o cualquier otro objeto fabricado por humanos con el fin de alcanzar un objetivo concreto. La usabilidad también puede referirse al estudio de los principios que hay tras la eficacia percibida de un objeto.

➤ **Evaluación:**

La evaluación es la acción de estimar, calcular o señalar el valor de algo. Es la acción sistemática del mérito, el valor y el significado de algo o alguien en función de unos criterios respecto a un conjunto de normas.

➤ **Dispositivos Móviles:**

En idioma inglés mobile device, también conocidos como computadoras de bolsillo o computadora de mano palmtop o handheld, es un tipo de computadora de

tamaño pequeño, con capacidades de procesamiento, con conexión a Internet , con memoria, diseñado específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales.

Hoy en día podemos encontrar una multitud de dispositivos móviles, donde los teléfonos móviles y las tablet son los tipos de dispositivos más utilizados y conocidos en la actualidad, los que ofrecen mayor variedad de aplicaciones multimedia y los que más posibilidades de evolución presentan en este sentido.

3.3 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Tras la revisión bibliográfica realizada para este estudio, y la conceptualización de las variables se propone la selección de la serie X de la Marca Tobii para la realización de la propuesta ya que son equipos perfectos para realizar pruebas de proyecciones de cualquier tamaño, o de elementos reales como lo pueden ser los teléfonos móviles. También se pueden situar bajo un monitor para test de diseños, programas y webs. Ello lo convierte en el equipo más flexible de la gama que presenta esta empresa.

Los equipos Eye Trackers, Tobii X60 y X120 propuestos en este estudio ofrecen más opciones de configuración de los estímulos del mundo real y son más flexibles que otros equipos, permitiendo medir cómo la gente ve los objetos físicos, proyecciones y pantallas de video, en un 60 o 120 Hz preciso de seguimiento proporcionando resultados fiables en un entorno de prueba natural.

Este sistema permite grandes movimientos de la cabeza, proporcionando un entorno de prueba libre de distracciones que aseguran un comportamiento natural, y por lo tanto, los resultados válidos y precisos, características que se tomaron en cuenta para esta elección. El alto grado de exactitud y precisión de la tecnología que presentan estos equipos de seguimiento visual asegura que los resultados de la investigación son fiables. Adicionalmente, el Tobii X120 ofrece una mayor frecuencia de seguimiento para los estudios que requieren datos de la mirada de detalles más finos. El sistema puede funcionar en la mayoría de las computadoras de Windows y configurar el hardware es simple.

El soporte de dispositivo Tobii móvil, en combinación con la cámara de escena incluido con un brazo de montaje ajustable, son otros componentes y están diseñados para poner a prueba los dispositivos móviles utilizando la serie Tobii X60 o X120, el software de análisis Tobii Studio, que proporciona una solución dedicada para pruebas de calidad de seguimiento del ojo eficiente y de alta fiabilidad en dispositivos móviles. La solución permite a los participantes de la prueba interactuar con el dispositivo móvil de una manera natural, creando una experiencia de usuario sin distracciones. Además de los estudios cualitativos, la solución permite agregar más de datos llevando a una investigación cuantitativa, si fuera requerido.

Los equipos de Tobii X60 y X120 son discretos su capacidad para manejar los estudios donde los estímulos no pueden ser identificados con facilidad, estos aparecen en un monitor TFT dando mayor flexibilidad al estudiolizado. Tobii X60 y X120 Eye Trackers están a la venta o para alquiler.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 PROPUESTA DE SELECCIÓN DE EQUIPO EYETRACKER PARA EVALUACIÓN OBJETIVA DE LA USABILIDAD EN DISPOSITIVOS MÓVILES

Una vez presentadas las principales problemáticas en la aplicación de las diferentes técnicas y configuraciones de eyetracking para la evaluación de la usabilidad objetiva en dispositivos móviles. Resulta evidente la necesidad de mejora en las técnicas y equipos específicos para su uso en dispositivos móviles. Sin embargo, uno de los puntos más preocupantes es garantizar la fiabilidad y exhaustividad de los datos cuantitativos sobre el comportamiento visual de los usuarios obtenidos en dichas pruebas.

Los eyetrackers de sobremesa son, con diferencia, los dispositivos de eyetracking más fiables, según la literatura consultada. No obstante, las configuraciones de evaluación hasta ahora empleadas presentan limitaciones que deben ser consideradas, tal y como se ha presentado descrito en este estudio. El presente estudio propone un método ágil y exhaustivo para las pruebas de usabilidad en dispositivos móviles, empleando un equipo exclusivo para de la marca Tobii para la evaluación en Dispositivos móviles

4.1.1 Tipos de Dispositivos que Ofrece la Marca Tobii

La empresa de referencia es Tobii y cuenta con 2 tipos:

- **Los dispositivos montados sobre la cabeza del usuario:** unas gafas que incorporan la cámara y los infrarrojos. Dispositivo adecuado para testear entornos fuera de pantalla, como por ejemplo las estanterías de un supermercado. No es recomendable usarlas para testeo de sitios web.
- **Los dispositivos de seguimiento remoto:** el eyetracker se encuentra fijo y el usuario se sienta frente a él mientras dura la grabación. Son los más comunes y la empresa cuenta con dos modelos:
 - serie **X** (cámara y haz de infrarrojos fuera del monitor)
 - serie **T** (tecnología incorporada dentro del propio monitor)

En nuestro caso escogimos la serie X con los modelos X60 /X120, ya que promete funcionalidad y facilidad en el manejo para la evaluación de dispositivos móviles como es expresado en el capítulo 3 de este estudio.

4.1.2 Planificación del Estudio

El esquema básico de una planificación para un estudio de este tipo sería:

- ✓ Definición del objeto de estudio, qué objetivo se persigue y a qué resultados se quiere llegar;
- ✓ Cálculo realista de la inversión necesaria;

- ✓ Determinar el perfil del usuario con el que van a realizarse los tests, el número de personas y la forma de reclutamiento;
- ✓ Definición de las tareas a testear (script);
- ✓ Planificar qué medidas vamos a obtener del test (métricas);
- ✓ Preparar las encuestas para obtener el feedback de los usuarios;
- ✓ Preparación de la sala (lugar neutro, sin distracciones, agradable, luz adecuada...);
- ✓ Preparar documentación necesaria (guión de la presentación del proyecto, hoja de consentimiento, hojas con tareas redactadas, hojas de observación...)

4.1.3 Ejecución del Estudio

Las principales etapas son:

- Bienvenida y presentación del proyecto
- Encuesta inicial
- Calibración del eye tracker para cada persona
- Realización de las tareas programadas
- Encuestas y entrevistas finales
- Despedida
- Revisión de la grabación
- Revisión de las anotaciones

4.1.4 Análisis de Resultados

- Análisis cualitativo:

Cuando lo que se busca es entender que quieren los usuarios y no se necesitan estadísticas de comportamientos generales de un grupo.

Hay dos técnicas:

1. **Storytelling:** Narrar con palabras lo que ha sucedido en los test de usabilidad (bien el moderador explica sus observaciones, bien el usuario comenta al final sus observaciones)
2. **Live viewing:** Consiste en saber qué ve el usuario, en entender cómo se ha producido la navegación y por qué el usuario ha tomado ciertas decisiones en la web analizada

– Análisis cuantitativo:

Cuando se necesitan estadísticas. Requiere un número de participantes mucho mayor que el que se necesita en un estudio cualitativo.

Es fundamental determinar previamente qué métricas se van a calcular y para qué servirán puesto que un eye tracker puede proporcionar una cantidad inmensa de datos y las métricas posibles también son muchas.

Los resultados se pueden presentar en tres formas distintas:

- ❖ Mapa de calor (heatmap): muestran las zonas en que los usuarios han centrado más su mirada.
- ❖ Mapa de opacidad (gaze opacity map): permite visualizar las zonas efectivamente vistas por los usuarios (las más vistas son transparentes, las menos vistas se cubren con grises semitransparentes y las no vistas se dejan en negro).

- ❖ Mapa de recorrido (gaze plot): muestra el recorrido que ha efectuado la mirada del usuario.

4.1.5 Descripción de Equipo Propuesto

Los EyeTrackers Tobii X60 y X120 son ideales para la prueba visual de folletos físicas, revistas, productos y estantes comerciales, escenas similares que se presentan mejor en una pantalla de proyección o TV. Se utilizan para el estudio de experiencias de usuario de la computadora de mano y Dispositivos móviles, como Smartphones y Tablets. Usos científicos incluyen estudios psicológicos.



Figura No. 4.1 Tobii X60 y X120 -A

Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-x60x120-eye-tracker/>

Consultado: 13/08/2014

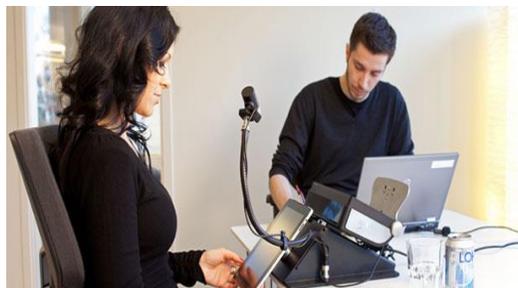


Figura No. 4.2 Tobii X60 y X120-B

Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-x60x120-eye-tracker/>

Consultado: 13/08/2014

El soporte de dispositivo Tobii móvil consiste en un soporte de metal en los que el X60 / X120 Eye Tracker es montado. Su brazo flexible se puede montar en cualquier lado del soporte. La cámara para captar la escena proporcionada, se monta en el brazo flexible. Los dispositivos para la prueba se pueden montar usando una cinta que proporciona el equipo. Los mecanismos rápidos de liberación y suministrados adjuntos dispositivos móviles universales permiten cambiar fácilmente entre diferentes dispositivos móviles durante un estudio. Las mediciones preestablecidas suministradas aceleran la configuración del seguimiento del ojo. El estuche de viaje suministrado se ajusta tanto a la posición y el X60 / X120 Eye Tracker y es diseñado para un fácil transporte de toda la solución.

4.1.5.1 Especificación Técnica

Data rate	60 Hz or 120 Hz*
Latency	30-35 ms
Time to tracking recovery	Average 100 ms
Max gaze angles	35 degrees
Freedom of Head Movement in 60Hz mode	44 x 22 x 30 cm at 70 cm (width x height x depth)
Freedom of Head Movement in 120 Hz mode	30 x 22 x 30 cm at 70 cm (width x height x depth)
Tracker field of view in 60 Hz mode	36 x 22 x 30 cm at 70 cm (width x height x depth)

Tracker field of view in 120 Hz mode	22 x 22 x 30 cm at 70 cm (width x height x depth)
Top head-motion speed	35 cm/second
Weight (excluding case)	~ 3 kg / 7 lbs
Eye tracking technique	Both bright and dark pupil tracking**
Eye tracking firmware	Embedded

El Tobii X120 se puede configurar para funcionar a una velocidad de datos de 60 o 120 Hz. El Mobile Device Tobii X60 / X120 Solución Testing está optimizado para seguimiento de los ojos con reflejos brillantes, lo que reduce en gran medida ruido, pero puede limitar la capacidad de seguimiento de las personas con los ojos muy oscuros o de descendencia asiático.

El soporte de dispositivos móviles permite que los resultados de seguimiento de los ojos muy precisos sobre la mayoría de los dispositivos móviles. La mesa está fabricada con un innovador medio de seguimiento de los ojos, con el sensor de seguimiento de los ojos por encima del estímulo en lugar de abajo como suele ser el caso. Colocación de los rastreadores oculares por encima del dispositivo móvil permite la interacción libre con un dispositivo móvil por el participante sin obstruir los sensores de seguimiento del ojo durante una grabación. Sin embargo, es más difícil hacer un seguimiento de los ojos cuando los participantes están buscando bajo el rastreador ocular por algunas razones básicas que deben ser considerados antes de la realización de un estudio.

4.1.5.2 Consideraciones para el Uso

✓ **PESTAÑAS**

Pestañas pueden ser obstructiva cuando los estímulos de eye tracking sobre el rastreador ocular como ojos efectuadas por los participantes serán menos abierta al mirar hacia abajo. La interferencia o ruido en los datos causados por las pestañas se pueden reducir en gran medida mediante el uso de la vista tracker's Alumno brillante (o modo Visibilidad Baja Diode). En casos raros las pestañas pueden bloquear completamente la vista de los alumnos del participante, haciendo el seguimiento de los ojos imposible.

✓ **PÁRPADOS CAÍDOS**

Si los participantes tienen párpados caídos o de otra manera párpados obstructivos, el rastreador ocular puede no ser capaz de rastrear correctamente, esto puede ser el caso de algunas personas de edad avanzada, por ejemplo.

✓ **GAFAS**

Algunos vidrios tales como bi-focales o con lllantas gruesas o vidrio grueso pueden limitar la capacidad de seguir una persona que los usa o causar desfases en los datos. Para el dispositivo móvil colocamos se recomienda utilizar el modo de diodo de baja visibilidad que trabaja menos robusto con gafas. Esto es porque el tipo de iluminación de infrarrojos utilizado para el seguimiento de los ojos (Bright iluminación pupila) puede ser reflejada directamente hacia atrás y afecta ni a la calidad o la trazabilidad de datos.

✓ **LOS PARTICIPANTES CON OJOS BRILLANTES U OSCUROS**

La respuesta de seguimiento del ojo reducida Trazabilidad reducido se puede experimentar con las personas con ojos muy oscuros y los de ascendencia asiática al utilizar seguimiento de los ojos brillante alumno. Cuando se utiliza el rastreador ocular sin el Alumno brillante / modo Visibilidad Baja diodo activa el rastreador ocular debe seleccionar automáticamente el modo oscuro Alumno. Esto permite el seguimiento de los ojos, pero más ruido se puede esperar en los datos en comparación con cuando se utiliza el modo de Baja Visibilidad diodo.

4.1.5.3 Tamaño de los Dispositivos Móviles

El soporte de dispositivos móviles puede adaptarse a una amplia variedad de dispositivos móviles, como los dispositivos de tableta o de pizarra, así como los dispositivos más pequeños como teléfonos inteligentes. El stand cuenta con tres modos de funcionamiento principales:

- Dispositivos móviles pequeños - hasta 5 "de pantalla
- Dispositivos móviles grandes - hasta 10 "pantalla
- Movimiento de la mano libre - hasta 10 "de pantalla



Figura No. 4.3 Tobii X60 y X120-C

Fuente: <http://www.tobii.com/en/eye-tracking-research/global/products/hardware/tobii-x60x120-eye-tracker/>

Consultado: 13/08/2014

4.1.5.4 Condiciones del Entorno a Utilizar el Equipo

Para las condiciones óptimas de seguimiento ocular, siga las recomendaciones a continuación:

- Evite la luz solar natural. Radiación infrarroja de la luz solar puede interferir con el seguimiento de los ojos. Idealmente, el Soporte de dispositivos móviles se utiliza en una habitación sin luz natural, sólo fluorescentes (iluminación de la oficina) o iluminación incandescente indirecta, sin puntos de iluminación halógena se debe utilizar, ya que podrían también causa interferencia.
- Utilice una silla y / o mesa que se puede ajustar en altura. Al determinar la posición ideal para cada participante. Muy participantes bajas o altas podrían de otro modo sería difícil de conseguir la posición correcta.
- Utilice una tabla que permite suficiente espacio para el soporte de dispositivos móviles, así como espacio para participantes para descansar sus brazos. Observe

también que el participante debe colocarse entre 55-70 cm desde la parte frontal del seguidor de ojos para el seguimiento óptimo.

CONCLUSIONES

1. Como se ha descrito a lo largo del presente estudio, las técnicas de eyetracking ofrecen información exclusiva y de gran valor para comprender el comportamiento de los usuarios y así poder evaluar el diseño de interfaces en entornos móviles. No obstante, no deja de ser una herramienta que requiere del evaluador suficientes conocimientos sobre psicología cognitiva como para poder extraer el verdadero significado de los resultados obtenidos.
2. Aunque esta tecnología recibe cada vez mayor atención desde el ámbito de la práctica profesional de la usabilidad, aún no parece haberse normalizado su uso, e incluso desde algunos sectores se pone en duda su utilidad real. La razón de esta situación parece encontrarse principalmente en el esfuerzo necesario para extraer e interpretar correctamente los datos obtenidos.
3. En la investigación científica en Interacción Persona- Ordenador, por el contrario, se pueda apreciar un significativo aumento de estudios en los últimos años que hacen uso de esta herramienta, motivado seguramente por la mejora técnica que recientemente han experimentado las soluciones comerciales de eyetracking.
4. Con la disminución progresiva del costo de estas soluciones, ya que tienen un elevado costo el uso de esta tecnología, y el aumento de la formación de los profesionales de la usabilidad sobre estas tecnologías emergentes, es previsible que

en los próximos años también se produzca un uso cada vez más generalizado del eyetracking en el ámbito profesional de la experiencia del usuario y en muchas áreas del conocimiento.

5. El eyetracking es sin duda alguna, una herramienta de medida con gran potencial que si e emplea en un diseño correcto, se analiza de forma precisa y se extraen conclusiones adecuadas puede aportar una gran cantidad de información. Pero debemos ser cautos a la hora de utilizar estas tecnologías porque no están exentas de limitaciones.

6. La Real Academia Española de la Lengua define el término mirar como: “Dirigir la vista a un objeto” mientras que ver se define como: “Percibir por los ojos los objetos mediante la acción de la luz” En base a la realización de este estudio de estas dos definiciones podemos extraer que un aparato eyetracker no mide lo que el sujeto ve si no lo que mira y esta diminuta diferencia resulta de vital importancia a la hora de extraer conclusiones.

RECOMENDACIONES

1. Como trabajo futuro, se plantea considerar que sienten o piensan los usuarios mientras miran o accionan una interacción con un dispositivo móvil. Esto se puede lograr al usar elementos de neurotecnología, como electrodos que miden que zona del cerebro se excita más cuando una persona ejecuta una acción a través de un dispositivo móvil. Emtiv.com es una empresa que ofrece este tipo de aparatos a bajo costo, para la realización de investigaciones de estas magnitudes.
2. Las investigaciones de técnicas de eyetracking aplicadas al sector educativo ha sido muy reservado su uso, aunque promete un gran potencial, ya que este proporciona un gran ámbito de información sobre los elementos que un estudiante observa dentro de una unidad de aprendizaje, un ejercicio interactivo en línea, hasta un examen virtual. Esto permitiría determinar las fijaciones que el estudiante realice sobre el material, obteniendo información relevante sobre los elementos que se desarrollan. Así mismo, esto podría detectar no solo problemas de usabilidad en cuanto a la navegación de los materiales en entorno virtuales, sino posibles problemas que dificulten el aprendizaje de los estudiantes.
3. Esta tecnología, ofrece muchas posibilidades a estudios de este tipo que aportan datos que de otro modo no se podrían conocer. Considerar este tipo de experiencias es útil para los diseñadores de Dispositivos Móviles a la hora de realizar un diseño funcional y atractivo. Como última puntualización destacar el hecho de que puede

ser interesante proponer nuevos estudios que utilicen esta tecnología ya que es un tema interesante. Un estudio podría ser la aplicación del dispositivo MobileEye investigando nuevos elementos que faciliten la calibración y ajuste del dispositivo al usuario.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gartner Inc. Report. Market Share: Mobile Devices by Region and Country 2011. Retrieved in February, 2012, from Gartner reports. Disponible en:
<http://www.gartner.com/DisplayDocument?ref=clientFriendlyUrl&id=1923316>
- [2] Nah, F.F., Siau, K., and Sheng, H. The Value of Mobile Applications: A Utility Company Study. *Communications of the ACM* (48:2) 2005, pp. 85-90.
- [3] Nielsen, J. *Usability Engineering*. AP Professional, New York, 1993.
- [4] Shackel, B. Usability- Context, Framework, Design and Evaluation, in: *Human Factors for Informatics Usability*, B. Shackel and S. Richardson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1991, pp. 21-38.
- [5] International Organization for Standardization. ISO 9241-11:1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)-Part 11: Guidance on usability, 1998. Disponible en:
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883
- [6] Shackel, B. "Usability- Context, Framework, Design and Evaluation," in: *Human Factors for Informatics Usability*, B. Shackel and S. Richardson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1991, pp. 21-38.
- [7] International Organization for Standardization. ISO 9126-1:2001. Software engineering – Product quality, Part 1: Quality model, 2001. Revised in 2011. Disponible en:
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22749
- [8] Nielsen, J. 1994. Heuristic evaluation: How to conduct a heuristic evaluation. In Nielsen, J., and Mack, R.L. (Eds.), *Usability Inspection Methods*. John Wiley & Sons, New York, NY. Disponible en: http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_evaluation.html
- [9] Dykstra, D. J. 1993. A Comparison of Heuristic Evaluation and Usability Testing: The Efficacy of a Domain-Specific Heuristic Checklist. Ph.D. diss., Department of Industrial Engineering, Texas A&M University, College Station, TX.
- [10] Hwang, W. and Salvendy, G. Number of people required for usability evaluation: the 10±2 rule. *Commun. ACM* 53, 5 (may 2010), pp. 130–133.
- [11] Nielsen, J. y Landauer, T. K. A mathematical model of the finding of usability problems. *Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference* (Amsterdam, The Netherlands, 24-29 April 1993), pp. 206-213.

- [12] Nielsen, J. and Pernice, K. Eyetracking Web Usability. Nielsen Norman Group and Pearson Education, 1st edition, 2010, USA.
- [13] Poole, A. and Ball, L. J. 2007. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects, in Ghaoui. Encyclopedia of Human Computer Interaction. Ed. Idea Group, UK.
- [14] Baz Alonso, A., Ferreira Artime, I., Álvarez Rodríguez, M. y García Baniello, R. Dispositivos Móviles. 2009. Memorias de E.P.S.I.G. de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de Oviedo. Disponible en: <http://156.35.151.9/~smi/5tm/09trabajos-sistemas/1/Memoria.pdf>
- [15] Lorés, J. y Gimeno, J.M. Metáforas, estilos y paradigmas. 2001. Universitat de Lleida. Aipo. Disponible en: <http://www.aipo.es/libro/pdf/03Metafo.pdf>
- [16] Dix, A., Rodden, T., Davies, N., Trevor, J., Friday, A., & Palfreyman, K. (2000). Exploiting space and location as a design framework for interactive mobile systems. ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 7, pp. 285 – 321. ACM Digital Library.
- [17] Kjeldskov, J. Graham, C., Pedell, S., Vetere, F., Howard, S., Balbo, R. and Davies, J. (2005). Evaluating the Usability of a Mobile Guide: The Influence of Location, Participants and Resources. Journal of the Behavior and Information Technology, 24, pp. 51-65.
- [18] Norlien, M.J., An Investigation of Usability Issues with Mobile Systems Using a Mobile Eye Tracker, Information and Communication Technology M.Sc. thesis. Supervisors: Jameson, A. and Rohr, K. Department of Computer Sciences. International University in Germany. August, 2002.
- [19] Kjeldskov, J., and Graham, C. A Review of MobileHCI Research Methods, The 5th International Mobile HCI 2003 conference, Berlin, Springer-Verlag, Udine, Italy, 2003, pp. 317-335.
- [20] Cheng. S. The Research Framework of Eyetracking Based Mobile Device Usability Evaluation. In PETMEI'11 (Beijing, China, 2011). ACM, pp. 21-26.
- [21] Po S., Howard S., Vetere F. and Skov M., Heuristic evaluation and mobile usability: bridging the realism gap. In: Brewster, S. and Dunlop, M. Eds., Mobile HCI 2004, 2004, pp. 49–60.
- [22] Varsaluoma, J., Scenarios in the Heuristic Evaluation of Mobile Devices: Emphasizing the Context of Use. M. Kurosu (Ed.): Human Centered Design, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009, pp. 332-341.

- [23] Po, S., Howard, S., Vetere, F. and Skov, M.B., Heuristic Evaluation and Mobile Usability: Bridging the Realism Gap. S. Brewster and M. Dunlop (Eds.): MobileHCI, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2004, pp. 49-60.
- [24] Bertini, E., Gabrielli, S. and Kimani, S. Appropriating and Assessing Heuristics for Mobile Computing. Proceedings in AVI'06, May 23-26, 2006. Venezia (Italy), ACM, 2006.
- [25] Ji, Y.G., Park, J.H., Lee, C. and Yun, M.H., A Usability Checklist for the Usability Evaluation of Mobile Phone User Interface. International Journal of Human-Computer Interaction. 2006, 20(3), pp. 207-231.
- [26] Kjeldskowv, J., Graham, C., Pedell, S., Vetere, F., Howard, S., Balbo, S. and Davies, J. Evaluating the Usability of a Mobile Guide: The Influence of Location, Participant and Resources. Behaviour & Information Technology, Vol 24(1), Jan-Feb 2005, pp. 51-65.
- [27] Nielsen Norman Group Report. Usability of Mobile Websites & Applications: 237 Design Guidelines for Improving the User Experience of Mobile Sites and Apps. NN/g Ed. 2nd Edition. 2011.
- [28] Shrestha, S., Mobile Web Browsing: Usability Study. Proceedings of Mobility'07, September 10-12, 2007, Singapore. ACM Press, pp. 187-194.
- [29] Costa, C.J., Novais-Silva, J.P. and Aparicio, M., Evaluating Web Usability Using Small Devices. Proceedings of SIGDOC, October 22-24, 2007. ACM Press, pp. 263-268.
- [30] Triantafillou, E., Georgiadou, E. and Economides, A.A., The design and evaluation of a computerized adaptive test on mobile devices. Elsevier, Computers & Education, 50 (2008), pp. 13918-13360.
- [31] Been-Lirn, H., Duh, Usability Evaluation for Mobile Device: A Comparison of Laboratory and Field Tests. In MobileHCI'06 (Helsinki, Finland, 2006). ACM, pp. 181-186.
- [32] Elzakker, C., Delikostidis, I. and Oosterom, P. Field-Based Usability Evaluation Methodology for Mobile Geo-Applications. The Cartographic Journal, Maney Publishing, 45 (2), pp. 139-149.
- [33] Kaikkonen A., Kekäläinen A., Kallio T., Kankainen A. and Cankar M., Usability testing of mobile applications: a comparison between laboratory and field testing. In: Journal of Usability Studies, 1 (1), UPA, November 2005, pp. 4–16. Disponible en: http://www.usabilityprofessionals.org/upa_publications/upa_monthly/upamonthly_05-11.html
- [34] Nielsen, C.M., Overgaard, M., Pedersen, M.B., Stage, J. and Stenild, S. It's Worth the Hassle! The Added Value of Evaluating the Usability of Mobile Systems in the Field. In NordiCHI'06, (Oslo, Norway, 2006). ACM, pp. 272-280.

[35] Duh H. B.L., Tan G. C. and Chen V. H. H., Usability evaluation for mobile device: a comparison of laboratory and field tests. Proceedings of Mobile HCI 2006, ACM Press, 2006, pp. 181–186.

[36] Schusteritsch, R., Wei, C.Y. and LaRosa, M. Towards the Perfect Infrastructure for Usability Testing on Mobile Devices. In CHI'07, (San Jose, California, USA). ACM, 1839-1844.

[37] Tobii Technology. WhitePaper: Using Eye Tracking to Test Mobile Devices. What to consider and how to set it up. Retrieved January 27, 2010, from Tobii's manuals. Disponible en: http://www.tobii.com/Global/Analysis/Training/WhitePapers/Tobii_Using_EyeTracking_to_Test_Mobile_Devices_WhitePaper.pdf

[38] Dray, S. and Siegel D.A. Remote Possibilities? International Usability Testing at Distance. Dray & Associates, Inc. Interactions March-April, ACM, 2004.

[39] Thompson, K.E., Rozanski, E.P. and Haake, A.R. Here, There, Anywhere: Remote Usability Testing that Works. In SIGITE'04, (Salt Lake City, Utah, USA). ACM, 132-137.

[40] Waterson, S., Landlay, J.A. and Matthews, T., In the Lab and Out in the Wild: Remote Web Usability Testing for Mobile Devices. In CHI'02, (Minneapolis, Minnesota, USA). ACM, 796-797.

[41] Miluzzo, E., Wang, T. and Campbell, A.T. 2010. EyePhone: Activating Mobile Phones With Your Eyes. In MobiHeld 2010. (New Delhi, India, 2010). ACM, 15-20.

[42] Brone, G., Oben B. and Goedeme, T. 2011. Towards a more effective method for analyzing mobile eye-tracking data: integrating gaze data with object recognition algorithms. Proceeding of PETMEI'11 (Beijing, China, 2011), 1-4.

[43] Ohno, T., Mukawa, N. y Yoshikawa, A. 2002. FreeGaze: A Gaze Tracking System for Everyday Gaze Interaction. NTT Communication Science Laboratories, NTT Corporation. Disponible en: <http://www.brl.ntt.co.jp/people/takehiko/papers/etra2002.pdf>

[44] Winfield, D., Li, D., Babcock, J., Parkhurst, D. J. (2005). Towards an open-hardware open-software toolkit for robust low-cost eye tracking in HCI applications. Iowa State University Human Computer Interaction Technical Report ISU-HCI-2005-04.

[45] Tobii Technology AB. Testing Mobile Devices with Tobii Eye Trackers – Setup Guide. Retrieved February 23, 2010, from Tobii's manuals. Disponible en: http://www.tobii.com/Global/Analysis/Training/WhitePapers/Tobii_Using_EyeTracking_To_Test_Mobile_Devices_SetupGuide.pdf