

## El estado del arte de la evaluación automática de Interfaces de Usuario

### The state of the art of automatic evaluation of User Interfaces

Jenny Ruiz de la Peña<sup>1</sup>, Susel Matos Claro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Holguín, Cuba, [jruizp@uho.edu.cu](mailto:jruizp@uho.edu.cu), <sup>2</sup>Universidad de Holguín, [smatosc@uho.edu.cu](mailto:smatosc@uho.edu.cu)

#### RESUMEN

En los últimos años, el desarrollo de sistemas interactivos ha cobrado vital importancia. Las Interfaces de Usuario (IU) juegan un papel clave en el desarrollo de estos sistemas dado que son las encargadas de permitir el acceso a los mismos. Su evaluación es un aspecto de creciente importancia en el proceso de diseño de IU e incluye variados métodos que pueden ser aplicados en diversas situaciones. Al mismo tiempo, la evaluación de la usabilidad de las IU puede ser costosa en términos de tiempo y recursos humanos por lo que es necesario determinar formas de mejorar este proceso. Es por ello, que cualquier grado de automatización en el proceso tiene grandes beneficios. El objetivo de esta investigación es analizar el estado del arte en la evaluación automática de IU, enfocado en los tipos de IU evaluadas, métodos de evaluación, técnicas y nivel de automatización. En este contexto, se condujo una Revisión Sistemática de la Literatura para determinar los enfoques existentes que realizan evaluación automática o semi-automática de IU en la última década. El estudio realizado permitió identificar brechas en el estado del arte y definir futuras áreas de investigación para mejorar el estado actual de la evaluación automática de IU. La simulación, el uso de técnicas de inteligencia artificial e ingeniería dirigida por modelos son ejemplos de áreas promisorias para perfeccionar la evaluación de IU.

Palabras clave: interfaz de usuario; evaluación de usabilidad; evaluación automática de interfaz de usuario.

#### ABSTRACT

In the last years, the importance of the development of interactive systems has increased. User Interfaces (UI) plays a key role in the software development process since they connect the end users with the systems. The UI evaluation is an aspect of great importance in the design process of UI and includes several methods that can be applied in many situations. At the same time, the usability evaluation of UI can be costly in terms of time and human resources and it is necessary to investigate ways to improve it. Therefore, any degree of automation in this process has clear benefits. The goal of this investigation is to analyze the state of the art of automatic evaluation of UI, focused on what type of UI are evaluated, what methods and techniques are used and the automation level of the analyzed approaches. In this context, a Systematic Literature Review was conducted to determine the existent approaches that evaluates the UI automatically or semi-automatically in the last decade. This study allowed identifying research gaps in the state of the art and defining future lines of investigation to improve the current state of automatic evaluation of UI. Simulation, the use of artificial intelligence techniques and model-driven engineering are examples of promising areas to improve the evaluation of UI.

Keywords: user interface; usability evaluation; automatic user interface evaluation.

#### 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el desarrollo de sistemas interactivos usables y útiles a la vez ha cobrado vital importancia (Akiki, Bandara, & Yu, 2015; Hentati, Ammar, Trabelsi, & Mahfoudhi, 2016). Las Interfaces de Usuario (IU) juegan un papel clave en el desarrollo de estos sistemas dado que son las encargadas de

permitir el acceso a los mismos. La usabilidad es un factor clave para el desarrollo de las Interfaces de Usuario. La usabilidad ha sido definida por la ISO como el grado con que un producto o sistema puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso dado (ISO 9241-11, n.d.). La dificultad o facilidad que experimenten los usuarios al interactuar con las aplicaciones determinará su éxito o fracaso (Insfran & Fernandez, 2008). Como consecuencia, una gran proporción de tiempo, presupuesto, código generado, es dedicada al desarrollo de Interfaces de Usuario.

Debido a la importancia que han cobrado las IU y su usabilidad, es necesario que existan métodos para su evaluación y tecnologías que la soporten. El desarrollo de IU usables ha motivado el surgimiento de una variedad de técnicas, métodos y herramientas para su evaluación. La evaluación de IU, como parte de su desarrollo, requiere tiempo y esfuerzo, lo que garantiza que se obtenga como resultado un sistema usable y útil. Por otro lado, usualmente, la evaluación de las IU requiere expertos y usuarios finales. Es por ello, que cualquier grado de automatización en el proceso tiene grandes beneficios en este ámbito (Alemerien & Magel, 2015).

Debido al incremento en el auge del estudio de la usabilidad varias herramientas y enfoques han sido desarrollados para la evaluación automática o semi-automática de las IU. Desafortunadamente, aún es necesaria una evolución acorde con las nuevas exigencias de las tecnologías actuales. Esto ha conllevado al surgimiento de nuevos retos en la evaluación automática de IU (Schiavone & Paternò, 2015). En este contexto, se condujo una Revisión Sistemática de la Literatura (SLR, por sus siglas en inglés) para determinar los enfoques existentes que realizan evaluación automática de IU en la última década. El estudio realizado permitió identificar brechas en el estado del arte y definir futuras áreas de investigación para mejorar el estado actual de la evaluación automática de IU.

Este artículo está organizado de la forma siguiente. La Sección 2 analiza los trabajos relacionados con la evaluación automática de IU. La Sección 3 presenta el protocolo utilizado para realizar el análisis del estado del arte en esta temática. La Sección 4 describe los resultados de la revisión de la literatura. La Sección 5 presenta las conclusiones y sugiere áreas para futuras investigaciones.

## 2. TRABAJOS RELACIONADOS

Un número de estudios se ha centrado en la comparación de métodos de evaluación de usabilidad que han sido reportados en los últimos años (Alva, Ch, & López, 2003; Ivory & Hearst, 2001). La mayoría de los estudios están centrados en la evaluación de la usabilidad de aplicaciones Web.

Uno de los estudios más completos es el presentado por (Ivory & Hearst, 2001). Estos autores proponen una taxonomía que fue aplicada a 128 métodos de evaluación. Evalúa el grado de automatización en los métodos analizados y determina retos potenciales para la evaluación automática de IU. El estudio realizado por (Alva et al., 2003) presenta una evaluación de siete métodos y herramientas para la evaluación de usabilidad en productos de software y artefactos para la Web. El propósito de este estudio fue determinar el grado de similitud entre estos métodos y los principios definidos en el estándar ISO 9241-11. (Batra & Bishu, 2007) reportan resultados obtenidos con dos estudios de evaluación de usabilidad para aplicaciones Web. Estos autores compararon la eficiencia y la efectividad entre la evaluación heurística y las pruebas de usuario. Los resultados mostraron que ambos métodos están orientados a problemas de usabilidad diferentes y que son eficientes y efectivos para la evaluación de aplicaciones Web de igual forma.

(Insfran & Fernandez, 2008) realizaron una SLR con respecto a métodos de evaluación de usabilidad para el desarrollo Web. Estos autores investigaron qué métodos se han desarrollado específicamente para evaluar artefactos Web y cómo han sido empelados. Como resultado, determinaron que el método más empleado es la prueba de usuarios. Una brecha determinada durante la investigación fue que el 80% de las evaluaciones se realizan durante la fase de implementación y casi la mitad de las investigaciones no presentan ninguna validación de los métodos de evaluación de usabilidad empleados.

Aun cuando varias comparaciones sobre métodos de usabilidad han sido reportadas en la literatura, los autores de esta investigación no han determinado la existencia de una revisión de la literatura en el campo de la evaluación automática de usabilidad que actualice los métodos, técnicas y herramientas usadas en

los últimos años. La mayoría de los estudios realizados actuales son estudios específicos para tipos de IU, métodos de evaluación, especialmente orientados a aplicaciones Web.

### 3. METODOLOGÍA

Una Revisión Sistemática de la Literatura es considerada un método confiable y válido para identificar y sintetizar trabajos existentes (Sboui & Ayed, 2016). En esta investigación se desarrolló una SLR con el propósito de determinar investigaciones relevantes en el campo de la evaluación automática de la usabilidad de IU a partir de las pautas propuestas por (Kitchenham & Charters, 2007). Las pautas propuestas por estos autores plantean desarrollar la SLR en tres fases: planeación, conducción y presentación de resultados.

#### *Planeación de la SLR*

El objetivo de esta investigación es examinar el estado actual de la literatura con respecto a la evaluación automática de la usabilidad y responder las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué técnicas generales son utilizadas en la evaluación automática de la usabilidad?
2. ¿Qué técnicas de usabilidad son empleadas en la evaluación automática?
3. ¿Qué nivel de automatización es logrado en las investigaciones analizadas?
4. ¿Qué tipos de IU son evaluadas?

La Revisión Sistemática de la Literatura se realizó en la base de datos Scopus, una de las más grandes bases de datos de literatura revisada por pares. Se identificaron las palabras clave y la cadena de búsqueda, construidas a partir de las preguntas de investigación. Se realizó una búsqueda tradicional, a partir de la cual se obtuvieron trabajos relacionados con las preguntas de investigación. Estos trabajos fueron estudiados para determinar los términos de búsqueda más apropiados. Los términos de búsqueda fueron validados y completados por dos investigadores expertos en el área. La cadena de búsqueda utilizada fue **TITLE-ABS-KEY** (( automatic) AND usability AND (evaluation OR study OR experiment)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENGI")).

Con el objetivo de determinar la calidad de la búsqueda se chequeó que investigaciones que se conocía eran relevantes en este campo de investigación (por ejemplo (Hedegaard & Simonsen, 2014; Navarro, Hillmann, Möller, Ruiz, & Pérez, 2014)) aparecieran en los resultados obtenidos al utilizar esta cadena de búsqueda.

#### *Presentación de resultados*

La búsqueda resultó en una colección de 418 documentos que datan desde el año 2009 hasta el año 2019. Se utilizaron varios criterios de inclusión y exclusión de modo tal que no solo permitieran identificar otras revisiones existentes en la literatura, sino también la selección de artículos que presentaran métodos, técnicas, herramientas para la evaluación automática de la usabilidad de IU. Los criterios de inclusión y exclusión se muestran a continuación:

- Criterios de inclusión:
  - Artículos que presentan una revisión de la literatura sobre evaluación de usabilidad.
  - Artículos que describen un método para la evaluación de usabilidad.
  - Artículos que describen una técnica para la evaluación de usabilidad.
  - Artículos que describen una herramienta para la evaluación de usabilidad.

- Criterios de exclusión:
  - Artículos que analizan métodos, técnicas o herramientas en un estado inicial de desarrollo.
  - Artículos que analizan métodos, técnicas o herramientas para la evaluación no automática.
  - Compendio de memorias de artículos presentados en conferencias.
  - Artículos para los cuales no hay acceso.
  - Artículos que trabajan en función de incrementar la usabilidad pero no de evaluarla.

Basados en estos criterios se analizaron 418 artículos. Fueron rechazados 371 artículos, 45 artículos fueron aceptados y 2 artículos se encontraban duplicados. La Tabla 1 muestra la cantidad de artículos rechazados a partir de los criterios de exclusión utilizados.

**Tabla 1. Número de artículos rechazados de acuerdo con los criterios de exclusión**

CAUSA	CANTIDAD
Estado inicial de desarrollo	5
Evaluación no automática	262
Compendio de memorias	39
Sin acceso	3
Para incremento de usabilidad (no evaluación)	62
<b>Total</b>	<b>371</b>

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

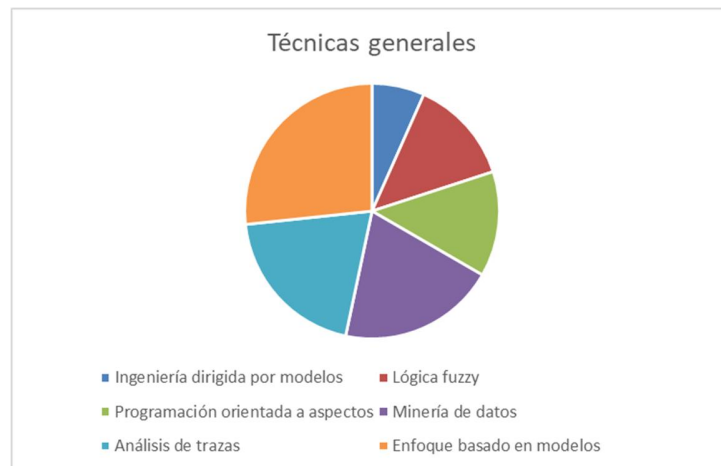
Esta sección presenta los resultados obtenidos en la SLR para dar respuesta a las preguntas de investigación. Debido a que esta investigación se centra en la última década, para determinar los avances en la evaluación de la usabilidad, se analizó cómo se comportó la cantidad de publicaciones en esos años. La Figura 1 muestra este comportamiento. Aun cuando diversos autores han publicado una gran cantidad de artículos sobre la evaluación de la usabilidad, no muchos de ellos están centrados en la evaluación automática: 262 artículos en esta década investigan la evaluación de usabilidad sin incorporar ningún nivel de automatización, 26.2 artículos por año como promedio (véase Tabla 1), mientras que el promedio de artículos que tratan la evaluación automática es de 4.09, con un máximo de 6 artículos en los años 2009, 2017 y 2018. No obstante, el presente año 2019 recién comienza y de repetirse este estudio, la cantidad de artículos debe aumentar.



**Figura 1. Cantidad de publicaciones distribuidas por año.**

Para dar respuesta a la primera pregunta de investigación **¿Qué técnicas generales son utilizadas en la evaluación automática de la usabilidad?** se analizó en detalle cada uno de los artículos. La Figura 2

muestra las técnicas utilizadas. Como puede apreciarse, los enfoques basados en modelos son los más utilizados, seguidos del análisis de trazas y de la minería de datos.



**Figura 2. Técnicas generales usadas en la evaluación automática de usabilidad.**

- El enfoque basado en modelos es usado por (de Oliveira, Lepreux, Kolski, & Seffah, 2014; Jarraya & Moussa, 2018; Kristoffersen, 2009; Navarro et al., 2014). (Jarraya & Moussa, 2018) propone una solución para monitorear la interacción entre usuarios y sistemas basada en una evaluación de la usabilidad, continua, en tiempo real. La herramienta propuesta tiene la capacidad de registrar las actividades de los usuarios utilizando el lenguaje de Redes Petri, mientras que se realiza la interacción entre el usuario y el sistema. La identificación de las desviaciones en la usabilidad se detectan a partir de lo que se asume en un modelo de tareas previamente definido para ser comparado con las actividades de los usuarios. (Navarro et al., 2014) propone la herramienta basada en modelos PALADIN, que describe la secuencia de interacción multi-modal. Para ello define una notación común para describir la interacción en diversos contextos multi-modales con un marco de trabajo que compara la usabilidad de los distintos sistemas. (Kristoffersen, 2009) utiliza este enfoque basado en una especificación estructurada de IU. Estos autores proponen requerimientos necesarios para los formalismos de la usabilidad en enfoques basados en modelos. Mientras algunos autores proponen la evaluación de la usabilidad al evaluar las interacciones que ocurren, (de Oliveira et al., 2014) en cambio propone la evaluación de la usabilidad de forma predictiva. Para ello, los autores proponen un enfoque basado en modelos que usa medidas de usabilidad. Las medidas constituyen la esencia del marco de trabajo para la predicción de la usabilidad que puede ser adaptada a modelos de tareas, usuarios, conceptuales.
- El análisis de trazas es utilizado (Paternò, F., Schiavone, A.G., Conte, 2017; Santana, G.A., Pansanato, 2011; Vargas, A., Weffers, H., Da Rocha, 2011). Estos autores realizan una evaluación de usabilidad de forma remota a partir del análisis del comportamiento diario de los usuarios registrados en las trazas. Las herramientas identifican problemas potenciales de usabilidad a través del análisis de las trazas de la interacción específicamente en aplicaciones Web móviles (Paternò, F., Schiavone, A.G., Conte, 2017; Vargas, A., Weffers, H., Da Rocha, 2011) y aplicaciones Web (Santana, G.A., Pansanato, 2011). La herramienta propuesta en (Paternò, F., Schiavone, A.G., Conte, 2017) también les permite a los evaluadores añadir nuevos comportamientos a ser analizados no incluidos en el conjunto original.
- La minería de datos es empleada por (El-Halees, 2014; Hedegaard & Simonsen, 2014). (El-Halees, 2014) propone la minería de opiniones como técnica automática para evaluar la usabilidad subjetiva. El modelo extrae conocimiento a partir de las opiniones de los usuarios para mejorar la usabilidad de los sistemas analizados. En (Hedegaard & Simonsen, 2014) se propone una

metodología para construir herramientas de extracción automática de problemas de usabilidad. Para validar las herramientas que pueden ser construidas con esta metodología los autores proponen entrenar una serie de clasificadores para extraer los problemas de usabilidad y los comparan con aquellos encontrados utilizando dos métodos tradicionales: la evaluación heurística y las pruebas de pensamiento en voz alta.

- La programación orientada a aspectos ha sido utilizada por (Casas, Trejo, & Farias, 2016) para la evaluación de la usabilidad. Estos autores proponen la herramienta AJMU para evaluar tareas de usuarios en aplicaciones de escritorio. (Shekh & Tyerman, 2009) describe el desarrollo de una herramienta basada en programación orientada a aspectos que puede ser dinámicamente configurada para capturar eventos específicos. Este tipo de enfoque ayuda a los no-programadores en la conducción de la evaluación automática de la usabilidad sin necesidad de la modificación del software.
- La lógica difusa es empleada por (Chaudhary & Sangwan, 2015; Kallel, Jouili, & Ezzedine, 2017). (Chaudhary & Sangwan, 2015) propone la combinación de la evaluación automática de usabilidad con la evaluación manual para calcular medidas como la complejidad estructural y la usabilidad de sitios Web. A partir de estos resultados proponen un modelo difuso para la evaluación de la usabilidad. (Kallel et al., 2017) propone un mecanismo para la evaluación de la interacción hombre-computadora y una herramienta automática dedicada a la evaluación de sistemas interactivos complejos basada en lógica difusa.
- La ingeniería dirigida por modelos es utilizada en menor medida por (Molina & Toval, 2009). Estos autores proponen reducir los fallos de calidad detectados a partir de la evaluación de atributos de calidad en etapas tempranas del proceso de desarrollo. Este enfoque utiliza un meta-modelo de requerimientos. Una vez que los requerimientos han sido identificados, el enfoque se centra en la extensión de modelos conceptuales usados por las metodologías de ingeniería Web con el propósito de considerar explícitamente los requerimientos de usabilidad.

En cuanto a la segunda pregunta de investigación **¿Qué técnicas de usabilidad son empleadas en la evaluación automática?** se observa que se utilizan en mayor medida las líneas guías de usabilidad, aunque los patrones de usabilidad y evaluación heurística también son empleados en la evaluación automática de la usabilidad.

- El ambiente A4U, desarrollado por (do Amaral, de Mattos Fortes, & Bittar, 2018), analiza resultados de pruebas de accesibilidad y usabilidad utilizando líneas guías. Este enfoque permite una evaluación humana, al mismo tiempo que incluye resultados de evaluación generados por herramientas semi-automáticas.
- De igual modo, MAUVE es un sistema para la evaluación de la usabilidad y accesibilidad de aplicaciones Web (Schiafone & Paternò, 2015). Esta herramienta se caracteriza por la posibilidad de especificar y actualizar las líneas guías que se desea validar sin necesidad de realizar cambios en la misma. Está basada en un lenguaje XML para la definición de líneas guías para aplicaciones Web.
- En (Benaïda, M., Namoun, 2018) se reporta el uso de las herramientas Web page analyser y GTMetrix que permiten la evaluación de aplicaciones Web con respecto a líneas guías y criterios bien conocidos para aplicaciones Web educativas.
- MenuErgo (Khaddam, I., Bouzit, S., Calvary, G., Chêne, 2016) es un sistema para el diseño de barras de menú y submenús de IU gráficas con una evaluación automática de líneas guías de usabilidad para menús de acuerdo con cuatro estrategias: una estrategia activa iniciada por el sistema, una estrategia pasiva iniciada por el diseñador, una estrategia mixta y una estrategia a partir de unidades conceptuales basadas en un dominio semántico.
- (Dhouib, A., Trabelsi, A., Abdallah, 2013) presentan una herramienta para la evaluación automática de sistemas interactivos (WIMP y Web). La herramienta está basada en servicios Web, cada uno de los cuales utiliza un grupo de líneas guías de usabilidad para evaluar controles gráficos. El uso



de servicios Web permite un manejo de las líneas guías independiente del mecanismo de implementación.

- (Vigo, M., Leporini, B., Paternò, 2009) combina el uso de líneas guías con la anotación de vínculos. La herramienta evalúa las líneas guías y como resultado se realizan anotaciones con un valor que indica cómo han sido aplicadas las líneas guías en la aplicación Web para usuarios ciegos.
- En (Dias, F., Paiva, 2017) se combina el uso de líneas guías y patrones de pruebas de usabilidad para su evaluación automática. Estos autores presentan un enfoque que define estrategias de pruebas genéricas (patrones de prueba) para evaluar las líneas de usabilidad. Para ello, extienden el lenguaje PBGT's PARADIGM con patrones de pruebas de usabilidad de modo que sea posible construir modelos de prueba a partir de pruebas de usabilidad que pueden ser generadas y ejecutadas automáticamente sobre un sitio Web.

El nivel de automatización se analizó en cada uno de los trabajos para dar respuesta a la tercera pregunta de investigación **¿Qué nivel de automatización es logrado en las investigaciones analizadas?** En este caso se puede apreciar que la mayoría de los trabajos analizados logran la automatización de la evaluación (37 trabajos), mientras que solo 4 artículos reportan evaluación semi-automática de la usabilidad.

Finalmente se analizó la última pregunta de investigación **¿Qué tipos de IU son evaluadas?** La mayor cantidad de trabajos que evalúan automáticamente la usabilidad está orientada las IU para aplicaciones Web, seguidas de aplicaciones para móviles, aplicaciones de escritorio, aplicaciones multimodales y para operación de dispositivos. En menor medida existen autores que evalúan la usabilidad de aplicaciones multimedia, manuales de usuario, sistemas multi-agentes, de reconocimiento biométrico o APIs. La Tabla 2 muestra la cantidad de trabajos analizados y los tipos de IU que estos evalúan.

**Tabla 2. Tipos de Interfaces de Usuario evaluadas**

TIPO DE INTERFACES DE USUARIO	CANTIDAD
Interfaces de Usuario para aplicaciones Web	20
Interfaces de Usuario para móviles	3
Interfaces de Usuario para aplicaciones de escritorio	2
Interfaces de Usuario multimodales	2
Interfaces de Usuario para operación de dispositivos	2
Interfaces de Usuario adaptativas	1
Interfaces de Usuario para aplicaciones multimedia	1
Interfaces de Usuario para manuales de usuario	1
Interfaces de Usuario para sistemas multi-agentes	1
Interfaces de Usuario para sistemas de reconocimiento biométrico	1
Interfaces de Usuario para APIs	1
<b>Total</b>	<b>371</b>

## 5. CONCLUSIONES

Este artículo ofrece un análisis de la literatura con respecto a la evaluación automática de la usabilidad de Interfaces de Usuario durante la última década. Ha podido constatar que la evaluación automática de la usabilidad es una realidad, con una gran variedad de artículos analizados, técnicas y métodos utilizados. La automatización de la evaluación de la usabilidad tiene grandes beneficios potenciales, incluyendo la reducción de costos, añadiendo comparaciones entre diseños alternativos y mejorando la consistencia en el proceso.

Existen varios trabajos donde se evalúa automáticamente la usabilidad de las IU, especialmente para las aplicaciones Web. Dentro de las técnicas de usabilidad que se destacan se encuentra el uso de las líneas guías de usabilidad que son incorporadas en varias herramientas para comprobar cuán bien han sido

aplicadas en las aplicaciones analizadas. Otra de las técnicas que se destacan es el análisis de trazas es utilizado por varios autores (Paternò, F., Schiavone, A.G., Conte, 2017; Santana, G.A., Pansanato, 2011; Vargas, A., Weffers, H., Da Rocha, 2011). Esto permite una evaluación de usabilidad de forma remota a partir del análisis del comportamiento de los usuarios registrados en las trazas.

Puede observarse una evolución positiva en el empleo de técnicas automáticas para la evaluación de la usabilidad de IU. Algunos retos identificados en trabajos anteriores (Ivory & Hearst, 2001) como por ejemplo que la evaluación automática de la usabilidad no capturaba datos cualitativos e información subjetiva (como preferencias de usuario) y que solo era posible a través de las pruebas de usuario, han sido tratados en algunos trabajos: (El-Halees, 2014) utiliza la minería de datos para extraer conocimiento a partir de las opiniones de los usuarios.

Otro reto identificado anteriormente es la posibilidad de combinar la evaluación heurística con la evaluación automática de la usabilidad. Este reto es tratado con la utilización de técnicas de inteligencia artificial. Por ejemplo, (Ponce, P., Balderas, D., Pfeffer, T., Molina, 2018) propone el entrenamiento de una red con heurísticas estándares para la evaluación de la usabilidad, específicamente en IU para termostatos. (Chaudhary & Sangwan, 2015) también propone el uso de la lógica difusa para la combinación de la evaluación automática de usabilidad con la evaluación manual para calcular medidas de la usabilidad de sitios Web.

Aún existen algunos potenciales usos de la evaluación automática que deben ser explorados como la simulación de la interacción, aunque ya existen algunos indicios con la evaluación predictiva propuesta por (de Oliveira et al., 2014). El uso de la ingeniería dirigida por modelos también debe ser más explorado pues su uso es reducido, propuesto por (Molina & Toval, 2009). Este tipo de enfoque puede brindar varios beneficios, donde la creación de modelos como artefactos primarios permite describir las IU de modo abstracto y luego obtener implementaciones específicas a través de transformaciones y facilitar la interoperabilidad entre sistemas.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akiki, P. A., Bandara, A. K., & Yu, Y. (2015). Adaptive model-driven user interface development systems. *ACM Computing Surveys*, 47(1).
- Alemerien, K., & Magel, K. (2015). SLC: a visual cohesion metric to predict the usability of graphical user interfaces. In *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing* (pp. 1526–1533). ACM.
- Alva, M. E. O., Ch, T. H. S., & López, B. (2003). Comparison of Methods and Existing Tools for the Measurement of Usability in the Web. In *International Conference on Web Engineering* (pp. 386–389). Springer.
- Batra, S., & Bishu, R. R. (2007). Web usability and evaluation: issues and concerns. In *International Conference on Usability and Internationalization* (pp. 243–249). Springer.
- Benaida, M., Namoun, A. (2018). Technical and perceived usability issues in Arabic educational websites. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(5), 391–400.
- Casas, S., Trejo, N., & Farias, R. (2016). AJMU: An Aspect-Oriented Framework for Evaluating the Usability of WIMP Applications. *Journal of Software Engineering*, 10, 1–15.
- Chaudhary, N., & Sangwan, O. P. (2015). Multi criteria based fuzzy model for website evaluation. In *2015 2nd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)* (pp. 1798–1802). IEEE.
- de Oliveira, K. M., Lepreux, S., Kolski, C., & Seffah, A. (2014). Predictive usability evaluation: aligning HCI and software engineering practices. In *Proceedings of the 26th Conference on l'Interaction Homme-Machine* (pp. 177–182). ACM.
- Dhouib, A., Trabelsi, A., Abdallah, H. B. (2013). EiserWebs: An evaluation tool for interactive systems based on Web services. In *4th International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility, ICTA 2013*.
- Dias, F., Paiva, A. C. R. (2017). Pattern-Based Usability Testing. In *10th IEEE International Conference*



- on *Software Testing, Verification and Validation Workshops, ICSTW 2017* (pp. 366–371).
- do Amaral, L. A., de Mattos Fortes, R. P., & Bittar, T. J. (2018). A4U-an approach to evaluation considering accessibility and usability guidelines. In *Proceedings of the 24th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web* (pp. 295–298). ACM.
- El-Halees, A. M. (2014). Software usability evaluation using opinion mining. *Journal of Software*, 9(2), 343–350.
- Hedegaard, S., & Simonsen, J. G. (2014). Mining until it hurts: automatic extraction of usability issues from online reviews compared to traditional usability evaluation. In *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational* (pp. 157–166). ACM.
- Hentati, M., Ammar, L. Ben, Trabelsi, A., & Mahfoudhi, A. (2016). An Approach for Incorporating the Usability Optimization Process into the Model Transformation. In *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications* (pp. 879–888). Springer.
- Infran, E., & Fernandez, A. (2008). A systematic review of usability evaluation in web development. In *International Conference on Web Information Systems Engineering* (pp. 81–91). Springer.
- ISO 9241-11. (n.d.). ISO Usability 9241-11. *International Organization for Standardization*.
- Ivory, M. Y., & Hearst, M. A. (2001). The state of the art in automating usability evaluation of user interfaces. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 33(4), 470–516.
- Jarraya, M., & Moussa, F. (2018). Proxy Oriented Approach for Evaluating Usability of a Resilient Life-Critical Interactive Systems. In *2018 IEEE 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)* (pp. 464–471). IEEE.
- Kallel, I., Jouili, M., & Ezzedine, H. (2017). HMI Fuzzy Assessment of Complex Systems Usability. In *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications* (pp. 630–639). Springer.
- Khaddam, I., Bouzit, S., Calvary, G., Chêne, D. (2016). MenuErgo: Computer-aided design of menus by Automated Guideline Review. In *IHM 2016 - Actes de la 28ieme Conference Francophone sur l'Interaction Homme-Machine* (pp. 36–47).
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Engineering* (Vol. 2).
- Kristoffersen, S. (2009). A preliminary experiment of checking usability principles with formal methods. In *2009 Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions* (pp. 261–270). IEEE.
- Molina, F., & Toval, A. (2009). Integrating usability requirements that can be evaluated in design time into Model Driven Engineering of Web Information Systems. *Advances in Engineering Software*, 40(12), 1306–1317.
- Navarro, P. L. M., Hillmann, S., Möller, S., Ruiz, D. S., & Pérez, G. M. (2014). Run-time model based framework for automatic evaluation of multimodal interfaces. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 8(4), 399–427.
- Paternò, F., Schiavone, A.G., Conte, A. (2017). Customizable automatic detection of bad usability smells in mobile accessed web applications. In *19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI 2017*.
- Ponce, P., Balderas, D., Pepper, T., Molina, A. (2018). Deep learning for automatic usability evaluations based on images: A case study of the usability heuristics of thermostats. *Energy and Buildings*, 2(162), 111–120.
- Santana, G.A., Pansanato, L. T. E. (2011). Identifying usability problems in web applications through analysis of user interaction logs using pattern recognition. In *Proceedings of the IADIS International Conference WWW/Internet 2011, ICWI 2011* (pp. 587–590).
- Sboui, T., & Ayed, M. B. (2016). Generative Software Development Techniques of User Interface: Survey and Open Issues. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 14(7), 824.
- Schiavone, A. G., & Paternò, F. (2015). An extensible environment for guideline-based accessibility evaluation of dynamic Web applications. *Universal Access in the Information Society*, 14(1), 111–132.
- Shekh, S., & Tyerman, S. (2009). Developing a Dynamic Usability Evaluation Framework using an Aspect-Oriented Approach. In *ENASE* (pp. 203–214).

Vargas, A., Weffers, H., Da Rocha, H. V. (2011). Analyzing user interaction logs to evaluate the usability of Web applications. In *IEEE Symposium on Web Society* (pp. 61–67).

Vigo, M., Leporini, B., Paternò, F. (2009). Enriching web information scent for blind users. In *ASSETS'09 - Proceedings of the 11th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (pp. 123–130).

## **SOBRE LAS AUTORAS**

Jenny Ruiz de la Peña, PhD en Economía del Negocio de la Universidad KU Leuven, Bélgica, Máster en Matemática Aplicada e Informática para Administración de la Universidad de Holguín, Cuba. Profesora Auxiliar del departamento Ingeniería Informática de la Facultad de Informática Matemática, Universidad de Holguín. Investiga sobre el diseño de Interfaces de Usuario, la ingeniería dirigida por modelos y la ingeniería de software.

Susel Matos Claro, Ingeniera Informática. Profesora del departamento Ingeniería Informática de la Facultad de Informática Matemática, Universidad de Holguín. Investiga sobre la generación automática de aplicaciones web y la ingeniería dirigida por modelos.