

Temática: Usabilidad

Procedimiento para la evaluación automática de la usabilidad de aplicaciones mediante Ingeniería Dirigida por Modelos

Procedure for automatic usability evaluation of applications through Model-Driven Engineering

MSc. Susel Matos Claro^{1*}, **DrC. Jenny Ruiz de la Peña**², **MSc. Leydis Lamoth Borrero**³

¹ Universidad de Holguín, Sede “Oscar Lucero Moya” Ave XX Aniversario, Vía Guardalavaca Rpto. Piedra Blanca, Holguín, Cuba. CP 80 100. smatosc94@gmail.com

² Universidad de Holguín. Sede “Celia Sánchez Manduley” Ave Celia Sánchez #1, e/Ave de los Internacionalistas y Final, Rpto. Hilda Torres, Holguín, Cuba. CP 80 100. jruizp81@gmail.com

³ Universidad de Holguín, Sede “Oscar Lucero Moya” Ave XX Aniversario, Vía Guardalavaca Piedra Blanca, Holguín, Cuba. CP 80 100. leydislb@gmail.com

* Autor para correspondencia: smatosc94@gmail.com

Resumen

El desarrollo de aplicaciones eficientes y con calidad en cortos períodos de tiempo se ha convertido en un reto para muchas empresas desarrolladoras de software. Parte fundamental de los sistemas informáticos son las interfaces de usuario. La evaluación de usabilidad de las interfaces se realizan de forma manual y en etapas conclusivas del proceso de desarrollo. Esto hace que sea un proceso costoso en cuanto a tiempo y recursos. La Ingeniería Dirigida por Modelos ha cobrado auge en la actualidad debido a que ha cambiado la manera de concebir el desarrollo de software. Los artefactos intermedios que ofrece la posibilitan evaluar la usabilidad de forma sistemática desde las etapas más tempranas del desarrollo. MERODE es una metodología de análisis orientado a objetos que se rige por el principio de que el modelado del dominio debe estar abstraído de las especificaciones tecnológicas. Asociadas a esta metodología, existen herramientas para el modelado que, además del modelo, permiten obtener una aplicación totalmente funcional. JMermaid y FENiKS, sucesora de la primera, introduce nuevos modelos que contienen informaciones sobre la interfaces. Se propone un procedimiento que permite evaluar automáticamente la usabilidad haciendo uso del modelo de presentación introducido en FENiKS. La evaluación puede ser automática, de expertos o híbrida. Dicho procedimiento define 4 fases y 9 pasos, además de los roles, reglas normativas y técnicas en cada uno de ellos. Se introdujeron además, nuevas características al modelo de presentación que permiten evaluar un mayor número de principios de diseño de las interfaces.

Palabras clave: interfaces de usuario, usabilidad, evaluación de usabilidad, ingeniería dirigida por modelos, principios de diseño.

Abstract

The development of efficient and quality applications in short periods of time has become a challenge for many software development companies. A fundamental part of computer systems are user interfaces. The usability evaluation of the interfaces is carried out manually and in the final stages of the development process. This makes it an expensive process in terms of time and resources. Model-Driven Engineering has gained momentum today because it has changed the way of conceiving software development. The intermediate artifacts it offers make it possible to evaluate usability systematically from the earliest stages of development. MERODE is an object-oriented analysis methodology that is governed by the principle that domain modeling must be abstracted from technological specifications. Associated with this methodology, there are modeling tools that, in addition to the model, make it possible to obtain a fully functional application. JMermaid and FENiKS, successor to the first, introduce new models that contain information about the interfaces. The proposed procedure allows usability to be automatically evaluated using the presentation model introduced in FENiKS. The evaluation can be automatic, by experts or hybrid. The procedure defines 4 phases and 9 steps, in addition to the roles, normative and technical rules in each of them. In addition, new features were introduced to the presentation model that allow the evaluation of a greater number of interface design principles.

Keywords: *user interfaces, usability, usability evaluation, model-driven engineering, design principles.*

Introducción

El desarrollo de las tecnologías supone una mayor necesidad de la creación de software que cumplan las necesidades de los usuarios sin comprometer la calidad y seguridad. Las interfaces de usuario (UI, por sus siglas en inglés) representan una parte fundamental de los sistemas, pues garantizan la comunicación entre los usuarios y el software. La importancia de crear interfaces de usuario usables aumenta cada vez más, hasta el punto de ocupar casi el 50% del tiempo del proceso de desarrollo de software (El-Halees, 2014).

Medir la usabilidad de las UI representa un paso fundamental durante el proceso de desarrollo de software, aunque también es costoso en cuanto a recursos y tiempo. Garantizar el desarrollo de UI usables, representa que los productos informáticos sean fáciles para los usuarios que interactúan con ellos, que cumplan sus objetivos y que lo hagan de una manera eficiente (Martin & Braune, 2017).

Según Steve Krug, “la usabilidad solo significa el asegurarse que algo funcione bien: que una persona con capacidad y experiencia media (o incluso por debajo de la media) pueda ser capaz de usar algo con el objetivo deseado sin sentirse completamente frustrado” (Krug, 2006). De conjunto con la fiabilidad y la seguridad, es de los parámetros más importantes para determinar la calidad de un software.

La calidad de un producto en general es una variable que es fundamental cuando se trata de crear un producto o brindar un servicio. En los sistemas informáticos, la calidad es un factor muchas veces subjetivo, y no está determinado solamente por las funcionalidades que realiza el software, sino por la apariencia y su capacidad de ser fácil de aprender y utilizar. En muchos casos, los equipos de desarrollo se centran en los requerimientos funcionales de un sistema y quedan olvidados los requerimientos no funcionales, en ocasiones consideradas menos importantes, del sistema (Moreno & Marciszack, 2014).

La mayoría de las veces que se tiene en cuenta medir la usabilidad, se realiza en etapas tardías del proceso de desarrollo, ya cuando las interfaces del sistema están casi listas o en la fase de mantenimiento ya cuando el sistema ha sido implantado. La evaluación de la usabilidad no se integra como un proceso iterativo durante todas las etapas del desarrollo de software. Esto implica una deficiencia significativa porque pueden detectarse problemas de usabilidad en etapas conclusivas y habría que retomar labores que se realizan en el principio del proceso, lo que implica una pérdida de tiempo y recursos (Insfran & Fernández, 2008).

Existen varios autores que se han referido a la usabilidad de los sistemas informáticos, destacándose entre ellos, el método de evaluación heurística de Nielsen (Nielsen, 1994), los principios de diseños propuestos por Hansen (Hansen, 1971), las reglas de oro de Shneiderman (Shneiderman, 1997), por solo citar algunos ejemplos. La mayoría de los autores coinciden en que la usabilidad no se puede determinar por un único parámetro, sino que existe un conjunto de reglas que garantizan la usabilidad de un producto informático.

En años recientes, el creciente impacto de la Ingeniería Dirigida por Modelos (MDE, por sus siglas en inglés) ha producido un cambio en la perspectiva desde la cual se consideran los requerimientos debido a que estos deben ser representados por modelos. Los artefactos intermedios de la MDE al aplicarse en todas las etapas del proceso de desarrollo, ofrecen la posibilidad de evaluar estos modelos con el objetivo de corregir problemas de usabilidad de forma temprana, permitiendo que estos cambios se puedan reflejar directamente en el código fuente. Ello permite un ahorro

significativo de tiempo y recursos humanos, además posibilita enmendar dichos problemas antes de las fases de implementación e implantación (Molina & Toval, 2009).

Existen muchas metodologías y herramientas de modelación basadas en modelos. Entre ellas se destacan AndroMDA , OptimalJ, ArcStyler , WebML , entre otras. Con estas puede hacerse la modelación de un problema y generar el código correspondiente. Sin embargo, no son las más ideales para que los usuarios entiendan la importancia de la modelación conceptual y la repercusión que tiene en el resultado final. Tampoco permiten a los usuarios tener una retroalimentación con la interfaz gráfica que se genera y los principios de diseño que se manifiestan en ella.

MERODE es una metodología de análisis orientado a objetos (OO) que sigue el enfoque MDE, y que al igual que esta se rige por el principio de que el modelado del dominio debe estar abstraído de las especificaciones tecnológicas. MERODE fue implementada por un Grupo de Administración de Sistemas de Información de la Universidad Católica de Leuven, Bélgica. Se desarrolló teniendo en cuenta resultados en investigaciones sobre modelación semántica y tiene la particularidad de usar el concepto de dependencia de existencia para modelar aspectos estáticos del dominio y un enfoque orientado a eventos para modelar el comportamiento de los objetos.

Realizando un estudio de la bibliografía existente de la última década, se corroboró que el tema de la evaluación de usabilidad de forma automática o semiautomática no ha tenido grandes avances. Los escasos estudios y soluciones que existen en el tema, son aplicables a tipos de interfaces o sistemas muy específicos. Resalta que la mayoría son casos de estudios a plataformas web, dejando una brecha en las aplicaciones de escritorio y móviles (Ruiz de la Peña & Matos Claro, 2019).

Teniendo en cuenta la existencia de las tecnologías y herramientas con las características descritas anteriormente, el problema fundamental es contar con un procedimiento que rijan la evaluación de la usabilidad de aplicaciones mediante MDE y el desarrollo de una herramienta que evalúe automáticamente los parámetros y principios de diseño contenidos en los modelos. Además, ampliar la cantidad de principios que pueden ser evaluados, mediante extensiones de dichos modelos.

Materiales y métodos o Metodología computacional

JMermaid es una herramienta que utiliza la metodología MERODE en la que se puede realizar el modelado conceptual y a partir de este obtener una aplicación de escritorio totalmente funcional. Se considera una herramienta didáctica, que puede ser utilizada como un método de enseñanza que favorezca la comprensión de la importancia de realizar el diseño conceptual de la aplicación informática resultante (Sedrakyan & Snoeck, 2013).

Ruiz de la Peña en 2018 propone una extensión de JMermaid llamada FENiKS (Feedback ENabled user Interface Simulation). FENiKS brinda un acercamiento entre el diseño de UIs y el desarrollo de sistemas interactivos. Además del modelo conceptual que está presente desde JMermaid que captura la lógica funcional de la aplicación, FENiKS incorpora dos nuevos modelos: el modelo de presentación para capturar las características de los componentes de la interfaz y las preferencias del usuario y el modelo de interfaz de usuario abstracta (AUI, por sus siglas en inglés) que describe el modelo independientemente de las tecnologías o lenguajes (Ruiz de la Peña, 2018).

Para extender el modelo de presentación con la incorporación de nuevos parámetros, se realizó un análisis sobre los aspectos que este ya contenía y las necesidades de evaluación aún existentes. De esta valoración, se decidió la incorporación de cuatro nuevos aspectos:

1. Opción de cancelar en formularios o ventanas. Esta característica permite evaluar principios como los relacionados con el control explícito (Las acciones deben ser reversibles, Dar el control al usuario, Permite al usuario cambiar el foco, Permite al usuario abortar operaciones prolongadas)
2. Alertas antes de cerrar o cancelar un proceso. Con la introducción de esta característica se puede comprobar si el sistema realiza un buen manejo del principio relacionado con Diseñar diálogos para producir cierres.
3. Barra de progreso en los botones que realizan acciones. El principio sobre permitir al usuario estimar cuánto tiempo puede ser evaluado mediante la introducción de esta característica en el modelo de presentación.
4. Manual de usuario o ayuda en línea. Esta característica permitirá comprobar el cumplimiento del principio relacionado con la Ayuda y documentación del sistema.

De esta manera, el modelo de presentación se extiende para lograr evaluar una mayor cantidad de principios de diseño, como muestra el modelo de características de la Figura 1. En la imagen se enmarcan en color azul las nuevas características del modelo que se sumaron a las existentes en el modelo de presentación de FENIKS.

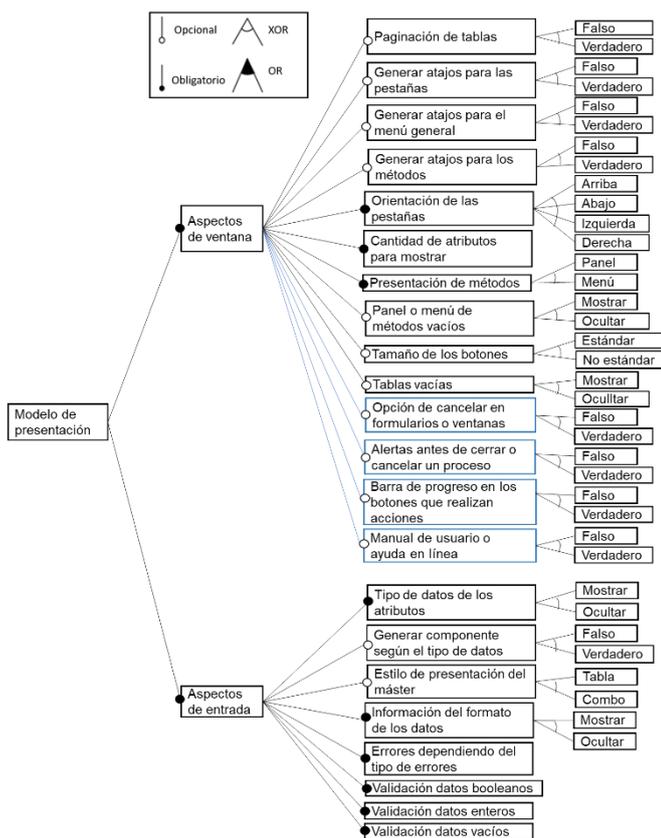


Figura 1 Modelo de características del modelo de presentación de FENIKS extendido

Partiendo del estudio realizado y las deficiencias detectadas en las investigaciones consultadas, se obtuvo un procedimiento para evaluar la usabilidad de aplicaciones mediante MDE. Se presenta además, la propuesta de herramienta a implementar que se utilice como parte del proceso de evaluación.

Se declaran como objetivos del procedimiento para la evaluación automática de la usabilidad los siguientes:

- Facilitar el proceso de desarrollo de software midiendo la usabilidad desde las primeras fases de este.

- Brindar una información cuantitativa por cada principio de diseño evaluado y una puntuación general.
- Ofrecer retroalimentación sobre las posibles soluciones a los problemas de usabilidad detectados.
- Ahorrar tiempo y recursos humanos con respecto a la evaluación tradicional.

El procedimiento se rige por reglas normativas que son paradigmas en los estudios de usabilidad a través de los años y que han marcado las pautas de la evaluación de los expertos por décadas. Ellas son:

1. Principios de Hansen
2. Principios de Norman
3. Reglas de Oro de Shneiderman
4. Heurísticas de Nielsen

La herramienta auxiliar al procedimiento surge a partir de la necesidad de determinar la usabilidad de un sistema desde fases tempranas del desarrollo de software. En ella se someten a evaluación 10 líneas guías, que a su vez cada una posee uno o varios criterios ergonómicos. Cada criterio ergonómico tiene un valor máximo de 10 puntos. Si el principio tiene más de un criterio, estos valores se promedian para encontrar el valor de cada principio. La puntuación de cada principio se suman para obtener un valor máximo de 100 puntos. Esta plataforma también tendrá la posibilidad de realizar una evaluación de expertos, o híbrida en caso de realizar la evaluación de ambas maneras.

El procedimiento está compuesto por cuatro fases: diagnóstico, planificación, evaluación y análisis de los resultados. A su vez, estas fases se componen por nueve pasos que rigen el proceso de evaluación de la usabilidad de software. En cada una de estas fases se declaran objetivos y técnicas a utilizar. Además, se definen tres roles principales: responsable de calidad, experto y usuario/desarrollador. Mediante el procedimiento puede realizarse la evaluación de usabilidad de tres maneras. La evaluación automática que realiza la herramienta mediante evaluación de las características del modelo de presentación; la evaluación de expertos que la realiza un especialista evaluando las mismas características; o la evaluación híbrida que es la combinación de la evaluación automática y de expertos.

La fase de diagnóstico tiene como objetivo principal, comprobar las métricas y maneras de evaluar la usabilidad en el proceso de desarrollo. En esta fase inicial las principales tareas son presentar la propuesta a la organización o grupo de desarrollo, detallando a estos las ventajas de utilizar el procedimiento, con lo cual se evite la resistencia al cambio por parte de los involucrados.

En la fase de planeación se prepara el equipo y los desarrolladores para la utilización de la herramienta y definir los parámetros que deben alcanzarse para terminar el proceso de evaluación de usabilidad. Además, debe definirse el tipo de evaluación que se desea realizar, y en caso de que se realice una evaluación de experto o híbrida, deben ser seleccionados los expertos para esos tipos de evaluación.

En la fase de evaluación es donde se hace uso del procedimiento y la herramienta, una vez que fueron creadas todas las condiciones necesarias en las dos fases precedentes. Como se ha explicado, la evaluación se realiza en base a las características referentes a las interfaces de usuarios, contenidas en el modelo de presentación. Como resultado de la evaluación se obtiene una puntuación con un valor máximo de 100 puntos, además de una retroalimentación donde se ofrecen sugerencias y observaciones sobre los cambios que pudieran mejorar los valores de usabilidad de las interfaces de usuario.

Por último, en la fase de análisis de los resultados se determina si el sistema cumple con los parámetros establecidos en la fase de planeación. También deben analizar la información brindada por la herramienta sobre los principios de diseño implementados correcta e incorrectamente. Si el sistema no cumple los valores esperados, se deben corregir los problemas detectados y volver a la fase anterior para realizar nuevamente la evaluación, una vez que sean resueltos los errores de usabilidad de las interfaces.

Resultados y discusión

El procedimiento ha sido puesto a prueba durante el desarrollo de sistemas informáticos reales desarrollados en los proyectos de la Facultad de Informática y Matemática de la Universidad de Holguín. Diversos software como el Sistema Estadístico de Cuadros y el Sistema de Control de Arrendatarios, ambos pertenecientes al Ministerio de Turismo desarrollados en el marco del proyecto Aplicación de las TIC a procesos empresariales, fueron comprobados sus niveles de usabilidad mediante el procedimiento propuesto durante el proceso de desarrollo de los mismos.

Los miembros del equipo han mostrado su conformidad con su aplicación, apreciable en el resultado final con valores de usabilidad y calidad más elevados y un grado de aceptación del cliente más adecuado, sin interferir en el trabajo cotidiano de programadores e ingenieros involucrados en el proceso. También fue remarcado por los desarrolladores que en las fases de implantación y mantenimiento, no tuvieron que realizar modificaciones importantes en el diseño de

los sistemas, pues los problemas más graves se habían detectado con anterioridad. Esto influyó notablemente en disminuir el tiempo de entrega de los software a sus respectivos clientes.

Además, el procedimiento fue sometido a encuestas por parte de expertos en los temas de ingeniería de software y elaboración de procedimientos y flujos de trabajo para determinar el grado de satisfacción y el cumplimiento de los objetivos del procedimiento. Luego de hacer el procesamiento estadístico correspondiente a la encuesta sobre el diseño del procedimiento, se obtuvieron los resultados porcentuales que se muestran en la Figura 2. Los expertos coincidieron en que el 52% (135 respuestas) de los aspectos consultados son muy adecuados, el 27% (65 respuestas) de los aspectos son bastante adecuados y el 21% (53 respuestas) de los aspectos resultaron adecuados.

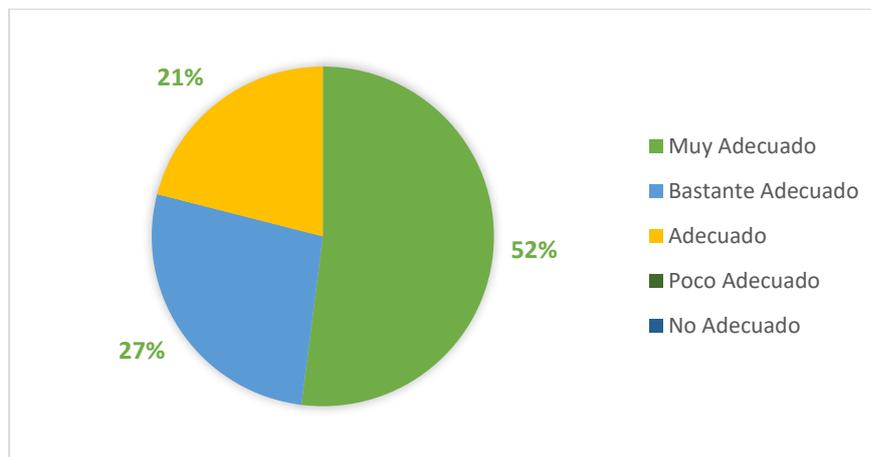


Figura 2 Resultado de los criterios de los expertos en las encuestas

Los expertos coinciden en que la aplicación del procedimiento propuesto para la evaluación automática de la usabilidad, implica un ahorro significativo de tiempo y recursos. Esta evaluación, gracias a las ventajas de la MDE y con la incorporación del modelo de presentación y el AUI, se podrá realizar en diferentes fases del proceso de desarrollo de software sin que necesariamente intervenga un experto como en los métodos tradicionales, lo cual favorecerá la detección de problemas de usabilidad en fases tempranas del proceso y no una vez que el sistema esté terminado. Además, deberá ser posible tener un informe completo de los problemas de usabilidad detectados con respectivas propuestas para solucionarlos.

Conclusiones

La calidad y usabilidad de las interfaces de usuario puede ser decisiva en el éxito de una aplicación informática, por esta razón debe prestársele especial atención en el proceso de desarrollo de software. La evaluación de usabilidad de la manera tradicional ha sido la vía que ha existido para garantizar la calidad de las interfaces, pero requiere volver a etapas iniciales del desarrollo para corregir los problemas encontrados, lo que generalmente resultan ser costosos y frustrante para los desarrolladores y el equipo, además que puede retrasar la entrega de los productos y causar inconformidades por parte del cliente.

El procedimiento creado para la evaluación automática de la usabilidad mediante MDE permite ahorrar tiempo y recursos humanos en la corrección de problemas de usabilidad. La evaluación puede integrarse al proceso de desarrollo desde el inicio, y resultando en productos informáticos con mayores niveles de usabilidad en menor tiempo. Además, mediante la evaluación utilizando el procedimiento, no solo se obtiene una lista de problemas de usabilidad, sino también una serie de recomendaciones y sugerencias para resolverlos.

Como resultado del intercambio con los expertos para la realización de las encuestas de satisfacción, también se obtuvieron sugerencias y opiniones valiosas sobre posibles mejoras y optimizaciones al procedimiento. Una de las sugerencias recurrentes en varias encuestas, fue que se considere la utilización de otra operación que no sea el promedio para el cálculo del valor de cada criterio que se evalúe en el procedimiento. Esta mejora ya se encuentra en proceso gracias a la introducción de técnicas de inteligencia artificial. Específicamente, introduciendo métodos de aprendizaje automático supervisado, se podrá predecir los valores de los criterios mediante el aprendizaje de casos anteriores.

También se pretende poner a prueba el procedimiento en un entorno de producción empresarial, con el objetivo de comprobar el cumplimiento de sus objetivos en otros ambientes de trabajo. Se espera que estas pruebas sean satisfactorias al igual que las realizadas a grupos de desarrollo dentro de los proyectos de desarrollo de software de la Facultad de Informática y Matemática en la Universidad de Holguín.

Trabajos futuros y recomendaciones

Con el objetivo de optimizar el procedimiento y la herramienta propuestas, se proponen aspectos que pueden desarrollarse en el futuro. Mediante el intercambio con los expertos que validaron el procedimiento, estos sugirieron que se tenga en cuenta el cálculo del resultado de la evaluación de cada criterio ergonómico con una o varias métricas diferentes al promedio y que no tengan un comportamiento tan absoluto como este.

Como parte del estudio de alternativas y soluciones que integren varias ramas de las ciencias informáticas, se ha estudiado que se puedan introducir a la herramienta, algoritmos de aprendizaje automático supervisado, que mediante estos sea posible predecir modelos y patrones de comportamiento de la evaluación de los expertos. De esta manera, sería posible imitar mediante el uso de la Inteligencia Artificial, el comportamiento del razonamiento de los expertos en sus evaluaciones, y a medida que sea utilizado más el algoritmo de aprendizaje, este se comportará de manera más óptima y se dependerá menos de la presencia de ellos.

Referencias

- Abrahão, S., Insfran, E., & Vanderdonckt, J. (2006). Usabilidad en entornos MDA: Propuesta y Estudio Experimental. XV Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos. Barcelona.
- Abbran, A. K. (2003). Usability meanings and interpretations in ISO standards. *Software quality journal*, 325-338.
- Acosta, A., & Zambrano, N. (2006). Importancia, problemas y soluciones en el diseño de la Interfaz de Usuario. SABER. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*.
- Benali Tahiri, S. (2020). Discapacidad y universidad: evaluación de la accesibilidad y usabilidad web de las universidades españolas del grupo G9. Santander.
- Duque Oliva, E. (2005). Revisión del concepto de calidad del servicio y sus modelos de medición. *INNOVAR*.
- El-Halees. (2014). Software usability evaluation using opinion mining. *Journal of Software*, 343-349.
- Fernández, A., Abrahão, S., & Insfran, E. (2010). Usabilidad en el Desarrollo Web Dirigido por Modelos: Resultados de un Experimento Controlado. Valencia.
- Fernandez, A., Insfran, E., & Abrahão, S. (2010). Evaluación de Usabilidad para Aplicaciones Web. Valencia.
- Hansen, W. (1971). User engineering principles for interactive systems. *Proceedings of the November 16-18, 1971, Fall Joint Computer Conference*.
- Insfran, E., & Fernández, A. (2008). A Systematic Review of Usability Evaluation in Web Development. Valencia.
- Krug, S. (2006). *No me hagas pensar. Una aproximación a la Usabilidad en la Web*. Segunda Edición. Madrid: Pearson Education S.A.
- Martin, C., & Braune, A. (2017). Integration of a Template System into Model-Based User Interface Development Workflows. *International Conference on Human-Computer Interaction*.
- Martínez Acosta, D. d. (2004). Herramienta para la generación automática de código fuente para aplicaciones con Arquitectura Modelo Vista Controlador bajo Desarrollo Dirigido por Modelos Textuales (MDD). Bogotá.
- 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*, 1306-1317.
- Molina, J., & Pastor, O. (2004). MDA, OO-Method y la Tecnología OLIVANOVA Model Execution. Valencia.
- Moreno, J. C., & Marciszack, M. M. (2014). La Usabilidad Desde La Perspectiva De La Validación de Requerimientos No Funcionales Para Aplicaciones Web. Córdoba.
- Muñoz, F. D., Castilla, J. T., & Moreno, A. V. (2019). Desarrollo de software dirigido por modelos.
- Nielsen, J. (1994). *Heuristic evaluation. Usability Inspection Methods*. New York.
- Norman, D. (1983). Design rules based on analyses of human error. *Communications of the ACM*, 254-258.

- Pizarro Vásquez, G. O., Rivadeneira Campodónico, R. E., Villavicencio Cabezas, M. K., & Macías Cabezas, M. V. (2010). Evaluación de MDA y MERODE en el diseño e implementación de una aplicación web. Guayaquil, Ecuador.
- Rodríguez Vicente, J. (2004). Ingeniería de Modelos con MDA. Estudio Comparativo de OptimalJ y ArcStyler. Murcia.
- Ruiz de la Peña, J. (2018). Exploring the effectiveness of learning UI design by Feedback ENabled user Interface Simulation: The FENiKS approach.
- Ruiz de la Peña, J., & Matos Claro, S. (2019). El estado del arte de la evaluación automática de Interfaces de Usuario. 9na Conferencia Científica de la Universidad de Holguín. Holguín.
- Ruiz de la Peña, J., & Snoeck, M. (2021). Automatic Feedback Generation for Supporting User Interface Design. ICSOFT, 23-33.
- Ruiz de la Peña, J., Serral, E., & Snoeck, M. (2018). A Fully Implemented Didactic Tool for the Teaching of Interactive Software Systems. MODELSWARD, 95-105.
- Ruiz de la Peña, J., Serral, E., & Snoeck, M. (2021). Unifying functional user interface design principles. International Journal of Human-Computer Interaction, 47-67.
- Sedrakyan, G., & Snoeck, M. (2013). Feedback-enabled MDA-prototyping effects on modeling knowledge. Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling, 411-425.
- Shneiderman, B. (1997). Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction. Addison-Wesley Reading.
- Snoeck, M., Michiels, C., & Dedene, G. (2003). Consistency by Construction: The Case of MERODE. ER (Workshops), 105.117.