

07-006

## REVIEW AND A NEW CLASSIFICATION OF USER EXPERIENCE EVALUATION METHODS FOR INDUSTRIAL HMIS

Aranburu, Erik <sup>(1)</sup>; Lasa, Ganix <sup>(1)</sup>; Gerrikagoitia, Jon Kepa <sup>(2)</sup>; Mazmela, Maitane <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Mondragon Unibertsitatea, <sup>(2)</sup> Ideko S.Coop

With the advent of the new Industry 4.0, the human-machine interaction is presented as a key challenge. In this new industrial landscape, the Human Machine Interfaces (HMI) where the greatest number of interactions occur, must be adapted to users, so that they can exploit all the value offered by new technologies. In this context, the user experience is one of the disciplines that most potential shows in the design and evaluation of industrial HMIs. Systems designed based on the user experience, beyond increasing the efficiency of operators, will generate positive emotions that impact their motivation and involvement, increasing intelligence, decision-making capacity and facilitating learning processes. Faced with this situation, and seeing its potential, this article presents a review with a new classification of user experience evaluation methods, with the aim of identifying new opportunities to introduce this discipline in the design and assessment of industrial HMIs.

**Keywords:** *user experience; Human Machine Interface; evaluation; review; classification; industry 4.0*

## REVISIÓN Y NUEVA CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE USUARIO PARA LOS HMI INDUSTRIALES

Con la llegada de la nueva industria 4.0, la interacción entre persona y máquina se presenta como un reto clave. En este nuevo panorama industrial, las Interfaces Humano-Máquina (HMI), donde sucede el mayor número de interacciones, deberán estar adaptadas a los usuarios, para que puedan explotar todo el valor que ofrecen las nuevas tecnologías. En este contexto, la experiencia de usuario es una de las disciplinas que mayor potencial muestra en el diseño y evaluación de los HMI industriales. Los sistemas diseñados en base a la experiencia de usuario, más allá de aumentar la eficiencia de los operarios, generarán emociones positivas que impactan en su motivación e implicación, aumentando la inteligencia, la capacidad de toma de decisiones y facilitando los procesos de aprendizaje. Ante esta situación, y viendo su potencial, en este artículo se presenta una revisión con una nueva clasificación de los métodos de evaluación de la experiencia de usuario, con el objetivo de identificar nuevas oportunidades para introducir esta disciplina en el diseño y evaluación de las HMI industriales.

**Palabras clave:** *experiencia de usuario; interfaz humano-máquina; evaluación; revisión; clasificación; industria 4.0*



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

# REVISIÓN Y NUEVA CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE USUARIO PARA LOS HMI INDUSTRIALES

## 1. Introducción

La industria manufacturera ha centrado la mayoría de sus recursos a la optimización de los procesos industriales, y durante muchos años la investigación puramente tecnológica ha sido la única vía para la innovación. No obstante, con la llegada de la nueva industria inteligente, se han integrado nuevos modelos complementarios que favorecen a la creación de productos y servicios con mayor valor añadido. En este contexto, uno de los retos principales en la nueva era es la adaptación de los sistemas a las necesidades de las personas (Lasi et al., 2014). Para ello, será clave optimizar la interacción entre máquina y usuario, la cual habitualmente sucede mediante las Interfaces Humano Máquina (HMI).

En la nueva era de la Industria 4.0, el valor de los HMIs ha incrementado significativamente. En la actualidad, más allá del control de las funciones de la máquina, ofrecen la oportunidad de visualizar los procesos, mostrar instrucciones para actividades manuales, administrar las tareas productivas y dar soporte a la gestión de los procesos productivos. Lo cual, permitirá a los operarios adoptar roles más estratégicos en la toma de decisión y resolución de problemas.

En esta línea, uno de los campos más propicios para el cumplimiento de dicho objetivo es el diseño de la Experiencia de Usuario (UX). El UX se podría considerar el eslabón que mayor vínculo genera entre el producto y el ser humano, y el lugar donde mayor presencia tienen las emociones humanas. Las emociones tienen un impacto directo en el conocimiento humano, el proceso de aprendizaje, la toma de decisiones e inteligencia (Davidson et al., 2003). Por ello, el UX se puede considerar como la disciplina apropiada para generar afecto, eficiencia, interacciones satisfactorias y garantizar procesos de aprendizaje en sistemas tan complejos como los que se pueden encontrar en el ámbito de la máquina herramienta.

Para poder implementar los conocimientos del diseño de la experiencia de usuario en la industria, es necesario crear herramientas y métodos que ayuden a las empresas en el desarrollo de nuevos productos. En este contexto, los métodos de evaluación para su uso a lo largo del proceso de diseño asumen un papel importantísimo. La evaluación permite identificar factores críticos en la experiencia de la interacción y facilita la propuesta de nuevas soluciones. Asimismo, los métodos de evaluación pueden adaptarse de forma fácil a las necesidades y condiciones de cada empresa, puesto que las herramientas permiten detectar factores críticos, pero después posibilitan ejecutar diferentes acciones (con soluciones más o menos drásticas) según las capacidades de la empresa o el tipo de proyecto.

Ante esta situación, se ha realizado una revisión de los métodos y herramientas principales del UX. Mediante esta revisión, se pretende identificar métodos que hayan sido empleados en la evaluación de HMIs industriales, para así poder identificar nuevas oportunidades y establecer los requisitos que deben cumplir las nuevas herramientas para la adecuada incorporación en las empresas manufactureras.

## 2. La experiencia de usuario (UX)

En la última década, a causa de la evolución hacia la sociedad de la experiencia, el campo del HCI ha entrado en una nueva era, donde el foco principal de los diseñadores se centra en la generar experiencias de usuario positivas (Lallemand & Koenig, 2017). Más allá del enfoque tradicional en la funcionalidad y usabilidad del sistema, factores como la estética de la interfaz y la experiencia emocional han cobrado suma importancia.

La denominada evolución hacia la experiencia de usuario se puede ver reflejada en la normativa ISO sobre usabilidad y la interacción entre humano y máquina. La norma ISO 9241-11:1998 (1998) definía la usabilidad como “la medida en que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico” En esta definición, relacionan la eficacia con la precisión con la que los usuarios cumplen con el objetivo; la eficiencia con la relación de los recursos empleados, la precisión y el grado de consecución y la satisfacción con la ausencia de incomodidad y la existencia de actitudes positivas hacia el uso del producto.

Sin embargo, con la evolución de la tecnología y la difusión de interfaces digitales a todo tipo de entornos tanto comerciales como domésticos, la atención en aspectos subjetivos y emocionales de los usuarios ha incrementado considerablemente. De hecho, el concepto de la usabilidad se ha limitado a la eficiencia y facilidad de uso, lo cual en muchos casos se da por sentado (Bevan, Carter, & Harker, 2015). Por lo tanto, la experiencia de usuario se convierte en el factor diferenciador de los sistemas. La ISO 9241-210:2010 (2010) define la experiencia de usuario como “la percepción y respuesta de la persona sobre el uso y/o uso anticipado de un producto, sistema o servicio”.

Como consecuencia, ante la evolución del enfoque en la percepción experiencial y emocional de los usuarios, la norma de usabilidad ha sido revisada y han reformulado el término de la satisfacción definiéndolo de la siguiente manera (ISO 9241-11:2018, 2018): “la medida en que las respuestas físicas, cognitivas y emocionales del usuario que resultan del uso de un producto, sistema o servicio satisfacen las necesidades y expectativas del usuario”.

### **3. Métodos de evaluación UX**

Los métodos de evaluación del UX también han evolucionado de la misma manera. Han variado del enfoque de aspectos únicamente funcionales y pragmáticos, a perspectivas centradas en los aspectos emocionales y psicológicos.

Como se ha podido ver en la definición anterior de la normativa ISO, son varios los aspectos que afectan en la experiencia final del usuario. De modo que, existen diferentes aproximaciones en cuanto los aspectos a evaluar entre los métodos de evaluación. Por ello, se han realizado varias revisiones durante los últimos años para poder visualizar los factores principales en los que se centran las herramientas de evaluación (Bevan, 2009; Vermeeren et al., 2010; Bargas-Avila y Hornbæk, 2011; Alves et al., 2014; Pettersson et al., 2018).

Bevan (2009) clasifica los métodos en base al objetivo de evaluación, diferenciándolos entre (i) métodos para evaluar y diseñar los objetivos hedónicos de estimulación, identificación y evocación y las respuestas emocionales asociadas; (ii) métodos para evaluar y diseñar la percepción del usuario sobre el cumplimiento los objetivos pragmáticos relacionados con la ejecución de tareas y (iii) métodos para apoyar el diseño de la experiencia de usuario, incluyendo la definición de requisitos y la comprensión del contexto de uso.

Vermeeren et al. (2010), realizaron una revisión del estado de los métodos de evaluación de la experiencia de usuario y sus necesidades a trabajar. Clasificaron un total de 86 métodos en base al origen, los tipos de datos, tipos de aplicación, fuente, espacio, fase de desarrollo y otros.

En la misma línea, Bargas-Avila y Hornbæk (2011) realizaron un estudio de 66 métodos de evaluación UX para analizar cómo se ejecutan las investigaciones empíricas en esta temática. Clasificaron los métodos en base a los tipos de producto en los que se aplican, las dimensiones de la experiencia en las que se enfocan y las herramientas propuestas. Posteriormente, Alves et al. (2014) realizaron una revisión acerca de la perspectiva de la evaluación de la experiencia en la industria. Para ello, proponían un total de 19 métodos, los

cuales las empresas y profesionales debían valorar acerca de su aplicación en sus evaluaciones.

Recientemente, Pettersson et al. (2018) han realizado una revisión de 100 artículos relevantes en los últimos años sobre la experiencia de usuario. Mediante esta revisión, pretenden actualizar el análisis de los métodos de evaluación, partiendo de los trabajos previamente mencionados. En su revisión, clasifican los métodos en base a las dimensiones de la experiencia, los métodos empleados y el periodo del tiempo en el que se ejecutan las evaluaciones.

Mediante estas revisiones, se han podido obtener conclusiones acerca de las dimensiones de la experiencia más habituales en las evaluaciones y las herramientas más utilizadas. Sin embargo, no ofrecen la información sobre los métodos aplicados en las interfaces industriales y en concreto en los HMIs.

## **4. Nueva clasificación de métodos UX**

Ante la necesidad de revisar la aplicación de métodos de evaluación UX en los entornos interactivos industriales, y en concreto, en la evaluación de HMIs, esta comunicación presenta una nueva clasificación de métodos UX.

### **4.1 Métodos clasificados**

La mayoría de los métodos recogidos en esta tabla proviene de la investigación de Vermeeren et al. (2010), el cual alberga un total de 86 métodos de evaluación. Asimismo, se han añadido otros 9 métodos recogidos en el estudio bibliográfico. No se han incluido otros métodos como el SUS (Brooke, 1996) o la evaluación heurística (Nielsen, 1994), puesto que se ha querido indagar en los métodos de evaluación desde la perspectiva experiencial, y no solo del nivel pragmático. Los 9 métodos sumados a la lista previa son los siguientes:

1. NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988)
2. Test de Sheldon (Sheldon et al., 2001)
3. User Experience Questionnaire (UEQ) (Laugwitz et al, 2008)
4. Open-HEREDEUX (Masip, 2013)
5. UX Heuristics (Arhippainen, 2013)
6. UXCards (Lallemand et al., 2014)
7. Aesthetics of interaction (Lenz et al., 2014)
8. Interactivity Attributes (Merete & Slette, 2016)
9. XGoals (Roto et al., 2017)

### **4.2 Criterios de clasificación**

Se han clasificados los métodos recogidos bajo los siguientes criterios: bajo los criterios del (i) tipo de aplicación, (ii) la fuente, (iii) la dimensión, (iv) el periodo de tiempo, (v) el tipo de estudio y (vi) el tipo de método. A continuación, se describen los mencionados criterios:

- Tipo de aplicación: se refiere al tipo de aplicación donde se ha empleado el método o para el que está creado. Se distinguen 4 tipos: aplicaciones web/software de PC (Web/PC), software móvil (Móv.), producto físico (Pr.) o HMI.

- Fuente: muestra si el método está diseñado para la evaluación de usuario (U) o la evaluación experta (E).

- Dimensión: indica la perspectiva del método de evaluación, es decir, si se enfocan en las dimensiones emocionales (EM.) o de usabilidad (US.).

- Periodo de tiempo: refleja el periodo en el que se realiza la evaluación de la experiencia. Se distinguen tres periodos: antes de la interacción (Pre.), durante la interacción (Dur.) y después de la interacción (Pos.).

- Tipo de estudio: indica si la evaluación se debe ejecutar en contexto real (Real) o en laboratorio (Lab.). Los métodos clasificados en ambos tipos indican que se pueden emplear en uno u otro indiferentemente.

- Tipo de método: indica el modo en el que el método evalúa la experiencia, diferenciando entre cuantitativo (Cn.), monitorización mediante dispositivos biométricos (Mon.) y cualitativo (Cl.).

### 4.3 Clasificación de métodos

A continuación, se muestra la nueva clasificación, donde se comparan 95 métodos bajo los criterios mencionados. Posteriormente, se ha realizado un análisis de los resultados de la clasificación.

**Tabla 1: Nueva clasificación de métodos de evaluación UX**

Métodos	Tipo de aplicación				Fuente		Dimensión		Periodo de tiempo			Tipo de estudio		Tipo de método		
	Web PC	Móv	Pr	HMI	U.	E.	US.	EM.	Pre	Dur	Pos	Lab	Real	Cn	Mon	Cl
2DES																
3E																
Aesthetic scale																
Aesthetics of interaction																
Affect grid																
Affective diary																
Attrak-work																
Attrakdiff																
Audio narrative																
AXE																
Co-discovery																
Context-aware ESM																
Contextual laddering																
Controlled observation																

Day reconstruction method																			
DES																			
EMO2																			
Emocards																			
Emofaces																			
Emoscope																			
Emotion cards																			
ESD																			
Experience clip																			
ESM																			
ECI																			
Exploration test																			
EUT																			
Facereader																			
Facial EMG																			
Feeltrace																			
Fun toolkit																			
GEQ																			
GAQ																			
GEW																			
Group based EW																			
HED/UT																			
Human computer trust																			
I.D. Tool																			
Inmersion																			
Interactivity attributes																			
IMI																			
iScale																			
KES																			
Living lab																			

method															
Long term diary study															
MAX															
Mental effort															
Mental mapping															
Mindmap															
MSM															
NASA-TLX															
Open-heredeux															
OPOS															
PAD															
Paired comparison															
PCA															
PBI															
PAVEA															
Playability heuristics															
PANAS															
PrEmo															
Presence questionnaire															
PCC															
PAS															
PET															
PPA															
PSA															
Property checklist															
Psychopsys.m easurement															
QSA GQM															
Reaction checklist															
RGT															
Resonance testing															

SAM															
SSEI															
SEI															
Sentence completion															
SERVUX															
SUMI															
Test de Sheldon															
This or that															
Timed ESM															
TRUE															
TUMCAT															
UEQ															
UTAUT															
UX Cards															
UX curve															
UX expert evaluation															
UX Heuristics															
UX laddering															
Valance method															
WAMMI															
Workshops + probe															
XGoals															

Tal y como se observa en la clasificación, la mayoría de métodos están orientados a aplicaciones web y software de PC (89%) y software móvil (74%), aunque muchos de ellos han sido aplicados indistintamente en web, móvil y producto (53%). En cambio, solo se ha identificado un método que esté orientado o haya sido empleado en la evaluación de HMI's industriales.

En cuanto a la fuente de información, casi todo el conjunto de métodos emplea la evaluación de usuario (91%), mientras que únicamente 13 métodos (14%) se basan en la evaluación experta. Además, de los 13 métodos, solo 8 métodos utilizan la perspectiva del experto como única vía de evaluación.

Por otro lado, todos los métodos recopilados están enfocados a la evaluación de la respuesta emocional de los usuarios. Como se ha mencionado en la introducción del apartado, se han obviado los métodos que solamente están basados en la evaluación pragmática, ya que no se consideran métodos de evaluación de la experiencia de usuario.



Sin embargo, más de la mitad de los métodos (56%) no evalúan la usabilidad del sistema, un factor necesario para poder valorar la experiencia de usuario en su totalidad.

Respecto al periodo de tiempo de la evaluación, claramente el modo más aplicado es la evaluación posterior a la interacción (%76), de los cuales la mayoría solo evalúa en la fase posterior (53 de 72). El número de métodos que solamente evalúan la fase previa (12%) o durante la interacción (12%) es muy reducido. Sorprende que únicamente son cuatro los métodos que evalúan los tres periodos de tiempo.

Dentro de los métodos evaluados la mayoría está desarrollada para aplicar en laboratorios (84%), aunque un gran número de métodos son aplicables también en contextos reales (65%).

Para finalizar, más de la mitad de los métodos revisados (59%) emplean herramientas cuantitativas mediante escalas o cuestionarios, mientras que el 46% aplica herramientas cualitativas. Cabe destacar que son escasos los métodos que combinan diferentes tipos de herramientas. 9 métodos compaginan la evaluación cuantitativa mediante cuestionarios o escalas y la evaluación cualitativa, mientras que únicamente 2 métodos combinan cuestionarios o escalas con la monitorización y las herramientas cualitativas.

## 5. Discusión

Tal y como muestra la nueva clasificación, a pesar de las significativas ventajas del UX, sus conocimientos apenas han sido introducidos en los entornos interactivos de fabricación. Se ha identificado únicamente un método aplicado en la evaluación de un HMI: el método XGoals (Roto et al., 2017). Este método se basa en evaluar en qué medida cumple el sistema las necesidades psicológicas de los usuarios, recogiendo mediante cuestionarios a usuarios. Gracias a estas respuestas, se puede recoger la valoración de los usuarios sobre la experiencia con el sistema industrial. Sin embargo, esta aproximación tiene una serie de limitaciones.

Por un lado, la aproximación de Roto et al. (2017) solo permite recoger la sensación de los usuarios acerca de las motivaciones cumplidas en la ejecución de una serie de tareas, pero no permite valorar los aspectos pragmáticos del sistema. Aunque lo primordial para tener una experiencia positiva sea cumplir con las necesidades psicológicas, en este tipo de entornos industriales es esencial valorar factores como la eficiencia y eficacia del sistema.

Por otro lado, el resultado del cuestionario XGoals sólo recoge la valoración del usuario, pero no muestran los elementos o aspectos del HMI que han influido en dicha valoración. Lo cual, dificulta la propuesta de soluciones para poder mejorar las experiencias de los usuarios.

Asimismo, sólo emplea la evaluación de usuario en la fase posterior de la evaluación, no combina con otro tipo de herramientas de evaluación experta como guías de evaluación o heurísticos. Lo cual, hace que la valoración solo se recoja desde el punto de vista del usuario y en la ejecución de una serie de tareas concretas. La combinación con otras herramientas expertas permitiría recoger una información más completa y desde diferentes perspectivas.

## 6. Conclusiones

En base a la nueva clasificación presentada, se concluye que existe la necesidad de la creación de nuevos métodos que evalúen el UX en la interacción con los HMIs industriales.

En cuanto al enfoque que deben adoptar estas nuevas herramientas, la clasificación muestra una serie de oportunidades. Se puede ver que solamente 6 métodos combinan la

evaluación experta y la evaluación de usuario. Por ello, se puede deducir que existe la necesidad de crear métodos que aúnan ambas perspectivas, ya que los métodos expertos permiten evaluar las características y funcionalidades de los sistemas, mientras que la evaluación de usuario permite valorar la percepción del usuario acerca de la experiencia. En lo que respecta a las fases de evaluación, ante la necesidad identificada, se propone que las nuevas herramientas se centren en la totalidad de la experiencia, evaluando la experiencia antes, durante y después de la interacción. De este modo, se podrá recoger la percepción inicial del usuario, detectar los factores que inciden directamente en el uso del sistema y finalmente recoger la valoración de la experiencia. En relación con los métodos, es crucial combinar métodos que evalúen los aspectos pragmáticos y los experienciales. Una experiencia será positiva siempre que se cumpla con las necesidades emocionales y psicológicas de los usuarios, pero para ello es imprescindible verificar la usabilidad del sistema. Para ello, se propone el uso de métodos tanto cuantitativos como cualitativos, tomando en cuenta también el uso de dispositivos de monitorización biométrica.

Por consiguiente, la clasificación pone en relieve la necesidad de crear una nueva herramienta multi-método que evalúe el UX en la interacción con los HMIs industriales. Ante las oportunidades detectadas, se propone que la herramienta aúne las perspectivas de usuario y experto, para poder evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales en las tres fases de la experiencia, y que combine métodos cuantitativos, cualitativos y de monitorización.

## 7. Bibliografía

- Alves, R., Valente, P., & Nunes, N. J. (2014). The state of user experience evaluation practice. *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Fun, Fast, Foundational - NordiCHI '14*. <https://doi.org/10.1145/2639189.2641208>
- Arhippainen, L. (2013). A Tutorial of Ten User Experience Heuristics. *Proceedings of International Conference on Making Sense of Converging Media - AcademicMindTrek '13*, 336–337. <https://doi.org/10.1145/2523429.2523491>
- Bargas-Avila, J. A., & Hornbæk, K. (2011). Old wine in new bottles or novel challenges: a critical analysis of empirical studies of user experience. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 2689–2698). ACM.
- Bevan, N. (2009). What is The Difference Between The Purpose of Usability and User Experience Evaluation Methods? *Interact 2009*, (August), 1–4. <https://doi.org/10.20982/tqmp.09.2.p079>
- Bevan, N., Carter, J., & Harker, S. (2015). Iso 9241-11 revised: What have we learnt about usability since 1998? *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9169, 143–151. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-20901-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-20901-2_13)
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189(194), 4–7.
- Davidson, R. J., Kabat-Zinn, J., Schumacher, J., Rosenkranz, M., Muller, D., Santorelli, S. F., ... Sheridan, J. F. (2003). Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine*, 65(4), 564–570.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In *Advances in psychology* (Vol. 52, pp. 139–183). Elsevier.
- ISO 9241-11:1998. (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display

- terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability.
- ISO 9241-11:2018. (2018). Ergonomics of human-system interaction -- Part 11: Usability: Definitions and concepts.
- ISO 9241-210:2010. (2010). Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems.
- Lallemand, C., & Koenig, V. (2017). Lab Testing Beyond Usability: Challenges and Recommendations for Assessing User Experiences Lab Testing Beyond Usability: Challenges and Recommendations for Assessing User Experiences, (March).
- Lallemand, C., Koenig, V., & Gronier, G. (2014). How relevant is an expert evaluation of user experience based on a psychological needs-driven approach? *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Fun, Fast, Foundational - NordiCHI '14*, (October), 11–20. <https://doi.org/10.1145/2639189.2639214>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008). Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. *Proceedings of the 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society on HCI and Usability for Education and Work*, 63–76.
- Lenz, E., Diefenbach, S., Lenz, E., & Hassenzahl, M. (2014). Aesthetics of Interaction – A Literature Synthesis Aesthetics of Interaction – A Literature Synthesis, (November). <https://doi.org/10.1145/2639189.2639198>
- Masip Ardévol, L. (2013). User experience methodology for the design and evaluation of interactive systems. *TDX (Tesis Doctorals En Xarxa)*.
- Merete, H., & Slette, F. (2016). Interactivity attributes – controlling the ‘ feeling ’ of an interactive product Perspectives on designing interactivity, 1–12.
- Nielsen, J. (1994). Enhancing the explanatory power of usability heuristics. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 152–158). ACM.
- Pettersson, I., Lachner, F., Frison, A.-K., Riener, A., & Butz, A. (2018). A Bermuda Triangle? In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (p. 461). ACM.
- Roto, V., Kaasinen, E., Heimonen, T., Karvonen, H., Jokinen, J. P. P., Mannonen, P., ... Saariluoma, P. O. (2017). Utilizing experience goals in design of industrial systems. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 6993–7004). ACM.
- Sheldon, K. M., Elliot, A. J., Kim, Y., & Kasser, T. (2001). What Is Satisfying About Satisfying Events? Testing 10 Candidate Psychological Needs. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80(2), 325–339. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.80.2.325>
- Vermeeren, A. P. O. S., Law, E. L.-C., Roto, V., Obrist, M., Hoonhout, J., & Väänänen-Vainio-Mattila, K. (2010). User experience evaluation methods: current state and development needs. In *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries* (pp. 521–530). ACM.