

DEMOX: NUEVO MODELO DE TRABAJO DE DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LA UX EN  
INTERFACES INDUSTRIALES

ERIK ARANBURU ZABALO

Directores de Tesis:

Ganix Lasa Erle

Jon Kepa Gerrikagoitia Arrien



Tesis dirigida a la obtención del título de  
Doctor por Mondragon Unibertsitatea

Departamento de INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA ELÉCTRICA  
Mondragon Unibertsitatea

05 2020



# **Declaración de originalidad**

Declaro a través de este documento que esta tesis, y el trabajo presentado en ella con sus resultados fueron hechos totalmente por mí, en el Departamento de Ingeniería mecánica y energía eléctrica de la Escuela Politécnica Superior de Mondragon Unibertsitatea.



# Agradecimientos

Agradezco al Diseinu Berrikuntza Zentroa (DBZ) de Mondragon Unibertsitatea (MU) y a Mondragon Goi Eskola Politeknikoa (MGEP) la oportunidad y los recursos dedicados para el desarrollo este proyecto de investigación. En especial a mi director de tesis, Ganix Lasa.

De la misma manera, agradezco a la empresa Danobatgroup S.Coop, su participación e implicación en la presente investigación y en concreto al co-director de la tesis, Jon Kepa Gerrikagoitia.

Para finalizar, me gustaría agradecer a todas las personas que me han ayudado en el día a día.

Mila esker.



# Resumen

La llegada de la nueva era de la Industria 4.0 a comienzos de la década del 2010 ha cambiado significativamente el panorama de la realidad industrial. Este nuevo paradigma incluye nuevas tecnologías como los sistemas ciberfísicos, el Internet de las cosas, el Big Data y el Cloud Computing en los procesos de fabricación. Estos sistemas inteligentes son capaces de recoger, almacenar y estudiar datos para ofrecer nuevos productos y servicios que optimicen los procesos productivos y desarrollen todo el potencial de esta nueva industria.

En este contexto, los operarios comenzarán a adquirir funciones cada vez más estratégicas, de toma de decisiones y de resolución de problemas, evolucionando hacia el concepto del Operario 4.0. Para ello, los entornos de trabajo y especialmente las interfaces industriales deberán adaptarse a las necesidades y características de los operarios, de modo que puedan utilizar la información obtenida de las nuevas tecnologías para explotar al máximo sus virtudes y capacidades.

Ante esta situación, la experiencia de usuario (UX) se presenta como una de las disciplinas que mayor potencial muestra en el diseño y evaluación de las interfaces industriales (Laschke et al., 2020). La UX, más allá de los aspectos pragmáticos que buscan la eficiencia de la ejecución de tareas, se centra en diseñar interacciones que cumplan con las necesidades emocionales de las personas (Hassenzahl, 2010). De hecho, los sistemas industriales diseñados en base a la perspectiva de la UX, además de aumentar la eficiencia de los operarios, generarán emociones positivas que impactan en su motivación e implicación, aumentando la inteligencia, capacidad de toma de decisiones y facilitando los procesos de aprendizaje (Kaasinen et al., 2019).

Con el objetivo de facilitar la introducción de los aspectos del diseño y evaluación de la UX en interfaces industriales en las empresas manufactureras, en la presente tesis doctoral se describe el desarrollo del modelo DEMOX (Design and Evaluation for Machine-Operator eXperiences). El modelo presenta un procedimiento de trabajo que permite evaluar la experiencia actual de los operarios con las interfaces industriales y habilita la propuesta de nuevas soluciones. Para ello, propone un método de evaluación basado en el usuario denominado eXperience Capturer (XC) y la herramienta de evaluación experta HEMEI. De esta manera, ofrece un modelo de trabajo para crear nuevas soluciones de interfaces que permitan a los operarios adquirir los nuevos roles del Operario 4.0, creando interacciones que, por un lado,

aumenten su eficiencia y rendimiento en la ejecución de tareas y, por otro lado, aumenten su bienestar psicológico en el trabajo.

En esta investigación, se muestra el proceso para el desarrollo del modelo DEMOX. En el primer capítulo, una vez contextualizada la temática, se listan los objetivos e hipótesis de la investigación, junto con la metodología aplicada. En el segundo capítulo se realiza la revisión bibliográfica en el campo de la evaluación UX y en concreto en el contexto industrial. El tercer capítulo describe el método de evaluación XC, junto con el caso de estudio MHLAB I desarrollado para su validación. En el cuarto capítulo se muestra la herramienta HEMEI, con la descripción de los aspectos que la componen y el caso de estudio MHLAB II ejecutado para su validación. El quinto capítulo presenta el modelo de trabajo DEMOX, que describe un procedimiento de diseño y evaluación de interfaces industriales compuesto por los métodos descritos anteriormente. Para su validación muestran dos casos de estudio, MHLAB III y MHLAB IV. Finalmente, se recogen las conclusiones principales de la tesis doctoral y se describen propuestas para líneas futuras de la investigación.

De esta manera, éstas son las aportaciones más relevantes obtenidas en la presente tesis doctoral:

- Nuevo procedimiento de diseño y desarrollo de interfaces digitales, denominado User Centered Agile Design (UCAD).
- Nueva tabla de clasificación de métodos y herramientas de evaluación UX.
- Nuevo método eXperience Capturer (XC), un método de evaluación de la UX en la interacción con interfaces industriales, tomando en cuenta los aspectos pragmáticos y experienciales en las tres fases de la interacción, con un enfoque multimétodo que combina herramientas cuantitativas, cualitativas y de monitorización.
- HEMEI: nueva herramienta de evaluación experta de la UX en interfaces industriales, evaluando tanto los aspectos pragmáticos como experienciales de la interacción.
- Modelo DEMOX, un nuevo procedimiento de evaluación y diseño de la UX en interfaces industriales, para facilitar la integración de dichos conocimientos en los procesos actuales de las empresas manufactureras.



# Laburpena

2010-eko hamarkada hasieran heldu zen Industrial 4.0 fenomenoak egungo industriaren ikuspegia guztiz aldatu du. Laugarren iraultza industrial honek, fabrikazio prozesuetan sistema ziber-fisikoak, interneta, Big Data edota Cloud Computing teknologia txertatzea ahalbidetu du. Teknologia adimentsu hauei esker, lantegietako sistema konektatu guztien datuak jaso, gorde eta ikertu daitezke, honela balio gehitua duten produktu eta zerbitzu berriak eskainiz.

Aro berri honetan langileak eginkizun estrategiko berriak bereganatzen hasiko dira, Operator 4.0 kontzepturantz bilakaera eginez. Horretarako, lan inguruneak eta batez ere teknologia hauekin interaktuatzeko interfazeak langileen behar eta ezaugarrietara egokitu beharko dira. Honen ondorioz, langileek teknologia berri hauek dakarten gaitasuna guztiz aprobetxatzea bermatuko da.

Egoera honen aurrean, erabiltzailearen esperientzian oinarritutako diseinu disziplina, UX deiturikoa, erabiltzaileen beharretara egokitutako interfazeak diseinatu eta ebaluatzeko aukera gehien eskaintzen duen disziplina kontsidera daiteke (Laschke et al., 2020). UX-a, lanen efizientzia bilatzen duten aspektu pragmatikoaz haratago, erabiltzaileen behar emozionalak betetzen dituzten interakzio esperientziak diseinatzean oinarritzen da (Hassenzahl, 2010). Izan ere, UX-aren ikuspegitik diseinatutako interfaze industrialak, langileen errendimendua hobetzeaz gain, beraien motibazio eta inplikazioan eragingo duten emozio positiboak sortzea ahalbidetzen du, honela beraien ahalmenak handituz eta erabakiak hartzen eta ikaste prozesuetan lagunduz (Kaasinen et al., 2019).

Enpresen interfaze industrialen diseinu eta ebaluazio prozesuetan UX-aren kontzeptuak txertatu ahal izateko, doktoretza honetan DEMOX (Design and Evaluation of Machine-Operators eXperiences) modeloaren garapena aurkeztu da. Modelo honek, langileek egungo interfazeekin duten esperientzia ebaluatzeko eta hauentzat proposamen berriak planteatzea ahalbidetzen du. Horretarako, erabiltzailean oinarritutako ebaluazio metodo bat proposatzen du, eXperience Capturer (XC) deiturikoa eta adituaren ikuspegitik ebaluatzeko erraminta bat, HEMEI izenekoa. Hauen bitartez, Operator 4.0 kontzeptuko eginkizun berriak bereganatzea erraztuko duten interfaze berriak diseinatzeko lan metodologia bat eskaintzen du. Interfaze berri hauek, alde batetik, lanen efizientzia eta errendimendua eta, bestetik, langileen ongizate psikologikoa handitzen lagunduko dute.

Lan honetan zehar DEMOX modeloaren garapen prozesua aurkeztu da. Lehen kapituluan, behin testuingurua aurkeztuta, tesiko helburu eta hipotesiak zein hauek aurrera eramateko ezarritako metodologia zehaztu dira. Bigarren kapituluan, UX-aren ebaluazioaren inguruko azterketa bibliografikoa erakutsi da, konkretuki ingurune industrialetan zentratuz. Hirugarren kapituluan, erabiltzailean oinarritutako XC ebaluazio metodoa aurkeztu da, honen balidaziorako egindako MHLAB I azterketa kasuarekin batera. Laugarren kapituluan, aditu ikuspegitik ebaluatzeko HEMEI erraminta azaldu da, baita hau osatzen duten aspektuak eta balidaziorako MHLAB II kasua ere. Bostgarren kapituluan, DEMOX modeloa aurkeztu da, aurrez aipatutako metodo eta erramintaz osatutako metodologia deskribatuz. Honekin batera, balidaziorako bi azterketa kasu azaldu dira, MHLAB III eta MHLAB IV. Azkenik, doktoretzako ondorio nagusiak jaso dira eta ikerketako etorkizuneko hainbat ildo zehaztu dira.

Amaitzeko, tesian zehar lortutako ekarpen nagusienak honako hauek dira:

- Interfaze digitalen diseinu eta garapenerako prozedura berri bat, User Centered Agile Design (UCAD) deiturikoa.
- UX-aren ebaluaziorako metodo eta erraminten klasifikazio taula berri bat.
- Interfaze industrialetako esperientzia ebaluatzeko eXperience Capturer (XC) metodo berria, zeinak aspektu pragmatiko eta esperientzialak interakzioko hiru faseetan aztertzen dituen, ikuspuntu multimetodo batetik erraminta kuantitatibo, kualitatibo eta monitorizaziokoak uztartuz.
- Aditu ikuspegitik, interfaze industrialetako esperientzia ebaluatzeko HEMEI erraminta berria, interakzioko aspektu pragmatikoak eta esperientzialak kontutan hartuz
- DEMOX modeloa, interfaze industrialetako esperientzia ebaluatu eta diseinatzeko prozedura, UX-aren ezagutza manufaktura-zioko enpresen prozesuetan txertatu ahal izateko.

# Abstract

The arrival of the new era of Industry 4.0 at the beginning of the 2010 decade has significantly changed the landscape of industrial reality. This new paradigm includes new technologies such as cyberphysical systems, the Internet of Things, Big Data and Cloud Computing in manufacturing processes. These intelligent systems are capable of collecting, storing and studying data to offer new products and services that optimize production processes and exploit the full potential of this new industry.

In this context, operators will begin to acquire more strategic, decision-making and problem-solving functions, evolving towards the concept of Operator 4.0. To this end, working environments and especially industrial interfaces will have to be adapted to the needs and characteristics of the operators, so that they can use the information obtained from the new technologies to make the most of their strengths and capabilities.

Given this situation, user experience (UX) is presented as one of the disciplines that shows the greatest potential in the design and evaluation of industrial interfaces (Laschke et al., 2020). Beyond the pragmatic aspects that seek the efficiency of task execution, UX focuses on designing interactions that meet the emotional needs of people (Hassenzahl, 2010). In fact, industrial systems designed based on the UX perspective, in addition to increasing the efficiency of operators, will generate positive emotions that impact on their motivation and involvement, increasing intelligence, decision-making capacity and facilitating learning processes (Kaasinen et al., 2019).

In order to facilitate the introduction of UX design and evaluation aspects of industrial interfaces in manufacturing companies, this doctoral thesis describes the development of the DEMOX model (Design and Evaluation for Machine-Operator eXperiences). The model presents a working procedure that allows the evaluation of the current experience of operators with industrial interfaces and enables the proposal of new solutions. To this end, it proposes a user centered evaluation method called eXperience Capturer (XC) and the expert evaluation tool HEMEI. In this way, it offers a working model for creating new interface solutions that allow operators to acquire the new roles of Operator 4.0, creating interactions that, on the one hand, increase their efficiency and performance in the execution of tasks and, on the other hand, increase their psychological well-being at work.

In this research, the process for the development of the DEMOX model is shown. In the first chapter, once the subject has been contextualized, the objectives and

hypotheses of the investigation are listed, along with the methodology applied. In the second chapter, the literature review is conducted in the field of UX evaluation and specifically in the industrial context. The third chapter describes the XC evaluation method, together with the MHLAB I case study developed for its validation. The fourth chapter shows the HEMEI tool, with the description of its aspects and the MHLAB II case study executed for its validation. The fifth chapter presents the DEMOX working model, which describes a design and evaluation procedure for industrial interfaces composed of the methods described above. Two case studies, MHLAB III and MHLAB IV, are shown for validation. Finally, the main conclusions of the doctoral thesis are presented and proposals for future lines of research are described.

Therefore, these are the most relevant contributions obtained in the present doctoral thesis:

- New procedure for the design and development of digital interfaces, called User Centered Agile Design (UCAD).
- New classification table of UX evaluation methods and tools.
- The eXperience Capturer (XC), a new method for evaluating UX in the interaction with industrial interfaces, taking into account pragmatic and experiential aspects in the three phases of the interaction, with a multi-method approach that combines quantitative, qualitative and monitoring tools.
- HEMEI: new tool for the expert evaluation of UX in industrial interfaces, evaluating both the pragmatic and experiential aspects of the interaction.
- DEMOX model, a new procedure for the evaluation and design of UX in industrial interfaces, to facilitate the integration of such knowledge into the current processes of manufacturing companies.

## Publicaciones vinculadas a esta tesis

- Aranburu-Zabalo, E., Lasa-Erle, G., Iruretagoiena-Irazusta, G., Reguera-Bakhache, D., & Gerrikagoitia-Arrien, J.-K. (2017). New user centered methodologies for software development in the industry 4.0 era. *Dyna (Spain)*, 92(5) (I.F.: 0,629; Q4). <https://doi.org/10.6036/8447>
- Aranburu-Zabalo, E., Lasa-Erle, G., Reguera-Bakhache, D., Gerrikagoitia, J. K., & Iruretagoiena-Irazusta, G. (2017). Metodología UCAD: nuevo procedimiento de diseño de interfaces centrado en el usuario para la industria 4.0. *Dyna new technologies*, 4(1).
- Aranburu-Zabalo, E., Lasa-Erle, G., & Reguera-Bakhache, D. (2017). Metodología UCAD: principios para garantizar el desarrollo de soluciones digitales que tienen en cuenta a los usuarios. *CIDIP 2017 Cádiz (Spain)*.
- Aranburu Zabalo, E., Lasa Erle, G., & Justel Lozano, D. (2017). Revisión de metodologías de desarrollo de software y su evolución hacia la experiencia de usuario. *CIDIP 2017 Cádiz (Spain)*.
- Aranburu, E. & Lasa, G. (2017). EIEH: Industriako interakzio digitalak diseinatzeko erraminta berria. En *Ikergazte 2017*. Pamplona, Spain.
- Aranburu, E., Lasa, G., Mazmela, M. & Gerrikagoitia, J.K. (2017). Experience Context Capturer (ECC): new approach to analyse the user experience context within the industrial HMI environments. *XXVI. International RESER Conference*. Bilbao, Spain.
- Aranburu, E., Lasa, G. & Gerrikagoitia, J.K. (2018). Evaluating the Human Machine Interface Experience in Industrial Workplaces. *Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference (HCI 2018)*. Belfast, UK, 4 - 6 July 2018. <http://dx.doi.org/10.14236/ewic/HCI2018.93>
- Aranburu, E., Lasa, G., Gerrikagoitia, J. K., & Mazmela, M. (2019). Revisión y nueva clasificación de métodos de evaluación de la experiencia de usuario para los HMI industriales. *CIDIP 2019 Málaga (Spain)*
- Aranburu, E., Lasa, G., & Gerrikagoitia, J. K. (2019, June). HEMEI: new user experience evaluation tool for Human-Machine Interfaces. In *Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction* (pp. 1-2).

- Aranburu, E., Lasa, G., Gerrikagoitia, J.K. & Mazmela, M. (aceptado). Caso de estudio de la herramienta de evaluación experience Capturer en el proceso de diseño de un HMI industrial. *Sustainability (I.F.:2,592; Q2)*.
- Aranburu, E., Mazmela, M. y Lasa, G. (aceptado). Factores críticos de las interfaces industriales para la digitalización de la industria. Capítulo de libro en *Industria 4.0 y la Dirección e Ingeniería de Proyectos* del Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, en coedición con la Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos (AEIPRO).
- Aranburu, E., Lasa, G. & Gerrikagoitia, J.K. (En revisión). Assessing the Human Machine Interfaces beyond the usability: a new approach to decode the interaction in workplaces. *Cognition, Technology and Work (I.F.:1,188; Q3)*.

# Tabla de contenidos

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETO DE LA TESIS .....	3
1.2	CONTEXTO DE LA TESIS.....	5
1.3	ANTECEDENTES EN MGEP.....	11
1.4	HIPÓTESIS DE LA TESIS.....	14
1.5	OBJETIVOS DE LA TESIS.....	15
1.6	METODOLOGÍA .....	17
1.7	ESTRUCTURA DE LA TESIS .....	19
<b>2</b>	<b>REVISIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA UX Y SU APLICACIÓN EN ENTORNOS INDUSTRIALES .....</b>	<b>23</b>
2.1	EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE INTERFACES DIGITALES.....	23
2.2	ENFOQUES DEL DISEÑO DE EXPERIENCIAS.....	27
2.2.1	<i>Experience Design (Shedroff, 2001)</i> .....	29
2.2.2	<i>Emotional Design (Norman, 2004)</i> .....	30
2.2.3	<i>Understanding experience in interactive systems (Forlizzi &amp; Battarbee, 2004)</i> .....	31
2.2.4	<i>Framework for evaluation of affective design (Khalid &amp; Helander, 2006)</i> .....	32
2.2.5	<i>Framework of Product Experience (Desmet &amp; Hekkert, 2007)</i> .....	33
2.2.6	<i>Usability, aesthetics and emotions in Human Technology Interaction (Thüring &amp; Mahlke, 2007)</i> 34	
2.2.7	<i>User Experience over time: an initial framework (Karapanos et al., 2009)</i> .....	35
2.2.8	<i>Experience Design: Technology for all the right reasons (Hassenzahl, 2010)</i> .....	36
2.2.9	<i>The elements of user experience: user-centered design for the web and beyond (Garrett, 2010)</i> 38	
2.2.10	<i>Experience-centered Design (Wright &amp; McCarthy, 2010)</i> .....	38
2.3	MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE USUARIO.....	39
2.4	MÉTODOS DE EVALUACIÓN EXPERTA Y DE USUARIO .....	47
2.4.1	<i>Evaluación experta</i> .....	48
2.4.2	<i>Evaluación de usuario</i> .....	54
2.4.2.1	Cuestionarios estandarizados .....	54
2.4.2.2	Monitorización de la actividad .....	61
2.5	UX EN ENTORNOS DE TRABAJO Y DE INTERFACES INDUSTRIALES .....	62
2.6	ESTUDIO CRÍTICO DEL ESTADO DEL ARTE.....	74
2.6.1	<i>Dimensiones y elementos de la experiencia en los entornos industriales</i> .....	74
2.6.2	<i>Revisión de métodos y herramientas de evaluación UX</i> .....	77
2.6.3	<i>La aplicación de la UX en interfaces industriales y su evaluación</i> .....	79
2.6.4	<i>Oportunidades de investigación identificadas</i> .....	86
<b>3</b>	<b>DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN CENTRADO EN EL USUARIO EXPERIENCE CAPTURER .....</b>	<b>91</b>
3.1	DESARROLLO DEL MÉTODO EXPERIENCE CAPTURER .....	91
3.1.1	<i>Fase previa a la interacción</i> .....	93
3.1.1.1	Contexto.....	93
3.1.1.2	Persona .....	95
3.1.1.3	Motivaciones.....	97
3.1.1.4	Interfaz industrial .....	98
3.1.2	<i>Durante la interacción</i> .....	98

3.1.3	<i>Fase posterior de la interacción</i> .....	99
3.1.3.1	Cumplimiento de las motivaciones .....	99
3.1.3.2	Evaluación de las emociones.....	100
3.2	CASO DE ESTUDIO MHLAB I PARA LA VALIDACIÓN DE XC .....	100
3.2.1	<i>Procedimiento</i> .....	100
3.2.2	<i>Contexto de la evaluación</i> .....	101
3.2.3	<i>Participantes</i> .....	102
3.2.4	<i>Metodología</i> .....	102
3.2.5	<i>Resultados</i> .....	103
3.2.6	<i>Conclusiones</i> .....	108
<b>4</b>	<b>DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN EXPERTA HEMEI .....</b>	<b>113</b>
4.1	DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA EXPERTA HEMEI.....	113
4.1.1	<i>Criterios para la definición de aspectos de HEMEI</i> .....	113
4.1.1.1	Heurísticos de usabilidad .....	114
4.1.1.2	Necesidades psicológicas .....	114
4.1.1.3	Experimentaciones previas y entrevistas con operarios .....	114
4.1.2	<i>Descripción y contenido de la herramienta HEMEI</i> .....	114
4.1.2.1	Navegación.....	115
4.1.2.2	Introducción de parámetros.....	116
4.1.2.3	Ejecución .....	116
4.1.2.4	Gestión de ficheros .....	117
4.1.2.5	Diagnóstico.....	117
4.1.2.6	GUI .....	118
4.1.2.7	General.....	118
4.2	CASO DE ESTUDIO MHLAB II PARA LA VALIDACIÓN DE HEMEI .....	119
4.2.1	<i>Procedimiento</i> .....	119
4.2.2	<i>Software evaluado</i> .....	119
4.2.3	<i>Contexto del estudio</i> .....	119
4.2.4	<i>Participantes</i> .....	119
4.2.5	<i>Metodología</i> .....	120
4.2.6	<i>Resultados</i> .....	120
4.2.7	<i>Conclusiones</i> .....	121
4.2.8	<i>Nueva versión de la herramienta HEMEI</i> .....	122
4.2.8.1	General.....	124
4.2.8.2	Planning.....	124
4.2.8.3	Setup .....	125
4.2.8.4	Operation .....	125
4.2.8.5	Monitoring .....	126
4.2.8.6	Support and Maintenance.....	126
<b>5</b>	<b>DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL MODELO DE TRABAJO DEMOX.....</b>	<b>131</b>
5.1	DESARROLLO DEL MODELO DE TRABAJO DEMOX .....	131
5.1.1	<i>Procedimiento del modelo de trabajo DEMOX</i> .....	132
5.1.1.1	Comprender .....	132
5.1.1.2	Conceptualizar.....	133
5.1.1.3	Implementar.....	134
5.2	VALIDACIÓN DEL MODELO DE TRABAJO DEMOX.....	135
5.2.1	<i>Caso de estudio MHLAB III</i> .....	135
5.2.1.1	Procedimiento.....	135
5.2.1.2	Participantes .....	137
5.2.1.3	Contexto.....	137
5.2.1.4	Metodología.....	138
5.2.1.5	Resultados.....	141
5.2.1.6	Conclusiones .....	148



5.2.2	<i>Caso de estudio MHLAB IV</i> .....	149
5.2.2.1	Procedimiento.....	149
5.2.2.2	Aplicaciones a evaluar.....	150
5.2.2.3	Participantes.....	152
5.2.2.4	Contextos.....	153
5.2.2.5	Metodología.....	153
5.2.2.6	Resultados.....	155
5.2.2.7	Conclusiones.....	161
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS</b> .....	<b>167</b>
6.1	CONCLUSIONES GENERALES.....	167
6.2	VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS.....	173
6.3	APORTACIONES MÁS RELEVANTES.....	176
6.4	LÍNEAS FUTURAS.....	179
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>183</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>195</b>
8.1	TABLA DE CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE LA UX.....	195
8.2	VISUALIZACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE MHLAB I.....	200
8.3	HERRAMIENTA HEMEI.....	201
8.3.1	<i>Navegación</i> .....	201
8.3.2	<i>Introducción de parámetros</i> .....	202
8.3.3	<i>Ejecución</i> .....	203
8.3.4	<i>Gestión de ficheros</i> .....	204
8.3.5	<i>Diagnóstico</i> .....	206
8.3.6	<i>GUI</i> .....	207
8.3.7	<i>General</i> .....	209
8.4	NUEVA VERSIÓN DE LA HERRAMIENTA HEMEI.....	210
8.4.1	<i>General</i> .....	210
8.4.2	<i>Planning</i> .....	213
8.4.3	<i>Setup</i> .....	214
8.4.4	<i>Operation</i> .....	216
8.4.5	<i>Monitoring</i> .....	217
8.4.6	<i>Support and maintenance</i> .....	218

# Lista de figuras

Figura 1: Procedimiento del modelo de trabajo DEMOX .....	3
Figura 2: Modelo de Lógicas de la Sociedad (Mogensen, 2006).....	7
Figura 3: Pirámide de las necesidades desde la perspectiva del diseño de interacción (Anderson, 2006) .....	8
Figura 4: La transformación en las ofertas económicas (Pine & Gilmore, 1998) .....	8
Figura 5: Procedimiento de la metodología UCAD (Aranburu et al., 2017).....	12
Figura 6: Metodología de la presente investigación, adaptada de <i>Design Inclusive Research</i> Horvath (2008).....	17
Figura 7: Método de revisión de los enfoques de la UX, basado en el trabajo de Brhel et al. (2015) .....	28
Figura 8: 6 dimensiones de la experiencia (Shedroff, 2001).....	30
Figura 9: Tres niveles de la experiencia (Norman, 2004) .....	31
Figura 10: Proceso en el diseño de experiencias (Khalid & Helander, 2006) .....	32
Figura 11: Tres niveles o componentes de la experiencia con el producto (Desmet & Hekkert, 2007) .....	33
Figura 12: Proceso en las emociones creadas en la experiencia (Desmet & Hekkert, 2007) .....	34
Figura 13: Componentes de la experiencia de usuario (Thüring & Mahlke, 2007).....	35
Figura 14: El proceso de la experiencia de usuario en el tiempo (Karapanos et al., 2009) .....	36
Figura 15: Los tres niveles de la experiencia (Hassenzahl, 2010).....	38
Figura 16: Resultado de la revisión sobre métodos aplicados en la evaluación de la UX (Alves et al., 2014).....	44
Figura 17: Perspectivas para la evaluación de la experiencia de usuario (Hassenzahl, 2018) .....	47
Figura 18: Modelo para el diseño de interfaces basado en la monitorización, adaptado de Peruzzini et al. (2018) .....	71
Figura 19: Marco de diseño y evaluación de interfaces digitales en la industria, adaptado de Kaasinen et al. (2019) .....	73
Figura 20: Marco de la UX en la interacción con interfaces industriales.....	75
Figura 21: Los elementos clave en la evaluación de la UX en interfaces industriales .	91
Figura 22: Proceso de evaluación del método XC .....	92
Figura 23: Niveles Micro UX y Macro UX del contexto, adaptado de Von Saucken & Gomez (2014).....	93
Figura 24: Plantilla con los factores que componen la herramienta Personas.....	96
Figura 25: Motivaciones a cumplir y sus factores de evaluación en la UX en entornos industriales .....	99
Figura 26: Primera versión del software DoGrind.....	101
Figura 27: Segunda versión del software, denominada DoGrind 2.0.....	101

Figura 28: Resultado del perfil de los participantes visualizado en la herramienta Personas .....	103
Figura 29: Resultado del cuestionario sobre el contexto del estudio .....	104
Figura 30: Fragmento de la visualización de la arquitectura de la información de DoGrind .....	105
Figura 31: Visualización de uno de los factores críticos detectados en la evaluación de DoGrind .....	106
Figura 32: Comparativa de los resultados del cuestionario PANAS-X en DoGrind y DoGrind 2.0 .....	107
Figura 33: Comparativa de los resultados del cuestionario del cumplimiento de las motivaciones en DoGrind y DoGrind 2.0 .....	108
Figura 34: Resultado del número de aspectos a mejorar detectados por los diseñadores y por los desarrolladores .....	120
Figura 35: Procedimiento de evaluación y diseño del modelo trabajo DEMOX .....	132
Figura 36: Fases ejecutadas en el caso de estudio MHLAB III .....	136
Figura 37: La primera versión de la aplicación ikDAS .....	136
Figura 38: La nueva versión denominada ikDAS2 .....	137
Figura 39: Fragmento de la arquitectura de la información de ikDAS.....	143
Figura 40: Comparativa de los resultados de los operarios en el cumplimiento de las motivaciones en ikDAS y ikDAS2.....	144
Figura 41: Comparativa de los resultados de los estudiantes en el cumplimiento de las motivaciones en ikDAS y ikDAS2.....	145
Figura 42: Resultado de la percepción de los operarios sobre ikDAS y ikDAS2.....	146
Figura 43: Medias de los resultados de la percepción de los operarios sobre ikDAS y ikDAS2 .....	146
Figura 44: Resultado de la percepción de los estudiantes sobre ikDAS y ikDAS2 ....	147
Figura 45: Medias de los resultados de la percepción de los estudiantes sobre ikDAS y ikDAS2 .....	148
Figura 46: Fases del modelo de trabajo DEMOX aplicadas en el caso de estudio MHLAB IV .....	150
Figura 47: Resultados del cumplimiento de las motivaciones en el nuevo DoGrind 3.0 .....	157
Figura 48: Resultados de la percepción de los usuarios sobre el nuevo DoGrind 3.0	158
Figura 49: Medias de los resultados de la percepción de los usuarios sobre el nuevo DoGrind 3.0 .....	158
Figura 50: Parte de la visualización gráfica de los resultados de MHLAB I, relacionado con las fase “Durante” del método XC .....	200

# Lista de tablas

Tabla 1: La relación de los objetivos con las hipótesis a validar.....	15
Tabla 2: Descripción de los casos de estudio realizados en la investigación .....	18
Tabla 3: Definiciones de la UX y su porcentaje de preferencia recogidas en la revisión de Lallemand et al. (2015) .....	25
Tabla 4: 23 afirmaciones sobre la UX y su valoración recogidas en la revisión de Lallemand et al. (2015) .....	26
Tabla 5: Descripción y ejemplo de tipos de interacción y dimensiones de la experiencia (Forlizzi & Battarbee. 2004) .....	31
Tabla 6: Los resultados de la revisión de Vermeeren et al. (2010).....	42
Tabla 7: Resultados de la revisión sobre métodos de evaluación de la UX (Bargas-Avila & Hornbæk, 2011).....	43
Tabla 8: Resultados de la revisión sobre la evaluación de la experiencia en base a las dimensiones, métodos y periodos de tiempo (Pettersson et al., 2018).....	45
Tabla 9: Los 10 heurísticos de usabilidad de Nielsen (1994) .....	49
Tabla 10: 8 heurísticos para el diseño de interfaces digitales de Shneiderman (2010).....	50
Tabla 11: Adjetivos que componen el cuestionario de PANAS-X (Watson & Clark, 1999) .....	56
Tabla 12: Las 10 necesidades universales y sus elementos de valoración que componen el Test de Sheldon (Sheldon et al., 2001).....	56
Tabla 13: Los pares de adjetivos que componen la herramienta Attrakdiff 2 (Hassenzahl, n.d.).....	58
Tabla 14: Los aspectos que componen el cuestionario Aesthetic Scale (Lavie & Tractinsky, 2004) .....	58
Tabla 15: Aspectos que componen el cuestionario User Engagement Scale (O'Brien, 2010) .....	59
Tabla 16: Las 6 dimensiones y sus elementos que componen el cuestionario UEQ (Rauschenberger et al., 2013) .....	60
Tabla 17: Atributos estéticos e interactivos de un sistema en relación con aspectos emocionales (Merete & Slette, 2016) .....	60
Tabla 18: Aspectos estéticos e interactivos para evaluar interfaces digitales (Lenz et al., 2017).....	60
Tabla 19: Cuestionario para evaluar los cuatro factores de comportamiento (Harbich & Hassenzahl, 2011) .....	64
Tabla 20: Las 5 dimensiones para el bienestar psicológico en el trabajo. ....	65
Tabla 21: Revisión de artículos que aplican factores UX en entornos industriales (Wurhofer et al., 2015).....	66
Tabla 22: Caso de estudio donde se han aplicado las Xgoals para el diseño y evaluación de sistemas industriales (Roto et al., 2017).....	68
Tabla 23: Categorías de experiencia definidas por Zeiner et al. (2018) .....	70

Tabla 24: Resumen de los trabajos recogidos en el estado del arte de la UX en entornos de trabajo.....	80
Tabla 25: Tareas a ejecutar por los usuarios en el caso de estudio MHLAB I.....	102
Tabla 26: Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría Navegación..	115
Tabla 27: Ejemplos de algunos aspectos de evaluación de la categoría Introducción de Parámetros.....	116
Tabla 28: Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría Ejecución ....	116
Tabla 29: Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría Gestión de Archivos.....	117
Tabla 30: Aspectos de evaluación en la categoría Diagnóstico.....	117
Tabla 31: Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría GUI .....	118
Tabla 32: Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría General.....	118
Tabla 33: Comparativa entre la versión 1 y la versión 2 de HEMEI.....	123
Tabla 34: Aspectos de evaluación de la categoría General en la nueva versión de HEMEI .....	124
Tabla 35: Aspectos de evaluación de la categoría Planning en la nueva versión de HEMEI .....	124
Tabla 36: Aspectos de evaluación de la categoría Setup en la nueva versión de HEMEI .....	125
Tabla 37: Aspectos de evaluación de la categoría Operation en la nueva versión de HEMEI .....	125
Tabla 38: Aspectos de evaluación de la categoría Monitoring en la nueva versión de HEMEI .....	126
Tabla 39: Aspectos de evaluación de la categoría Support and Maintenance en la nueva versión de HEMEI .....	126
Tabla 40: Tareas a ejecutar en la fase Durante del método XC en ikDAS y ikDAS2.	139
Tabla 41: Adaptación de la herramienta Attrakdiff 2, con las cualidades y los términos a evaluar.....	140
Tabla 42: Tabla comparativa de los resultados de HEMEI en ikDAS y ikDAS2.....	141
Tabla 43: Aspectos críticos detectados en la segunda fase de evaluación de XC en ikDAS2 .....	143
Tabla 44: Las aplicaciones evaluadas en el caso de estudio MHLAB IV.....	150
Tabla 45: Clasificación de participantes por aplicación en el caso de estudio MHLAB IV .....	152
Tabla 46: Tareas asignadas para la evaluación de la nueva aplicación DoGrind 3.0 mediante el método XC .....	154
Tabla 47: Categorías evaluadas de la herramienta HEMEI para cada aplicación .....	155
Tabla 48: Aspectos críticos identificados en el nuevo DoGrind 3.0 en la segunda fase del método XC.....	156
Tabla 49: Resultados de la evaluación de los participantes de la empresa Danobat S.Coop.....	159
Tabla 50: Resultados de la evaluación de los participantes de Ideko S.Coop.....	160

Tabla 51: Resultados de la evaluación de los participantes de la empresa Soraluce S.Coop.....	160
Tabla 52: Tabla comparativa de métodos y herramientas de evaluación de la UX....	196
Tabla 53: Aspectos de evaluación en la categoría Navegación de la primera versión de HEMEI .....	201
Tabla 54: Aspectos de evaluación de la categoría Introducción de Parámetros de la primera versión de HEMEI .....	202
Tabla 55: Aspectos de evaluación en la categoría Ejecución de la primera versión de HEMEI .....	203
Tabla 56: Aspectos de evaluación en la categoría Gestión de Ficheros de la primera versión de HEMEI .....	204
Tabla 57: Aspectos de evaluación en la categoría Diagnóstico de la primera versión de HEMEI .....	206
Tabla 58: Aspectos de evaluación en la categoría GUI de la primera versión de HEMEI .....	207
Tabla 59: Aspectos de evaluación en la categoría General de la primera versión de HEMEI .....	209
Tabla 60: Aspectos de evaluación de la categoría General de la nueva versión de HEMEI .....	210
Tabla 61: Aspectos de evaluación de la categoría Planning de la nueva versión de HEMEI .....	213
Tabla 62: Aspectos de evaluación de la categoría Setup de la nueva versión de HEMEI .....	214
Tabla 63: Aspectos de evaluación de la categoría Operation de la nueva versión de HEMEI .....	216
Tabla 64: Aspectos de evaluación de la categoría Monitoring de la nueva versión de HEMEI .....	217
Tabla 65: Aspectos de evaluación de la categoría Support and Maintenance de la nueva versión de HEMEI .....	219

# Abreviaturas

**DBZ:** Diseinu Berrikuntza Zentroa, centro de innovación en diseño de Mondragon Unibertsitatea.

**DCU:** Diseño Centrado en el Usuario, disciplina del diseño que tiene como objetivo crear productos y servicios basados en las necesidades de los usuarios.

**DEMOX:** Design and Evaluation for Machine-Operator eXperiences, un modelo de trabajo para el diseño y evaluación de las interfaces industriales desde la perspectiva de la UX.

**DIR:** Design Inclusive Research, una metodología que tiene como objetivo aportar rigor científico a la investigación en diseño.

**DSA:** Desarrollo de Software Ágil, una metodología de desarrollo iterativo e incremental, donde los requisitos y soluciones evolucionan con el tiempo según la necesidad del proyecto.

**EEG:** Electroencefalograma, se trata de la exploración neurofisiológica basada en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral.

**GUI:** Graphic User Interface o Interfaz Gráfica de Usuario, es el sistema de componentes visuales con el que los usuarios interactúan con el software.

**HCI:** Human Computer Interaction, la disciplina que estudia el intercambio de información entre las personas y las computadoras.

**HMI:** Human Machine Interface o Interfaz Humano-Máquina, es la interfaz que permite la comunicación entre humano y máquina.

**IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers, organización para la investigación de la tecnología.

**ISO:** International Organization for Standardization, es una organización para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de normalización.

**MHLAB:** Laboratorio de máquina-herramienta, durante el documento se emplea para denominar los casos de estudio realizados en la tesis doctoral.

**S.Coop.:** Sociedad Cooperativa, se refiere a la sociedad constituida por socios, incorporados voluntariamente para actividades empresariales y con funcionamiento democrático.

**UCAD:** User Centered Agile Design, metodología creada en la presente investigación, constituida por el método DCU y DSA.

**UX:** User Experience o experiencia de usuario, disciplina de diseño que trata de diseñar la experiencia de los usuarios en la interacción con productos, sistemas o servicios.

**XC:** eXperience Capturer, método creado en esta tesis doctoral para la evaluación de la UX en la interacción de los operarios con las interfaces industriales.



# Glosario

**Arquitectura de la información:** se refiere a la organización y estructuración de la información y la navegación en aplicaciones digitales.

**Bienestar psicológico:** es el estado mental de la persona relacionado con la experiencia personal y basado en sus necesidades y deseos. En este trabajo, se entiende como la consecuencia del cumplimiento de las motivaciones o necesidades psicológicas.

**Diseño centrado en el usuario:** es la disciplina de diseño que trata de diseñar partiendo de las necesidades de las personas, con procesos iterativos que incluyen al propio usuario en el procedimiento.

**Diseño de experiencias:** es la disciplina de diseño que tiene como objetivo diseñar la experiencia de los usuarios en la interacción con productos, sistemas o servicios. Propone que el punto de partida para diseñar un producto debe ser la experiencia, antes que la tecnología que proporcionara dicha experiencia. Existen diferentes perspectivas sobre si las experiencias se diseñan o se diseñan para ciertas experiencias.

**Diseño de interacción:** se refiere a la disciplina del diseño que estudia la comunicación entre el usuario y el producto, tanto físico como digital.

**Diseño positivo:** es una filosofía de innovación desarrollada por investigadores del diseño de experiencias de la facultad de Diseño Industrial de la Universidad Tecnológica de Delft. Plantea el diseño como estrategia que busca promover el bienestar de los usuarios.

**Era de la experiencia:** concepto definido Pine & Gilmore (1998) que define una era en la que el objetivo principal reside en ofrecer experiencias, más allá de los objetivos en los que se centraba la sociedad anteriormente de extraer comodidades, fabricar bienes y ofrecer servicios.

**Hedonismo:** teoría que establece el placer como fin y fundamento de la vida. Dentro del diseño de experiencias está unido a aspectos como la estimulación, identificación o evocación.

**Herramienta de evaluación:** es el medio o recurso que facilita la evaluación de un producto, servicio o experiencia. En este trabajo se refiere al medio que permite obtener información e identificar factores críticos sobre una experiencia.

**Heurístico:** son los principios o requisitos que las aplicaciones digitales deben cumplir para una usabilidad adecuada.

**Industria 4.0:** se refiere a la cuarta revolución industrial, basada principalmente en las tecnologías inteligentes y los sistemas ciber-físicos conectados. El concepto surgió en Alemania a comienzos de la década del 2010.

**Interfaz:** es el punto físico, digital o lógico de comunicación e interacción entre el usuario y la computadora.

**Interfaz industrial:** se trata de la interfaz de un entorno industrial. En este trabajo, se refiere a las aplicaciones de software empleados en los entornos de trabajo industriales.

**Interacción:** es un tipo de acción que ocurre entre dos o más objetos, personas o elementos que tienen un efecto sobre el otro. En diseño, se refiere a las cualidades del efecto recíproco que se produce entre el usuario y el artefacto.

**Interacción Humano Máquina:** se refiere a la acción que ocurre entre humano y máquina. En este trabajo, el término máquina se refiere especialmente a los aparatos o artificios para la producción de piezas en el entorno de manufactura.

**Interfaz Humano Máquina:** es el punto digital donde se interactúa con la máquina. En esta investigación se refiere a la interfaz con el que los operarios interactúan con la máquina de un entorno de manufactura.

**Método:** modo ordenado y sistemático de los medios para llegar a un resultado o fin determinado. El método puede estar formado de diferentes herramientas.

**Modelo de trabajo:** es la metodología o conjunto de procedimiento para alcanzar un objetivo concreto. En esta investigación se refiere al procedimiento que combina métodos y herramientas.

**Motivaciones:** conjunto de factores internos o externos que determinan en parte las acciones de una persona. En este trabajo, el término motivación se entiende como la necesidad psicológica que el operario debería cumplir con el fin de tener una experiencia positiva.

**Operario 4.0:** hace referencia al operario de la nueva Industria 4.0, definiéndolo como un operario inteligente que trabaja de forma cooperativa con las nuevas tecnologías para así aprovechar al máximo tanto sus virtudes como de las máquinas. Fue originalmente descrito por Romero et al. (2016).

**Pragmatismo:** tendencia a conceder preferencia al valor práctico de las cosas sobre cualquier otro valor. En la presente investigación, el concepto de aspectos pragmáticos se refiere a los factores relacionados con la funcionalidad y usabilidad del sistema.

**Usabilidad:** la normativa ISO 9241-11:2019 (2019) la describe como la medida en que un sistema, producto o servicio puede ser utilizado por determinados usuarios para alcanzar objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de utilización determinado.

**Wireframe:** es una representación gráfica de baja fidelidad que permite visualizar la estructura de la pantalla del producto digital.



Capítulo 1

# Introducción





# 1 Introducción

---

La cuarta revolución industrial, también denominada como Industria 4.0, desde su introducción en la Feria de Hannover del 2012 ha cambiado la realidad industrial significativamente (Frank et al., 2019). Este nuevo paradigma, basado principalmente en la fabricación inteligente y la introducción de las nuevas tecnologías ha derivado en procesos cada vez más eficientes, resultados más personalizados, flexibles y de mayor calidad y ha permitido optimizar los costes finales, aumentando la productividad y la competitividad de las empresas.

En este contexto, la transición tecnológica hacia la Industria 4.0 requiere dar nueva forma a la relación humano-máquina, preparar a las personas con las capacidades adecuadas y proporcionar las herramientas e interfaces que permitan emplear al máximo las funcionalidades que ofrecen las nuevas tecnologías inteligentes (EFFRA European Factories of the Future Research Association, 2019). Hasta ahora las personas eran las que se debían adaptar a los requerimientos de las máquinas. Sin embargo, en la transformación hacia esta nueva era, las máquinas deben ser diseñadas para que puedan adaptarse a las características y conocimientos de los operarios (Kaasinen, Schmalfuß et al., 2019). A pesar de que existan teorías que postulan que el crecimiento sin precedentes de la era digital resultará en la pérdida del componente humano vinculado a la producción (Brynjolfsson & McAfee, 2014), el papel de los operarios seguirá siendo predominante (Segura et al., 2018). Las personas y las máquinas aprovecharán las virtudes de cada uno, optimizando sus capacidades, virtudes y calidad de su trabajo. De hecho, los operarios serán la parte principal de la nueva Industria 4.0, en la que comenzarán a adoptar roles más estratégicos de toma de decisión y resolución de problemas, evolucionando hacia el denominado Operario 4.0 (Kaasinen, Liinasuo et al., 2019). Este concepto se refiere a los operarios del futuro que, gracias a los sistemas automatizados, tendrán un alivio significativo de la carga de trabajo física y mental, permitiéndoles emplear sus habilidades innovadoras y creativas. Por consiguiente, sus entornos de trabajo serán más satisfactorias y gratificantes, teniendo la posibilidad de actuar de forma más autónoma y perseguir su autorrealización.

No obstante, para poder ejecutar esta transformación hacia el Operario 4.0, los entornos de trabajo deben ser reformulados (Kaasinen, Schmalfuß et al., 2019). En este sentido, uno de los elementos principales en estos entornos son las interfaces

industriales, donde los operarios interactúan para controlar todas las funcionalidades que ofrecen las nuevas tecnologías (Pfeiffer et al., 2016). Mediante las nuevas interfaces industriales los operarios podrán ser capaces de visualizar el progreso durante el proceso de fabricación, seguir instrucciones para actividades manuales, gestionar las tareas de producción y obtener ayuda mediante gestiones integradas para los cambios que puedan suceder durante el proceso de ejecución (Gorecky et al., 2014). Estas nuevas funcionalidades permitirán el control total del proceso de producción y una toma de decisiones más contrastada. Sin embargo, para poder aprovechar las ventajas de las mencionadas funcionalidades es necesario que el operario tenga una experiencia positiva durante la interacción.

Ante esta situación, las disciplinas del diseño centrado en el usuario y en concreto, la Experiencia de Usuario (UX) son claves (Laschke et al., 2020). La disciplina de la UX permite crear interacciones que, además de mejorar los aspectos funcionales y pragmáticos de las interfaces, satisfacen las necesidades experienciales y emocionales de los operarios (Hassenzahl, 2010). Debido a que el enfoque de la UX se basa en los aspectos personales y subjetivos de la interacción, definido como una historia dinámica capaz de crear emociones (Hassenzahl et al., 2015). De esta manera, los operarios podrán adoptar los roles mencionados, que además de mejorar su eficiencia y rendimiento, aumentarán su bienestar y harán que los empleados se sientan más satisfechos, eficientes e involucrados en sus trabajos (Kaasinen, Schmalfuß et al., 2019).

Con la llegada de la nueva era industrial, diferentes empresas han comenzado a aplicar los conocimientos de la UX en la creación de interfaces de máquina, como es el caso de Siemens (Siemens, 2019), DMG Mori (DMG Mori, n.d.) o Soraluze S.Coop. (S.Coop., n.d.). Al mismo tiempo, autores como Roto et al. (2017), Zeiner et al. (2018) y Kaasinen et al. (2019) han propuesto nuevos marcos y métodos para integrar los aspectos de la UX en el proceso de diseño de interfaces industriales. Sin embargo, dichas propuestas no están adaptadas a las características específicas de las interfaces industriales, por lo cual puede que no faciliten su integración en los procesos de diseño y desarrollo de las empresas manufactureras. Ante esta situación, se ha creado el modelo de trabajo DEMOX (Design and Evaluation of Machine Operators eXperience), mostrado en la presente tesis doctoral.

En este primer apartado se expone el objeto de la tesis doctoral y se describe el contexto de la investigación. A continuación, se definen las hipótesis a validar y los objetivos a cumplir durante la tesis. Asimismo, se presenta la metodología empleada

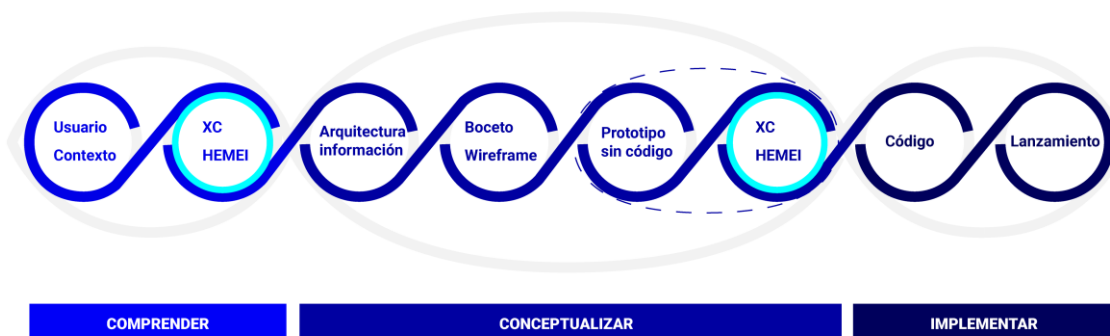


para el desarrollo de los objetivos marcados. Finalmente, se muestra la estructura de la investigación y se describe brevemente el contenido de cada capítulo.

## 1.1 OBJETO DE LA TESIS

El objeto de la presente tesis es definir y validar un modelo de trabajo junto a la creación de métodos y herramientas específicas para la evaluación de la UX en la interacción con las interfaces industriales en entornos de la Industria 4.0. El modelo definido, denominado DEMOX, presenta un procedimiento de trabajo que aúna el método eXperience Capturer (XC) y la herramienta HEMEI, permitiendo evaluar la experiencia actual de los operarios con las interfaces industriales y habilitando la propuesta de nuevas soluciones. Dichas soluciones, más allá de mejorar la eficiencia de los operarios en la ejecución de tareas, habilitan el aumento de su competencia, autonomía, cercanía con el sistema, seguridad y estimulación. De esta forma, las empresas podrán responder a los retos actuales de la Industria 4.0 para crear entornos de trabajo que aumenten las capacidades de los empleados, les hagan sentirse más involucrados en su trabajo, satisfechos y con mayor capacidad de decisión. Además, todas estas mejoras en el trabajo diario de los operarios facilitarán que las empresas aprovechen las capacidades que ofrecen las nuevas tecnologías y mejoren así la productividad en sus procesos de fabricación.

El modelo DEMOX presenta un proceso estructurado compuesto por el método eXperience Capturer (XC) y la herramienta HEMEI (Figura 1).



**Figura 1:** Procedimiento del modelo de trabajo DEMOX

Por un lado, el XC permite evaluar la interacción de los usuarios con la aplicación industrial, tomando en cuenta tanto los aspectos de usabilidad como los emocionales. Puesto que, tal y como describe (Hassenzahl, 2018), para poder obtener el bienestar de los operarios, no solo se deben cumplir con los aspectos pragmáticos y de usabilidad, sino que los operarios deben cumplir con sus necesidades psicológicas.

## 1. Introducción

Para ello, propone un proceso de tres fases donde primero se evalúan el contexto y la persona usuaria, después se analiza la ejecución de las tareas en la interfaz y finalmente se recoge la valoración del usuario sobre su percepción acerca de la experiencia y en qué medida ha cumplido con dichas necesidades psicológicas.

Por otro lado, la herramienta HEMEI permite realizar una evaluación de la interfaz industrial desde el punto de vista experto del diseñador o desarrollador. Para dicho objetivo, propone una serie de aspectos que las aplicaciones industriales deberían cumplir para generar una experiencia positiva en la interacción. HEMEI está formado por criterios generales de usabilidad, aspectos pragmáticos específicos de interacciones en interfaces industriales y de aspectos relacionados con el cumplimiento de las necesidades psicológicas.

Mediante la combinación del método XC y la herramienta HEMEI, se consigue recoger una evaluación holística de la experiencia del usuario, ya que aúna la valoración desde ambas perspectivas, la del diseñador y del usuario (Hassenzahl, 2018). El XC permite realizar una evaluación más profunda y exhaustiva de la experiencia, capturando todos los aspectos que influyen en la experiencia de la interacción. HEMEI en cambio, posibilita una evaluación más ágil y económica, sin la necesidad de crear sesiones y reunir usuarios. De esta manera, ofrecen distintas posibilidades, aunque complementarias, para los requisitos y condiciones de cada empresa y el contexto del proyecto. En este sentido, tal y como definen Väänänen-Vainio-Mattila et al. (2008), para que las empresas del sector industrial incorporen las herramientas de evaluación, deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Válido, seguro y replicable para gestionar la experiencia de usuario en grandes empresas.
2. Rápido, ligero y económico para desarrollos iterativos ágiles
3. Nivel bajo de especialización para aplicarlo de forma fácil sin necesidad de formaciones exhaustivas.
4. Aplicable en diferentes tipos de productos para poder comparar y hacer el seguimiento de la evolución.
5. Aplicable para ideas conceptuales, prototipos y productos para poder analizar cómo evoluciona la experiencia de usuario a lo largo del proceso.
6. Adecuado para diferentes grupos de usuarios para un resultado equitativo.
7. Adecuado para diferentes fases del ciclo de vida del producto

8. Creación de datos comparables (cuantitativos y cualitativos) para la experiencia deseada y el progreso iterativo.

9. Útil para los diferentes agentes para poder utilizarlo en los equipos multidisciplinares.

## **1.2 CONTEXTO DE LA TESIS**

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la necesidad actual de adaptar los entornos de trabajo y optimizar la experiencia de los operarios en la interacción con las interfaces industriales viene precedido por dos fenómenos principales: la Industria 4.0 (Frank et al., 2019) y la denominada Era de la Experiencia (Pine & Gilmore, 1998).

El término de la Industria 4.0 se refiere a la cuarta revolución industrial, presentada por primera vez en la feria de Hannover en 2012 (Pfeiffer et al., 2016). Llega tras la primera revolución industrial en el siglo XIX, la introducción de motores de vapor y la automatización de la industria en la década de los 70. Se caracteriza principalmente por la introducción del internet de las cosas en las fábricas, permitiendo que todos los objetos de la industria estén conectados mediante sistemas ciber-físicos que reciben, almacenan y estudian grandes cantidades de datos para ofrecer nuevas soluciones mejoradas (Lee et al., 2014). Gracias a esta transformación, se consigue generar procesos más eficientes, resultados de mayor calidad y se optimizan los costes finales, aumentando la productividad y competitividad de las empresas.

Este nuevo paradigma está fundamentado principalmente en dos factores. Por un lado, los cambios resultantes de las diferentes condiciones operativas, basadas en las siguientes necesidades y requerimientos: períodos de innovación más cortos, personalización de los productos, flexibilidad durante el desarrollo de los productos, reducción de las jerarquías organizativas para agilizar los procesos y el aumento económico y ecológico de la eficiencia. Puesto que, ha habido un cambio en las necesidades de los clientes, hoy en día demandan productos innovadores y personalizados acompañados en su mayoría de servicios individualizados (del Val Román, 2016). Por otro lado, el otro factor hace referencia a los nuevos avances tecnológicos que se han introducido en las nuevas fábricas. La industria 4.0 se sustenta en los siguientes 9 pilares tecnológicos: las comunicaciones móviles, la nube, el Big Data, el internet de las cosas, las plataformas sociales, la Impresión 3D, la robótica avanzada y colaborativa, la Realidad Aumentada y Virtual y la Ciberseguridad (del Val Román, 2016).

## 1. Introducción

Debido a la incorporación de dichas tecnologías, las empresas poseen nuevas vías de innovación para mejorar sus procesos productivos u ofrecer productos con mayor valor añadido. No obstante, tal y como dicta la EFFRA European Factories of the Future Research Association (2019), la transición tecnológica deberá ir acompañada de una nueva forma de relación humano-máquina y proporcionar las herramientas e interfaces adecuadas para que los trabajadores puedan explotar todo el potencial que proporcionan las nuevas tecnologías.

En este contexto, el Basque Industry 4.0, la estrategia vasca en materia de Industria 4.0 formada por el Gobierno Vasco y el grupo SPRI, refleja como una de las áreas tecnológicas clave la interacción entre humano y máquina. Las nuevas interfaces industriales deben permitir a los operarios reducir la carga cognitiva durante la ejecución de tareas, y así facilitarles que adquieran roles más estratégicos y de toma de decisiones. De esta manera, Pfeiffer et al. (2016) describen los retos que se deben cumplir en la comunicación entre máquina y usuario:

- Mostrar las grandes cantidades de información de forma comprensible para el usuario.
- Mostrar la información necesaria ante soluciones automáticas de la máquina.
- Adaptarse a las nuevas tecnologías de comunicación entre usuario y máquina.
- Introducir sistemas colaborativos que intercambien entre estandarización y personalización.
- Adaptar los espacios de trabajo a las necesidades de los usuarios.
- Enseñar, educar y cualificar a los operarios para sacar el máximo rendimiento de las máquinas y sus aplicaciones.

Tal y como reflejan los retos listados, las empresas deben adaptar los entornos a las necesidades de los operarios. Sin embargo, esta transformación no solo tiene como objetivo la búsqueda de la eficiencia y la productividad, los entornos deben buscar generar experiencias positivas en la interacción de los trabajadores con las nuevas interfaces industriales, favoreciendo a la autorrealización y bienestar psicológico de los operarios (Kaasinen, Liinasuo et al., 2019). El bienestar es crucial para mantener al personal calificado y experimentado en la empresa y, además, el bienestar laboral se correlaciona positivamente con la productividad, por lo que favorece tanto al trabajador como a la empresa (Edwards & Jensen, 2014).

Este enfoque de la incorporación de aspectos experienciales en los entornos de trabajo tiene como origen la denominada Era de la Experiencia. Según Mogensen

## 1. Introducción

(2006), el paradigma social experimenta transformaciones continuamente, y para explicar dicha transformación creó un modelo de Lógicas de Sociedad basado en la pirámide de Maslow (1943). Este modelo describe tres paradigmas sociales que suceden uno tras otro: la sociedad industrial, la sociedad de los sueños (dream society) y la sociedad de la persona creativa (Figura 2). Durante el siglo XX, la sociedad industrial fue dominante, donde predominaban las necesidades materiales. Después, llegó la sociedad de los sueños, donde el mayor objetivo reside en cubrir las necesidades emocionales y sociales de las personas.

Mogensen (2006) mencionaba que la sociedad occidental se dirigirá a la llamada sociedad de la persona creativa, donde lo primordial será la evolución personal y las actividades creativas.



**Figura 2:** Modelo de Lógicas de la Sociedad (Mogensen, 2006)

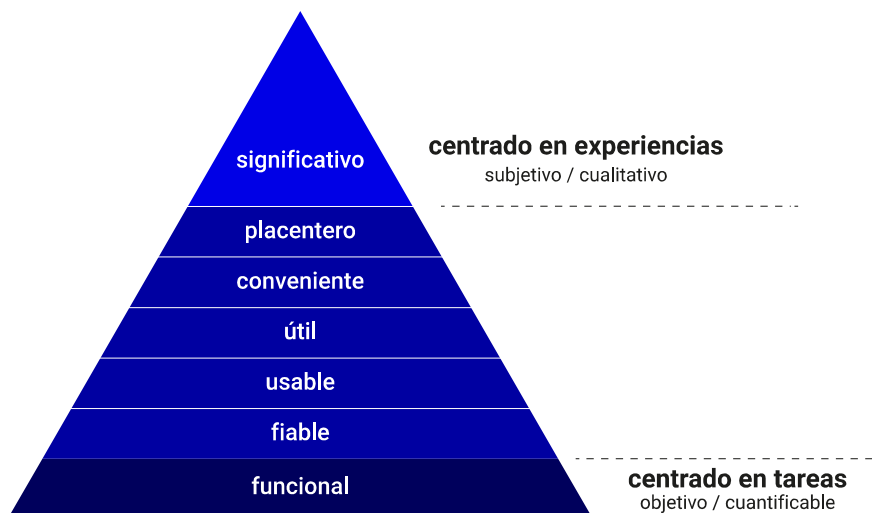
Asimismo, Anderson (2006) proponía una interpretación similar a la desarrollada por Mogensen (2006), donde definía una pirámide basada en las necesidades de Maslow (1943). El planteamiento proviene del ámbito del diseño de interacción, y establece una jerarquía donde lo más primordial son las experiencias y el significado, los cuales prevalecen sobre el carácter funcional y objetivo de las cosas (Figura 3).

Del mismo modo, desde el punto de vista económico, la transformación del valor económico ha tenido una progresión equivalente (Figura 4). Según Pine y Gilmore, (1998) la evolución describe cinco ofertas económicas:

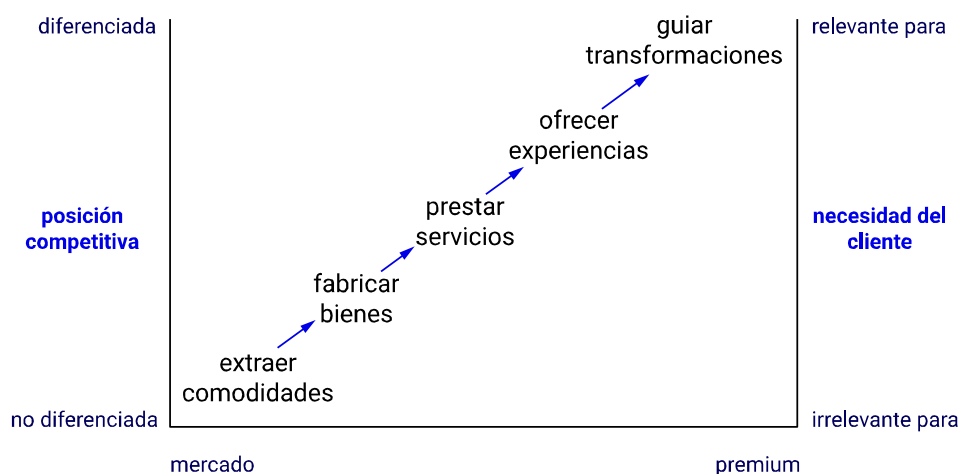
- Las comodidades son los productos extraídos de la naturaleza.

## 1. Introducción

- Los bienes o productos son los elementos tangibles fabricados a partir de las comodidades.
- Los servicios son actividades intangibles personalizadas para responder a las necesidades de los usuarios y utilizan los bienes para realizar las actividades.
- Las experiencias son una serie de eventos memorables que la persona disfruta en un momento específico y aporta una serie de beneficios personales intangibles.
- Las transformaciones representan a las experiencias personalizadas diseñadas para guiar a la persona a una transformación interna, por lo que la oferta se materializa en la persona.



**Figura 3:** Pirámide de las necesidades desde la perspectiva del diseño de interacción (Anderson, 2006)



**Figura 4:** La transformación en las ofertas económicas (Pine & Gilmore, 1998)

## 1. Introducción

Tal y como refleja el actual paradigma socio-económico, la oferta de la experiencia ha adquirido cada vez mayor relevancia, puesto que como dijo Norman (2002) “no es suficiente con construir productos que funcionen, que sean comprensibles y usables, sino que también es necesario construir productos que proporcionen entusiasmo, placer y diversión, y sí, belleza a la vida de las personas”. La era de la experiencia ha manifestado una transformación en las ofertas de los nuevos productos y servicios, donde tratan de ir más allá de la venta de bienes materiales para ofrecer experiencias memorables que cumplan con las necesidades emocionales de las personas.

Por otro lado, otra de las definiciones comunes en el ámbito de la interacción es la descrito por la norma ISO 9241-210:2010 (2010), la cual describe la experiencia de usuario como “las percepciones y respuestas emocionales originadas por el uso y/o uso anticipado de un producto, sistema o servicio. La consecuencia de la presentación, funcionalidad, ejecución del sistema, comportamiento interactivo y las capacidades de asistencia del sistema interactivo. La consecuencia de la experiencia previa del usuario, actitudes, habilidades, hábitos y personalidad. Todos ellos, aspectos que influyen directamente en la respuesta emocional del individuo”.

Aunque existan varias definiciones acerca de la experiencia de usuario, todas coinciden en que no solo se centran en los aspectos de usabilidad, sino que también se centran en los aspectos experienciales y emocionales (ISO 9241-11:2019, 2019).

En este contexto, a pesar de que los conceptos de la UX hayan sido incorporados en el diseño de productos de consumo y otros campos del ámbito del HCI desde los inicios del siglo XXI, su aplicación en los entornos de trabajo se encuentra aún en sus inicios (Laschke et al., 2020). Tradicionalmente, las empresas del sector industrial han centrado sus recursos en la investigación tecnológica para la optimización de los procesos productivos. Sin embargo, en el actual contexto socio-económico, es necesario aplicar también otros modelos complementarios que aporten más valor añadido a sus productos. Es por ello que desde EFFRA European Factories of the Future Research Association (2019) mencionan la innovación centrada en las personas como una de las prioridades clave en el panorama industrial. Proponen investigar en la creación de nuevos modelos y herramientas que permita fortalecer las capacidades de los trabajadores. Además, plantean la incorporación de los propios trabajadores en los procesos de diseño.

Ante esta situación, particularmente en los últimos 5 años diferentes empresas como Siemens (Siemens, 2019), DMG Mori (DMG Mori, n.d.) o Soraluze S. Coop. (Soraluze S.Coop., n.d.) y autores como Roto et al. (2017), Zeiner et al. (2018) y Kaasinen et al.

(2019) han mostrado sus enfoques sobre la introducción de los conceptos del UX en los entornos de trabajo industriales.

Entre los trabajos mencionados, Kaasinen et al. (2019) muestran uno de los enfoques más completos en cuanto a la incorporación de los aspectos de la UX y el bienestar psicológico en los entornos industriales. En su trabajo mencionan la necesidad de adaptar los entornos interactivos de la industria para que los trabajadores puedan evolucionar hacia el Operario 4.0. Este concepto está relacionado con el nuevo rol que adquirirán los operarios, puesto que, gracias a las nuevas tecnologías inteligentes, les permitirá reducir su carga cognitiva y física, pudiendo centrarse en roles más estratégicos y desarrollar sus aptitudes creativas e innovadoras. Para ello, describen un marco de diseño y evaluación para crear nuevas interfaces industrial, integrando los conocimientos de la UX. No obstante, no proponen métodos o herramientas concretas que se adapten a las particularidades de las interfaces industriales y los entornos de trabajo de las empresas manufactureras.

Para poder desarrollar interfaces adaptadas a las nuevas necesidades de la Industria 4.0, tal y como se ha mencionado, es necesario crear métodos y herramientas que ayuden a las empresas en dicha transformación. En este sentido, los métodos y herramientas de evaluación enfocadas en los conocimientos de la UX, permiten analizar la experiencia de los operarios en la interacción con las interfaces. De esta manera, facilitan la identificación de factores críticos y oportunidades para crear nuevas soluciones que permitan mejorar la experiencia de los operarios, y, por tanto, influir positivamente en su bienestar psicológico y rendimiento. Sin embargo, con el fin de integrar los métodos y herramientas en los procesos actuales de la industria, es crucial que estén adaptados a las particularidades de las interfaces industriales y a los recursos, requisitos y limitaciones de las empresas manufactureras.

Por consiguiente, en esta tesis doctoral, siguiendo esta nueva línea de investigación, se propone crear nuevos métodos y herramientas que faciliten la integración de los conceptos de la UX en los procesos de las empresas industriales para la creación de las nuevas interfaces para la Industria 4.0.



### **1.3 ANTECEDENTES EN MGEP**

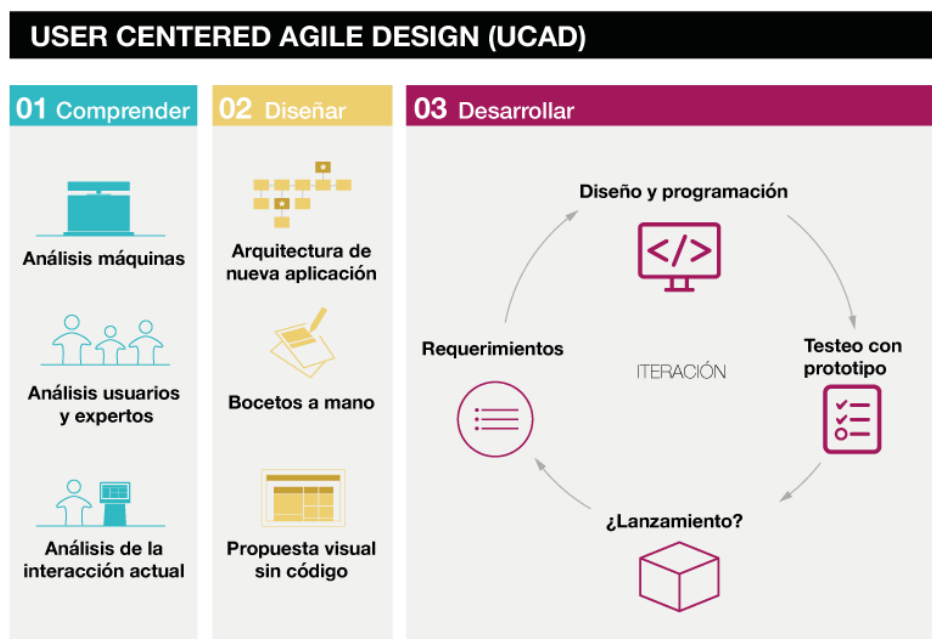
En Mondragon Goi Eskola Politeknikoa y en concreto en el Diseinu Berrikuntza Zentroa (DBZ) se está trabajando en el diseño y desarrollo de interfaces industriales desde 2014. Se han desarrollado varios proyectos en colaboración con empresas industriales como Soraluze S. Coop., Goiti S.Coop, General Electric y Fagor Automation para aportar valor añadido y ventaja competitiva incorporando los conocimientos del diseño centrado en el usuario en sus desarrollos de las interfaces digitales. De esta manera, se ha fomentado la integración de los conocimientos de diseño en empresas de diferentes sectores, fortaleciendo las dinámicas de Universidad-Empresa.

Estos proyectos se fundamentaron en la metodología Diseño Centrado en el Usuario (DCU) de Diseinu Berrikuntza Zentroa (DBZ, 2014) de Mondragon Unibertsitatea, una metodología para crear productos y servicios centrados en las necesidades de los usuarios y en su participación activa en el proceso de desarrollo para crear soluciones factibles, viables y deseables. Asimismo, se trabajó en equipos multidisciplinares de diseñadores y programadores, con la participación activa de los usuarios durante todo el proceso, un modo de trabajo de la cual derivó la creación de una nueva metodología, el User Centered Agile Design (UCAD) (Aranburu et al., 2017).

La metodología User Centered Agile Design (UCAD) nace de la unión de las metodologías DCU y Desarrollo de Software Ágil (DSA). El propósito de la metodología es ofrecer un procedimiento de trabajo para crear un software óptimo en cuanto a su función, pero que parte de las necesidades del usuario, consiguiendo un producto amigable e intuitivo. Propone un proceso estructurado, mostrando las fases, las herramientas y el modo de empleo para su aplicación en los sistemas digitales de los entornos de trabajo de la Industria 4.0 (Figura 5). UCAD se basa en los siguientes principios:

1. Se diseña partiendo de las necesidades del usuario, sus motivaciones, aspiraciones y habilidades.
2. Integra al usuario durante todo el proceso, tanto para evaluar como para ser parte activa del diseño.
3. Equipo multidisciplinar. El equipo de trabajo está compuesto con personas de perfil de diseñador y programador. Donde trabajan conjuntamente desde principio a fin.

4. Combina el proceso analítico y sintético. Se intercalan continuamente fases de divergencia y convergencia, donde primero se crean diferentes vías y después se selecciona la más adecuada en base a los requisitos.
5. Trabaja con ciclos iterativos de diseñar, testear y evaluar. Tanto en las primeras fases con los bocetos a mano como con los diseños ya maquetados.
6. Plantea tangibilizar las ideas cuanto antes, aunque sea con propuestas de baja fidelidad, para que se pueda testear y evaluar con los usuarios.
7. Toma en cuenta el contexto completo del sistema: las personas involucradas, el objetivo de la interacción, el tiempo y el lugar en el que ocurre la interacción, para ofrecer la información correcta, en el tiempo correcto, en el lugar correcto, en el modo correcto y a la persona correcta.
8. Busca que el producto sea comprensible, fácil de usar, amigable, claro, intuitivo, de fácil aprendizaje y que genere emociones positivas en el usuario.



**Figura 5:** Procedimiento de la metodología UCAD (Aranburu et al., 2017)

La metodología UCAD define un marco de trabajo con las fases principales a ejecutar para el diseño y desarrollo de interfaces digitales. Ofrece la ayuda para crear nuevas interfaces digitales centradas tanto en la funcionalidad como en la usabilidad, de manera que las innovaciones tecnológicas estén pensadas para que el usuario las utilice de una forma amigable e intuitiva, logrando expresar al máximo sus habilidades y potenciales. Asimismo, este método permite ejecutar los diseños y desarrollos de las

## 1. Introducción

interfaces digitales mediante equipos de trabajo multidisciplinares y en ciclos iterativos de diseñar, testear y evaluar. Lo cual, optimiza los procesos de diseño y desarrollo y facilita resultados adaptados a las necesidades de los usuarios.

Sin embargo, como marco metodológico se centra únicamente en los aspectos de funcionalidad y usabilidad y no contempla los factores emocionales que también repercuten en la experiencia de usuario. Además, tampoco propone herramientas concretas para su aplicación en los entornos industriales. Por lo tanto, este marco de trabajo debería estar apoyado con herramientas de diseño y evaluación de la experiencia de usuario.

## **1.4 HIPÓTESIS DE LA TESIS**

Las hipótesis definidas para la presente tesis doctoral son las siguientes:

**Hipótesis 1:** el método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer (XC), permite evaluar los principales elementos que influyen en la UX en la interacción con interfaces industriales, considerando tanto los aspectos pragmáticos como los experienciales.

**Hipótesis 2:** la herramienta de evaluación experta HEMEI, permite evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con interfaces industriales.

**Hipótesis 3:** la aplicación del modelo de trabajo DEMOX, permite la propuesta de nuevas interfaces industriales que mejoran los aspectos tanto pragmáticos como experienciales de la interacción.

**Hipótesis 4:** el modelo de trabajo DEMOX en su conjunto, se adapta a los nueve requisitos que deben cumplir los métodos y herramientas de evaluación de la UX en entornos industriales.

## 1.5 OBJETIVOS DE LA TESIS

A continuación, se muestra el objetivo principal establecido para esta investigación:

**Desarrollar y validar un nuevo modelo de trabajo junto con el método y herramienta específicas para la evaluación de la UX en la interacción con interfaces industriales.**

Asimismo, se ha especificado el objetivo general en cuatro objetivos específicos:

**Objetivo 1:** desarrollar y validar un método centrado en el usuario para evaluar los principales elementos que influyen en la UX en la interacción con interfaces industriales.

**Objetivo 2:** desarrollar y validar una herramienta para evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con interfaces industriales desde la perspectiva experta.

**Objetivo 3:** definir un modelo de trabajo que combine la evaluación centrada en el usuario y la experta y facilite la propuesta de nuevas soluciones que mejoran tanto los aspectos pragmáticos como experienciales en la interacción con interfaces industriales.

**Objetivo 4:** validar el modelo de trabajo en base a los nueve requisitos que deben cumplir los métodos y herramientas para la evaluación de la UX en entornos industriales.

Los objetivos descritos están relacionados con la validación de las hipótesis planteadas (Tabla 1).

**Tabla 1:** La relación de los objetivos con las hipótesis a validar

<b>Las hipótesis a validar:</b>	<b>Los objetivos a cumplir:</b>
<b>Hipótesis 1:</b> el método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer (XC), permite evaluar los principales elementos que influyen en la UX en la interacción con interfaces industriales, considerando tanto los aspectos pragmáticos como los experienciales.	<b>Objetivo 1:</b> desarrollar y validar un método centrado en el usuario para evaluar los principales elementos que influyen en la UX en la interacción con interfaces industriales.
<b>Hipótesis 2:</b> la herramienta de evaluación experta HEMEI, permite evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con interfaces industriales.	<b>Objetivo 2:</b> desarrollar y validar una herramienta para evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con interfaces industriales desde la

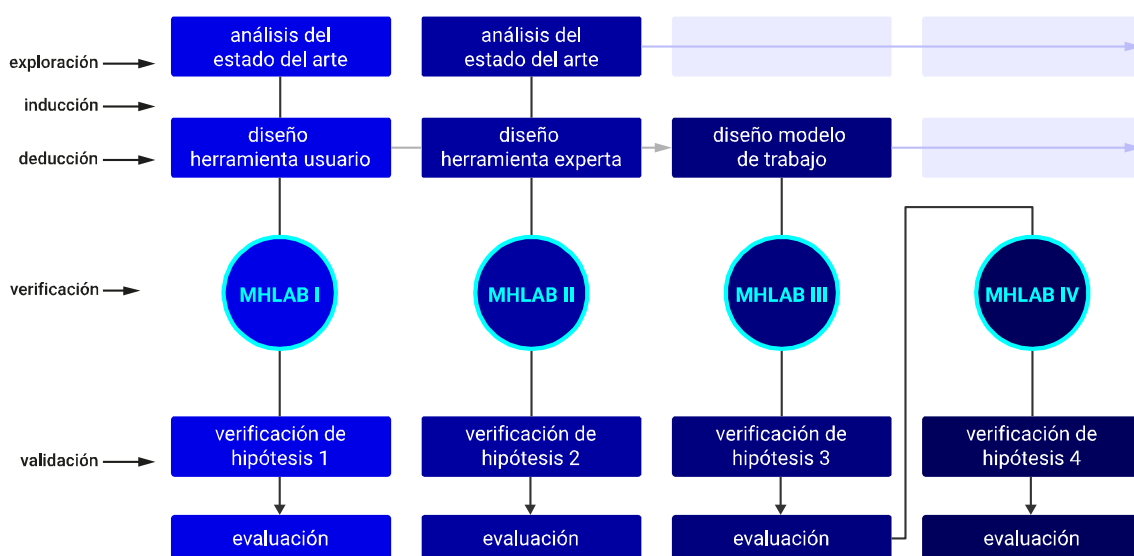
## 1. Introducción

	perspectiva experta.
<b>Hipótesis 3:</b> la aplicación del modelo de trabajo DEMOX, permite la propuesta de nuevas interfaces industriales que mejoran los aspectos tanto pragmáticos como experienciales de la interacción.	<b>Objetivo 3:</b> definir un modelo de trabajo que combine la evaluación centrada en el usuario y la experta y facilite la propuesta de nuevas soluciones que mejoran tanto los aspectos pragmáticos como experienciales en la interacción con interfaces industriales.
<b>Hipótesis 4:</b> el modelo de trabajo DEMOX en su conjunto, se adapta a los nueve requisitos que deben cumplir los métodos y herramientas de evaluación de la UX en entornos industriales.	<b>Objetivo 4:</b> validar el modelo de trabajo en base a los nueve requisitos que deben cumplir los métodos y herramientas para la evaluación de la UX en entornos industriales.

## 1.6 METODOLOGÍA

La presente tesis se ha desarrollado partiendo de la adaptación de la metodología *Design Inclusive Research* (DIR) (Horvath, 2008). La metodología DIR tiene como objetivo aportar rigor científico a la investigación en diseño, puesto que incluir afirmaciones propias de diseño en la investigación científica permite crear nuevas oportunidades de desarrollo de conocimiento. Define 3 fases principales de investigación: (i) fase de las acciones de investigación exploratoria, (ii) fase de acciones creativas de diseño y (iii) fase de acciones de investigación confirmativa. La primera fase, a su vez, se divide en la fase de exploración, inducción y deducción. La segunda fase se basa en la creación del modelo y la experimentación para su validación. La última fase trata de verificar, validar y consolidar.

En esta investigación, durante la fase de exploración se realiza el análisis del estado del arte de la UX y su aplicación en el contexto industrial (Figura 6). Posteriormente, en base al estudio científico-tecnológico, se diseña el método centrado en el usuario XC y la herramienta basada en experto HEMEI. Mediante la combinación del método y la herramienta, se define el modelo de trabajo denominado DEMOX. En la fase de verificación se procede a la experimentación del método, la herramienta y el modelo de trabajo en su conjunto en un total de 4 casos de estudio, los cuales se han denominado MHLAB I, MHLAB II, MHLAB III y MHLAB IV. Mediante estas verificaciones se pretenden cumplir los objetivos y validar si se cumplen las hipótesis planteadas en esta tesis doctoral.



**Figura 6:** Metodología de la presente investigación, adaptada de *Design Inclusive Research* Horvath (2008)

## 1. Introducción

Los casos de estudio se han realizado en diferentes aplicaciones industriales de la empresa Danobatgroup S. Coop. A continuación, se muestra una tabla de los casos de estudio ejecutados, visualizando el software analizado, el método empleado, las personas que han participado y los objetivos a cumplir. (Tabla 2).

**Tabla 2:** Descripción de los casos de estudio realizados en la investigación

<b>Caso de estudio</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Software analizado</b>	<b>Método empleado</b>	<b>Participantes</b>
<b>MHLAB I</b>	<b>Hipótesis 1:</b> el método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer (XC), permite evaluar los principales elementos que influyen en la UX en la interacción con interfaces industriales, considerando tanto los aspectos pragmáticos como los experienciales.	<b>Objetivo 1:</b> desarrollar y validar un método centrado en el usuario para evaluar los principales elementos que influyen en la UX en la interacción con interfaces industriales.	DoGrind y su rediseño DoGrind 2.0. Son aplicaciones CAM para máquinas rectificadoras de la empresa Danobat S.Coop.	XC	26
<b>MHLAB II</b>	<b>Hipótesis 2:</b> la herramienta de evaluación experta HEMEI, permite evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con interfaces industriales.	<b>Objetivo 2:</b> desarrollar y validar una herramienta para evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con interfaces industriales desde la perspectiva experta.	DoGrind Aplicación CAM para máquinas rectificadoras de la empresa Danobat S.Coop.	HEMEI	18
<b>MHLAB III</b>	<b>Hipótesis 3:</b> la aplicación del modelo de trabajo DEMOX, permite la propuesta de nuevas interfaces industriales que mejoran los aspectos tanto pragmáticos como experienciales de la interacción.	<b>Objetivo 3:</b> definir un modelo de trabajo que combine la evaluación centrada en el usuario y la experta y facilite la propuesta de nuevas soluciones que mejoran tanto los aspectos pragmáticos como experienciales en la interacción con interfaces industriales.	ikDAS y su nueva versión ikDAS2. Son aplicaciones portátiles para adquisición de señales de máquinas de la empresa Ideko S.Coop.	Modelo DEMOX (XC + HEMEI)	16
<b>MHLAB IV</b>	<b>Hipótesis 4:</b> el modelo de trabajo DEMOX en su conjunto, se adapta	<b>Objetivo 4:</b> validar el modelo de trabajo en base a los nueve requisitos	DoGrind 3.0, Alarms & Troubleshooting y DoMaintenance	Modelo DEMOX (XC + HEMEI)	16



	a los nueve requisitos que deben cumplir los métodos y herramientas de evaluación de la UX en entornos industriales.	que deben cumplir los métodos y herramientas para la evaluación de la UX en entornos industriales.	de la empresa Danobat S.Coop., Organizer y Indexmill de la empresa Soraluze S.Coop. y Savvy de la empresa Ideko S.Coop.  Son aplicaciones de HMI de diferentes funcionalidades.		
--	--	--	---	--	--

## 1.7 ESTRUCTURA DE LA TESIS

A continuación, se especifica brevemente el contenido de cada uno de los 6 capítulos que conforman esta tesis doctoral.

En este primer capítulo se realiza la introducción del trabajo de investigación. Por un lado, se describe el objeto de la tesis y se contextualiza el campo de estudio. Por otro lado, se definen las hipótesis a validar y los objetivos a cumplir durante la investigación. Finalmente, se expone la metodología que se ha llevado para la consecución de dichos objetivos.

En el segundo capítulo se muestra el estudio del estado del arte de los métodos de evaluación de la experiencia de usuario y su aplicación en el entorno industrial. Primero, se muestra la evolución del campo del diseño y evaluación de interfaces digitales. Segundo, se exponen los enfoques principales de la disciplina de la experiencia de usuario. Tercero, se revisan los métodos de evaluación de la UX empleados hasta la actualidad. Cuarto, se describen los métodos aplicados en el entorno industrial y especialmente para el diseño y evaluación de interfaces industriales. Finalmente, se recoge el estudio crítico y las conclusiones obtenidas tras la revisión bibliográfica.

En el tercer capítulo, con el fin de cumplir con el primer objetivo, se presenta el método de evaluación eXperience Capturer (XC). Por un lado, se describen los elementos que componen el método y el procedimiento para su aplicación. Por otro lado, se expone el caso de estudio MHLAB I, donde se ha evaluado la aplicación DoGrind y su posterior rediseño con un total de 26 personas. De esta manera, se ha podido validar el método XC como método de evaluación centrado en el usuario que permite evaluar los elementos que influyen en la experiencia de las personas usuarias.

En el capítulo 4 se presenta la herramienta de evaluación HEMEI, cumpliendo el segundo objetivo de la tesis. Tal y como se ha realizado en el capítulo anterior, se describe la herramienta y los aspectos de evaluación que la componen.

Posteriormente, se muestra el caso de estudio MHLAB II, de nuevo con la aplicación DoGrind, para poder validar la herramienta como método de evaluación experta que analiza los aspectos de usabilidad y los relacionados con las necesidades psicológicas.

El capítulo 5 recoge el desarrollo del modelo DEMOX (Design and Evaluation of Machine-Operator eXperiences), compuesto por el método XC y la herramienta HEMEI, cumpliendo así el tercer objetivo de la tesis. En este caso, se describe el proceso que los diseñadores y desarrolladores deben emplear para llevar a cabo la evaluación y el diseño de la experiencia de los operarios en la interacción con las interfaces industriales. Para su validación se presenta el caso de estudio MHLAB III, donde se ha aplicado el modelo DEMOX durante el proceso de evaluación de la aplicación ikDAS y la propuesta de su nuevo rediseño. A su vez, para cumplir con el cuarto objetivo, se ha aplicado el modelo DEMOX en los procesos internos de diseño y desarrollo de Danobatgroup S.Coop. De esta manera, en el MHLAB IV se recoge las evaluaciones ejecutadas en las diferentes empresas del grupo, en concreto Soraluze S. Coop., Danobat S.Coop. e Ideko S.Coop.

Finalmente, el último capítulo recoge las conclusiones obtenidas durante el transcurso de la presente tesis doctoral. Por un lado, se validan las hipótesis inicialmente planteadas y se describen las aportaciones más relevantes del trabajo. Por otro lado, se listan las publicaciones realizadas en diferentes congresos, libros y revistas indexadas. Por último, se establecen varias líneas de futuro para seguir trabajando en el objetivo de la integración de métodos de diseño y desarrollo de la experiencia de usuario en los procesos internos de las empresas manufactureras.

## Capítulo 2

# Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales





## **2 Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales**

---

En este apartado se realiza el estudio del estado del arte de evaluación de la UX y de los diferentes enfoques actuales para su aplicación en los entornos industriales. En primer lugar, se describe la evolución que ha tenido lugar el ámbito del diseño y evaluación de interfaces digitales, desde centrarse únicamente en la usabilidad a considerar los aspectos experienciales y emocionales del usuario. En segundo lugar, se exponen los enfoques principales de la disciplina de la UX. En tercer lugar, se revisan los métodos y herramientas empleados para la evaluación de la UX, haciendo especial hincapié en los centrados en el usuario y los basados en la perspectiva experta. En cuarto lugar, se analiza el estado de la UX en los entornos industriales, revisando los diferentes enfoques aplicados en el diseño y desarrollo de interfaces industriales. Por último, se realiza el estudio crítico y se obtienen las conclusiones de la revisión del estado del arte.

### **2.1 EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE INTERFACES DIGITALES**

Desde la llegada de la Industria 4.0 a inicios de la década pasada, la transformación digital se ha convertido en un tema central en el panorama industrial. Empresas de diferentes sectores han integrado ya diferentes iniciativas con los continuos avances tecnológicos en sus estrategias de innovación. Estas nuevas tecnologías digitales han permitido mejorar las propuestas de valor, aumentar ventas y optimizar la productividad. Todas estas evoluciones tecnológicas que han permitido avanzar a la industria han tenido que ser capaces continuamente de adaptarse a las nuevas necesidades del entorno y sus usuarios. Por ello, la disciplina del Human Computer Interaction (HCI) y en concreto el diseño de las interfaces digitales ha tenido que afrontar nuevos enfoques y perspectivas.

En la última década, a causa de la evolución hacia la sociedad de la experiencia (Anderson, 2006), 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 transición 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/IEC 9126:1991 (1991), describía la usabilidad como “una serie de atributos del software que influyen en el esfuerzo necesario para utilizar el producto y la valoración individual del usuario sobre ese uso”. Como refleja la definición, el enfoque se centraba en las cualidades del producto, y no en las personas que lo utilizaban y los objetivos con los que lo hacían. Por lo tanto, la usabilidad en la norma ISO 9241-11:1998 (1998) se definía 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 las personas usuarias 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.

Durante los años 90 la usabilidad estaba relacionada con el rendimiento del usuario y la capacidad del sistema de facilitar la ejecución de tareas. 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 et al., 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 su última versión se ha reformulado de la siguiente manera: “la medida en que un producto, sistema o servicio puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción” (ISO 9241-11:2019, 2019). Se puede apreciar que han integrado además del producto los términos de sistema y servicio, y aunque el resto de la definición resulta idéntico, los conceptos de eficiencia y satisfacción han variado. En la norma vigente el concepto de la eficiencia está relacionado con los recursos empleados para el resultado obtenido, entendiendo los recursos como el tiempo, el esfuerzo humano, el coste y los materiales. En cuanto a la satisfacción, anteriormente estaba sujeto a la ausencia de incomodidades y actitudes positivas hacia el producto. No obstante, en la nueva revisión amplía mucho más el concepto de

la satisfacción y se relaciona con la experiencia de usuario, definiéndolo de la siguiente manera: “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”.

Por lo tanto, como se puede apreciar en la evolución de la normativa ISO, el enfoque del diseño de interfaces digitales ha evolucionado hacia los conceptos experienciales y emocionales de las personas.

A pesar de que la normativa ISO haya empleado una definición concreta para el concepto de la UX; desde sus inicios a comienzos del siglo XXI se han utilizado diversas definiciones de lo que engloba la experiencia de usuario. El carácter subjetivo y dinámico de la experiencia ha dificultado la creación de una definición común y única, y son varias las revisiones que han tratado de establecer un consenso entre los profesionales de la disciplina. Lallemand et al. (2015) replicaron un estudio previo de Law et al. (2009) donde preguntaban entre profesionales de distintos ámbitos cuál era en su parecer la definición más adecuada para describir el concepto de la UX (Tabla 3). A su vez, pidieron a los participantes que evaluaran 23 afirmaciones sobre la UX en una escala Likert de 1al 5, donde el valor 1 es “totalmente en desacuerdo” y 5 es “totalmente de acuerdo) (Tabla 4).

**Tabla 3:** Definiciones de la UX y su porcentaje de preferencia recogidas en la revisión de Lallemand et al. (2015)

<b>Autor</b>	<b>Definición</b>	<b>Porcentaje de preferencia</b>
(Norman and Nielsen Group, n.d.)	Todos los aspectos de la interacción del usuario final con la empresa. Sus servicios y sus productos. El primer requisito para una experiencia de usuario ejemplar es satisfacer las necesidades exactas del cliente sin alboroto ni molestias. Luego viene la simplicidad y la elegancia que producen productos que son una alegría de poseer, una alegría de usar. La verdadera experiencia de usuario va mucho más allá de dar a los clientes lo que dicen que quieren, o de proporcionar características de lista de control.	20,1%
(Hassenzahl & Tractinsky, 2006)	Una consecuencia del estado interno de un usuario (predisposiciones, expectativas, necesidades, motivación, estado de ánimo, etc.) las características del sistema diseñado (por ejemplo, complejidad, propósito, utilidad, funcionalidad, etc.) y el contexto (o el entorno) en el que se produce la interacción (por ejemplo, entorno organizativo/social, significado de la actividad, voluntariedad de uso, etc.)	31,1%
(P. M. a. Desmet & Hekkert, 2007)	Todo el conjunto de afectos que se producen por la interacción entre un usuario y un producto, incluido el grado en que se gratifican todos nuestros sentidos (experiencia estética), los significados que atribuimos al producto (experiencia de significado) y los sentimientos y emociones que se producen (experiencia emocional).	16,6%

## 2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales

(Sward & Macarthur, 2007)	El valor derivado de la(s) interacción(es) [o interacción(es) prevista(s)] con un producto o servicio y el reparto de apoyo en el contexto de su utilización (por ejemplo, tiempo, lugar y disposición del usuario)	7%
(User Experience Network, n.d.)	La calidad de la experiencia que una persona tiene al interactuar con un diseño específico. Esto puede ir desde un artefacto específico como un juguete de taza o un sitio web hasta experiencias integradas más grandes como un museo o un aeropuerto.	25,2%

**Tabla 4:** 23 afirmaciones sobre la UX y su valoración recogidas en la revisión de Lallemand et al. (2015)

<b>Afirmación sobre la UX</b>	<b>Valoración media (1-5)</b>
Los aspectos temporales y más estables del estado interno de una persona (por ejemplo, las necesidades, las motivaciones) afectan a la experiencia de la persona en algo	4,54
La UX ocurre de forma individual y depende del contexto en el que se experimenta el artefacto	4,34
El diseño (para) UX debe estar basado en el Diseño Centrado en el Usuario	4,29
La exposición previa a un artefacto da forma a la UX posterior	4,21
La utilidad es una condición previa necesaria para un buen UX	4,15
La medición de UX implica la determinación de los méritos, valores y significado de un artefacto en relación con las metas y necesidades de una persona	4,12
El UX debe ser evaluado mientras interactúa con un artefacto	4,02
No podemos diseñar UX, pero podemos diseñar para UX	3,96
UX puede cambiar incluso después de que una persona haya dejado de interactuar con el artefacto	3,96
UX es altamente dinámico - cambia constantemente mientras interactúa con un producto	3,96
UX se refiere a los estados afectivos, es decir, cualquier combinación de valencia (bueno-malo, agradable-desagradable) y excitación fisiológica (calmado-excitado)	3,89
El uso imaginario de un producto puede dar lugar a experiencias reales	3,80
Existe una clara necesidad de una definición normalizada del término UX	3,71
La UX debe ser abordado cualitativamente	3,66
La UX puede ser cuantificada y por lo tanto comparada a través de artefactos similares (o competitivos)	3,62
UX se basa en la forma en que una persona percibe las características de un artefacto pero no en las características propiamente dichas	3,56
UX no se trata de la actuación de las personas (capacidad de comprensión y uso) en su relación con un artefacto, sino de la percepción de la persona de esa actuación	3,47
El UX debe ser evaluado después de interactuar con un artefacto	3,44



## 2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales

Los UX no son nuevos, ya están cubiertos por los enfoques de ingeniería existentes	3,14
Sólo una persona individual puede tener una experiencia. Una experiencia es algo personal. Algo "dentro" de una persona.	3,14
La gente nunca tendrá UX comparable - cada interacción con un producto resulta en una experiencia única	3,02
UX es igual al apego emocional	2,71
La UX se ve mejor en términos de marketing	2,38

En base a los resultados de la encuesta sobre las afirmaciones UX, se puede observar que la comunidad del ámbito de la UX (académicos y profesionales de empresa) están de acuerdo en la importancia del estado interno del usuario, sus experiencias pasadas, sus objetivos y necesidades, y también en la importancia del contexto. Además, se puede ver que la usabilidad y el Diseño Centrado en el Usuario siguen estando estrechamente relacionados con la UX. Por el contrario, los participantes estaban en desacuerdo sobre las afirmaciones de que la UX es lo mismo que el apego emocional y que se considera un concepto de marketing.

En cuanto a las definiciones, se puede ver que la definición más veces seleccionada es la propuesta por Hassenzahl y Tractinsky (2006) (31% de los participantes la seleccionó). Esta definición es la más escogida entre los académicos, mientras que los profesionales en empresas prefieren la primera y la quinta definición.

Cabe mencionar que, muchos de los profesionales de empresa con más experiencia en la disciplina de la UX, no ven la necesidad de concertar una definición universal y común para la UX. Entienden que la experiencia, a causa de su carácter dinámico y subjetivo, debe ser enfocada de manera diferente en cada contexto y tipo de proyecto. Sin embargo, en el campo académico, la necesidad de establecer una definición común es mayor, principalmente por la ayuda que supondría a la hora de transferir conocimiento sobre el concepto de la UX.

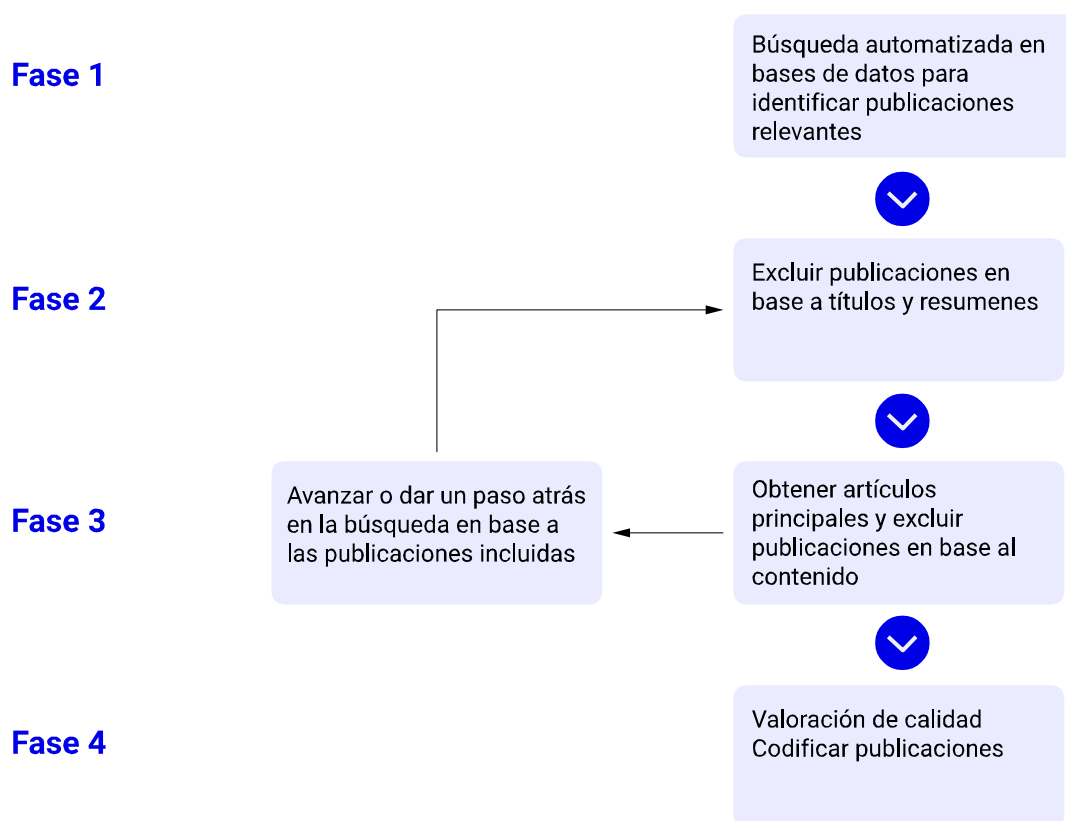
### **2.2 ENFOQUES DEL DISEÑO DE EXPERIENCIAS**

Tal y como se ha reflejado en la revisión de las definiciones de la UX, no existe una unanimidad acerca del concepto de la experiencia ni de la necesidad de concretar una definición en común. Por tanto, ante la idea de concretar un enfoque sobre cómo abordar la UX en los entornos de trabajo industriales, se ha procedido a la revisión de los modelos más relevantes en el campo de la UX. Con este fin, este apartado

muestra los enfoques de diferentes autores acerca del concepto de la experiencia y los elementos que influyen en ella.

A la hora de buscar los enfoques más significativos en el ámbito científico, el criterio de búsqueda y selección se ha fundamentado en el proceso definido por Brhel et al. (2015) en el que se definen cuatro fases (Figura 7).

En la primera fase, se ha realizado una búsqueda en la base de datos de Google Scholar, Researchgate, Elsevier, IEEE, Scopus y ScienceDirect para ello se han empleado los siguientes términos de búsqueda: “experience design”, “user experience design”, “user experience model” y “emotional design”. En la segunda fase, basándose en los títulos y resúmenes se han identificado posibles publicaciones de interés y se han excluido las consideradas como no relevantes para que, en una tercera fase, se analizara el contenido. En este paso, se ha decidido si el contenido era adecuado para su inclusión en la revisión y si disponía de carácter relevante en el ámbito de la experiencia de usuario. En el caso de no considerarlo apto para la revisión, se ha retrocedido al paso anterior.



**Figura 7:** Método de revisión de los enfoques de la UX, basado en el trabajo de Brhel et al. (2015)

De esta manera, se han identificado los siguientes enfoques, considerados más relevantes en el ámbito científico:

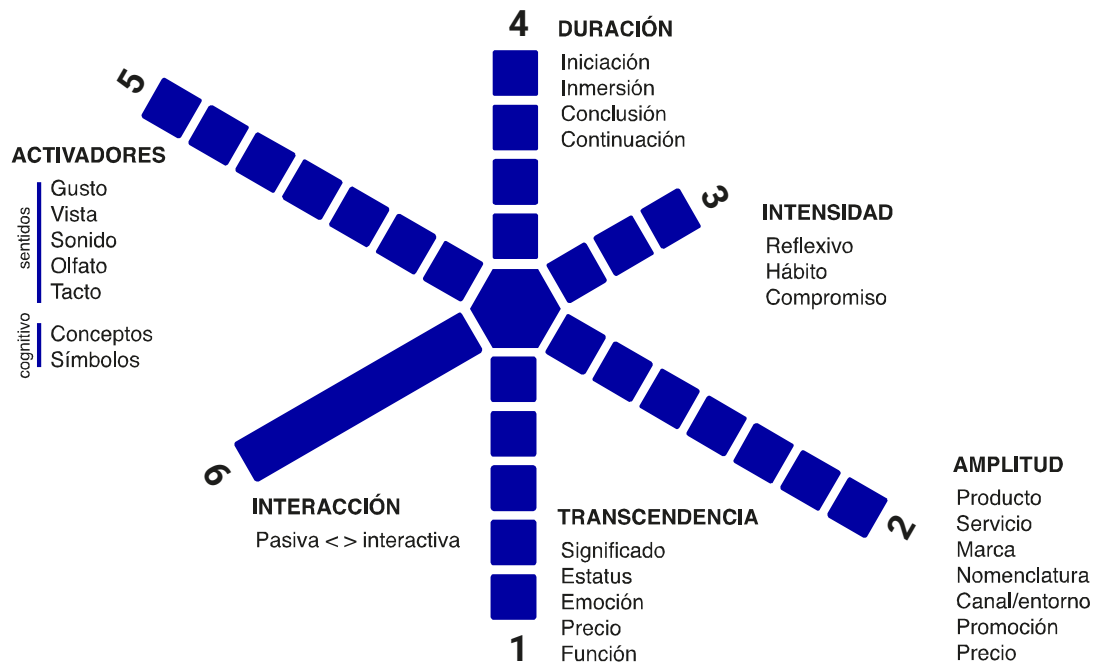
1. Experience Design (Shedroff, 2001)
2. Emotional Design (Norman, 2004)
3. Understanding experience in interactive in interactive systems (Forlizzi & Battarbee, 2004)
4. Framework for evaluation of affective design (Khalid & Helander, 2006)
5. Framework for product emotions (Desmet & Hekkert, 2007)
6. Usability, aesthetics and emotions in Human Technology Interaction (Thüring & Mahlke, 2007)
7. User Experience over time: an initial framework (Karapanos et al., 2009)
8. Experience Design (Hassenzahl, 2010)
9. The elements of user experience: user-centered design for the web and beyond (Garrett, 2010)
10. Experience centered design (Wright & McCarthy, 2010)

A continuación, se describen los 10 enfoques listados:

### **2.2.1 Experience Design (Shedroff, 2001)**

La teoría de Shedroff (2001), basado en el trabajo de Mead et al. (1934), considera la experiencia como base de todos los eventos que suceden en la vida de las personas. Plantea como objetivo del diseño de experiencias la creación de experiencias que resulten exitosas para las personas, puesto que, las experiencias exitosas consiguen una transformación en la persona.

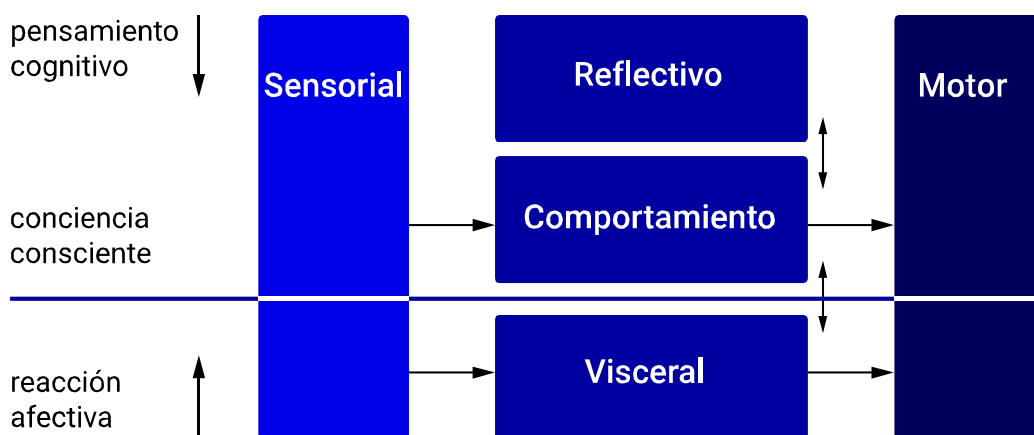
Shedroff (2001) define seis dimensiones de la experiencia (Figura 8): Transcendencia (significado, estatus, emoción, precio y función), Amplitud (producto, servicio, marca, nomenclatura, canal/entorno, promoción y precio), Intensidad (reflexivo, hábito y compromiso), duración (iniciación, inmersión, conclusión y continuación), Activadores (sentidos: gusto, vista, sonido, olfato y tacto; cognitivos: conceptos y símbolos) e Interacción (pasiva e interactiva).



**Figura 8:** 6 dimensiones de la experiencia (Shedroff, 2001)

### 2.2.2 Emotional Design (Norman, 2004)

Norman (2004), considerado como uno de los pioneros en el diseño emocional, definía tres niveles de percepción de la experiencia: visceral, conductual y reflexivo (Figura 9). El nivel visceral es el nivel de procesamiento más rápido, y hace evaluaciones de la apariencia percibida del producto y del entorno. El diseño visceral está más relacionado con las formas, texturas, materiales, colores, sonidos y olores de los productos. El nivel conductual, está relacionado con la usabilidad y funcionalidad del producto, por lo que evalúa la efectividad y placer del uso. En un usuario experimentado este nivel de procesamiento es casi inconsciente. Por último, el nivel reflexivo se refiere a la racionalización de la interacción con el producto, está relacionado con el pensamiento consciente del producto y de los valores personales de los usuarios. Este procesamiento no proviene directamente del nivel visceral, sino que está basado en la memoria de la experiencia conductual y depende mucho de los antecedentes del usuario (cultura, valores y recuerdos de las experiencias).



**Figura 9:** Tres niveles de la experiencia (Norman, 2004)

### 2.2.3 Understanding experience in interactive systems (Forlizzi & Battarbee, 2004)

El enfoque de Forlizzi y Battarbee (2004) se centra en la interacción entre usuario y producto en un contexto social y la experiencia que surge de ella. Propone tres tipos de interacciones (fluida, cognitiva y expresiva) y tres dimensiones de experiencia (experiencia, una experiencia y co-experiencia). En la siguiente Tabla 5 se muestra la descripción y el ejemplo de cada tipo de interacción y dimensión de experiencia.

**Tabla 5:** Descripción y ejemplo de tipos de interacción y dimensiones de la experiencia (Forlizzi & Battarbee. 2004)

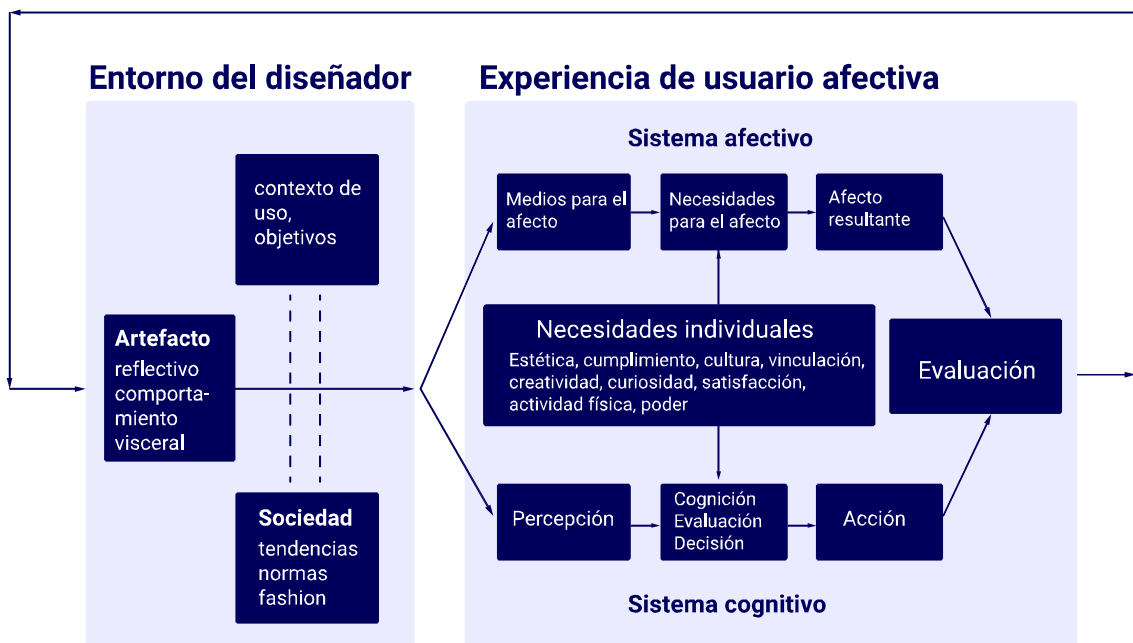
<b>Tipos de interacción Usuario-Producto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplo</b>
Fluida	Interacciones automáticas y cualificadas con los productos.	- Andar en bicicleta. - Preparar el café. - Consultar el calendario mirando en la PDA.
Cognitiva	Interacciones que se centran en el producto en cuestión; resultan en conocimiento o confusión y error.	-Tratar de identificar el mecanismo de descarga de un inodoro en un país extranjero. - Emplear un tutor de álgebra online para resolver un problema de matemáticas.
Expresiva	Interacciones que ayudan al usuario a crear una relación con el producto.	- Reparar una silla y pintarla de un nuevo color. - Configurar la imagen de fondo de un móvil. - Crear soluciones alternativas en software complejo.
<b>Tipos de experiencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplo</b>
Experiencia	Flujo constante de "autocomunicación" que ocurre cuando se interactúa con los productos.	- Andar por un parque. - Hacer tareas domésticas sencillas. - Utilizar sistemas de mensajería instantánea.

2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales

Una experiencia	Puede ser articulada o nombrada; tiene un principio y un final; inspira cambios emocionales y de comportamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montar en una montaña rusa.</li> <li>- Ver una película.</li> <li>- Encontrar una comunidad online de interés.</li> </ul>
Co-experiencia	Crear significado y emoción juntos a través del uso del producto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interactuar con otros con una exposición del museo.</li> <li>- Comentar sobre la cocina remodelada de un amigo.</li> <li>- Jugar a un juego de mensajería móvil con amigos.</li> </ul>

**2.2.4 Framework for evaluation of affective design (Khalid & Helander, 2006)**

Khalid y Helander (2006) entienden el diseño de experiencias como un proceso dividido en dos partes, el entorno del diseñador y la experiencia afectiva del usuario. El entorno del diseñador se basa en los siguientes tres elementos: contexto de uso, el artefacto y la sociedad. En cuanto a los usuarios, sus necesidades y los sistemas afectivos y cognitivos tendrán influencia en la evaluación emocional. Según los autores, los usuarios emplean tanto el sistema cognitivo como el afectivo para evaluar las experiencias, y las características individuales de los usuarios, como la cultura, creatividad u otros atributos impactan en ambos sistemas (Figura 10).

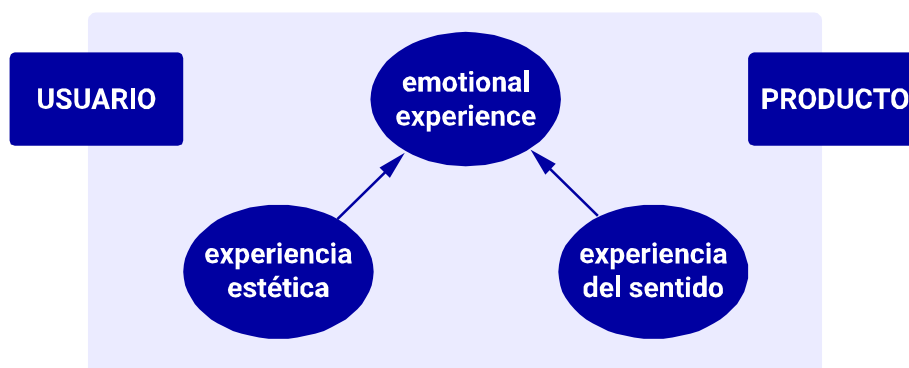


**Figura 10:** Proceso en el diseño de experiencias (Khalid & Helander, 2006)

### 2.2.5 Framework of Product Experience (Desmet & Hekkert, 2007)

Desmet y Hekkert (2007) definen tres componentes o niveles de la experiencia de producto: experiencia estética, la experiencia del sentido y la experiencia emocional (Figura 11).

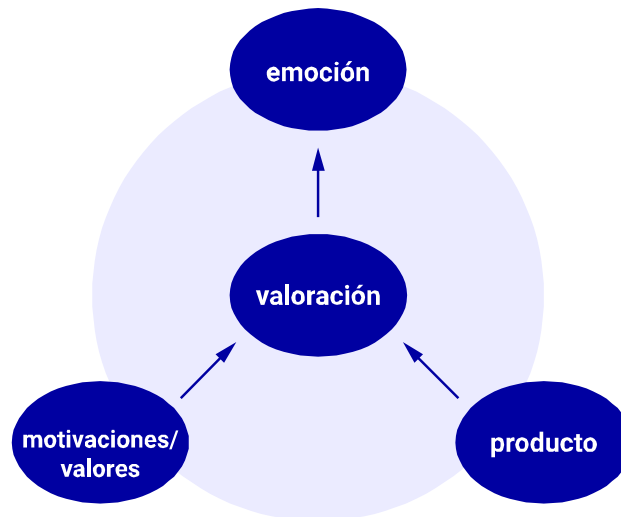
La experiencia estética se refiere a la capacidad de un producto para deleitar los sentidos, es decir, un producto puede ser bonito para verlo, hacer un sonido agradable, tener buena sensación al tacto e incluso oler bien. La experiencia del sentido se refiere a las motivaciones o valores personales que se atribuyen a un producto. Por último, la experiencia emocional envuelve las emociones producidas en la interacción.



**Figura 11:** Tres niveles o componentes de la experiencia con el producto (Desmet & Hekkert, 2007)

Hay una estrecha relación entre los tres componentes, que, aunque teóricamente se distinguen, son difíciles de diferenciar a causa de la complejidad de las experiencias. Sin embargo, se puede decir que hay un proceso en las emociones creadas en la experiencia. Al interactuar con un producto, el usuario hace una valoración de cómo va a afectar ese estímulo en su bienestar. Esa valoración, en la que influyen tanto la experiencia estética como la experiencia del sentido, deriva después en una emoción (Figura 12).

La experiencia estética puede causar una emoción, porque el deleite de los sentidos implica placer (una emoción), por ejemplo, al ver un producto estéticamente muy atractivo. Asimismo, al tener una experiencia que cumple con los intereses o inquietudes personales se crea una valoración que genera una emoción.



**Figura 12:** Proceso en las emociones creadas en la experiencia (Desmet & Hekkert, 2007)

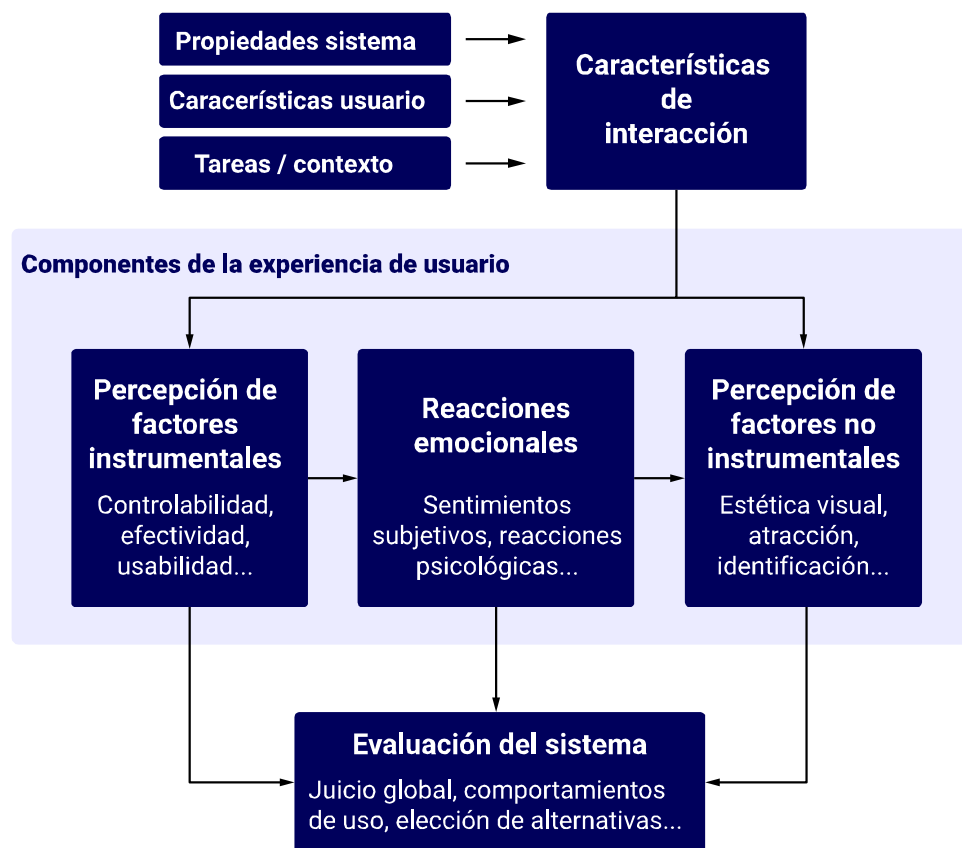
### **2.2.6 Usability, aesthetics and emotions in Human Technology Interaction**

(Thüring & Mahlke, 2007)

Thüring y Mahlke (2007) contemplan la experiencia como la combinación de tres elementos básicos: (i) la percepción de los factores instrumentales como la controlabilidad o la efectividad de un sistema; (ii) la percepción de factores no-instrumentales como la estética del sistema y (iii) las respuestas emocionales del usuario ante el comportamiento del sistema. Para resumir su enfoque proponen el modelo CUE (Figura 13). Los autores entienden que la experiencia del usuario se obtiene en la interacción con un dispositivo, con el objetivo de resolver una tarea particular, en un contexto definido y en un límite de tiempo concreto. Los atributos del usuario (como sus cualidades o capacidades) como las características del sistema (por ejemplo la funcionalidad o el diseño de interfaz) afectan en la interacción y sus propiedades.

Estas propiedades se dividen en los factores instrumentales y los no-instrumentales. Los primeros están relacionados con la usabilidad del sistema, mientras que los segundos son consecuencia de la atracción del sistema. Estos dos factores afectan en la percepción emocional de la interacción, que resulta después en la evaluación del sistema, lo cual afectará en las decisiones y comportamientos de los usuarios en el futuro.

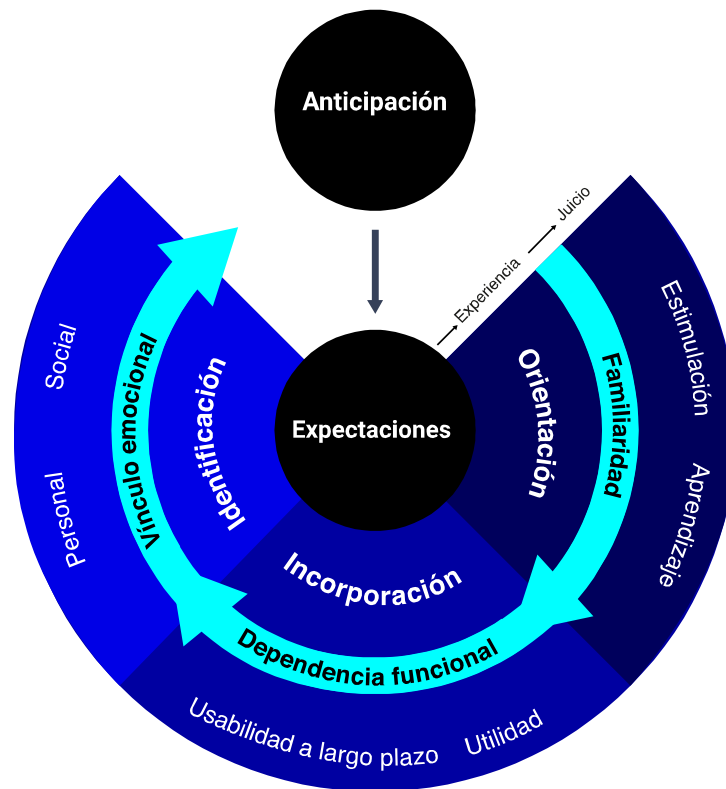




**Figura 13:** Componentes de la experiencia de usuario (Thüring & Mahlke, 2007)

### 2.2.7 User Experience over time: an initial framework (Karapanos et al., 2009)

Karapanos et al. (2009) destacan la importancia de la temporalidad en la experiencia de usuario. Argumentan que la percepción de los usuarios sobre un producto va variando a lo largo del tiempo. Por ejemplo, un sistema que en primera instancia pueda resultar difícil de utilizar, posteriormente puede que el usuario lo adopte de tal manera que lo considere intuitivo y satisfactorio. Por lo tanto, considerar el aspecto temporal consideran un factor esencial, sobre todo, para productos que un periodo de uso prolongado. En ese proceso de adopción del producto, se diferencian tres fases principales: orientación, incorporación e identificación. La transición de una fase a otra sucede a causa de la familiarización con el producto, la dependencia funcional y el vínculo emocional (Figura 14).



**Figura 14:** El proceso de la experiencia de usuario en el tiempo (Karapanos et al., 2009)

En primer lugar, antes de comenzar la experiencia, existe una fase de anticipación donde el usuario forma unas expectativas en base a experiencias previas. En segundo lugar, con el inicio de la experiencia, comienza la fase de orientación, en el que resaltan las emociones relacionadas con la estimulación y la frustración de pasar un proceso de aprendizaje. Después, al familiarizarse con el sistema, se adentra en la fase de incorporación, donde la usabilidad a largo plazo se convierte en el aspecto más relevante en la evaluación del usuario. Finalmente, al aceptar el producto en la vida diaria, con la fase de identificación se genera el vínculo emocional.

### **2.2.8 Experience Design: Technology for all the right reasons** (Hassenzahl, 2010)

Hassenzahl (2010) define cuatro características que definen la experiencia: subjetiva, holística, situada y dinámica.

- Subjetiva:

Desde una misma acción, se pueden generar diferentes experiencias dependiendo de la persona que realiza la interacción, la experiencia siempre dependerá en la percepción subjetiva de cada persona.

- Holística:

Hassenzahl argumenta que cada experiencia tiene detrás tres niveles jerárquicos de objetivos (Figura 15). En el nivel medio, se encuentran los “do-goals”, la “acción” de la experiencia, como hacer una llamada de teléfono o ver una película. En el primer nivel se encuentra el “Cómo” de la experiencia (“motor goals”), es decir, las funciones de un sistema para ejecutar las acciones como, por ejemplo, en el caso de la llamada, pulsar el botón de los números. Tradicionalmente, el HCI se ha centrado en estos dos niveles, de modo que los métodos, modelos y teorías se centran en cumplir con los objetivos funcionales y de usabilidad.

Sin embargo, hay otro nivel de objetivos, los “be-goals”, los cuales corresponden al “porqué” de la experiencia. Está relacionado con las necesidades psicológicas o motivaciones como “ser competente” o “tener cercanía con otras personas”. Los “be-goals” motivan la acción y le aportan sentido a la experiencia.

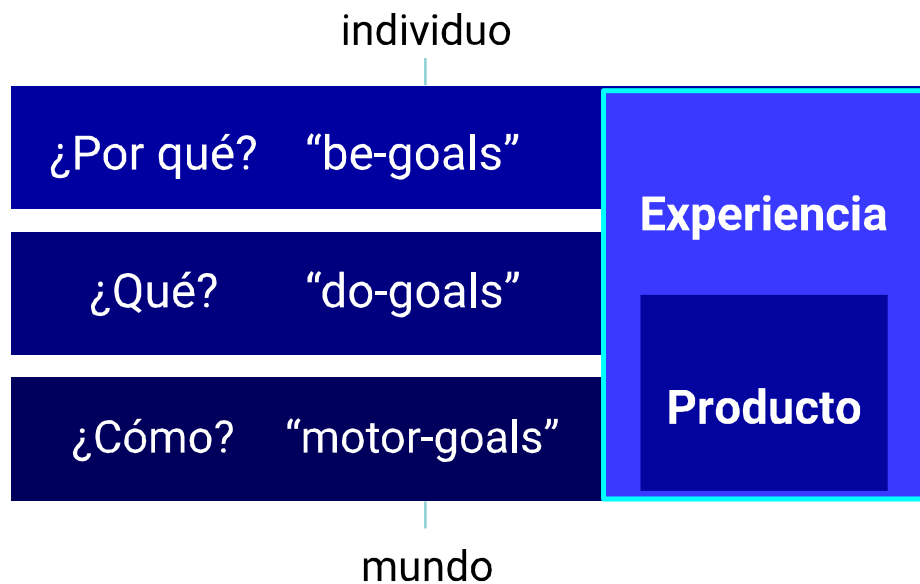
- Situada (vs abstracta)

Las experiencias emergen de la integración de una acción, la percepción de la persona sobre ella, la motivación intrínseca y las emociones que genera, pero todos estando en un diálogo con el mundo en un momento y lugar concreto.

- Dinámica (vs estática)

La experiencia siempre debe entenderse como un proceso dinámico que va variando en el tiempo. Experimentar es un río continuo, emergiendo de percibir, actuar, pensar y sentir. La experiencia es un pedazo de este tiempo, empaquetado, interpretado y etiquetado-una historia.

Aunque cada experiencia es muy diferente, todas comparten una esencia en la definición. Hassenzahl propone las necesidades psicológicas universales, como la competencia, estimulación, cercanía, autonomía, popularidad, autorrealización, seguridad y esfuerzo físico como los constituyentes importantes de la experiencia. Es el cumplimiento de dichas necesidades los que crean emoción y significado al interactuar con un producto. Por ello, el reto de la UX es diseñar experiencias que logren cumplir con las necesidades psicológicas de las personas. Para poder lograr experiencias positivas que logren cumplir con las necesidades, los tres niveles de objetivos son fundamentales. Hassenzahl argumenta que la funcionalidad (relacionado con el nivel “motor-goals”) y la usabilidad (relacionado con el nivel “do-goals”) de un producto son esenciales, pero la experiencia no puede ser positiva al menos que se cumpla las necesidades psicológicas o motivaciones (relacionados con los “be-goals”).



**Figura 15:** Los tres niveles de la experiencia (Hassenzahl, 2010)

### **2.2.9 The elements of user experience: user-centered design for the web and beyond (Garrett, 2010)**

Garrett (2010) plantea que el proceso del diseño de la UX debe tratar de controlar y provocar de forma intencionada todos los aspectos que sucedan en la experiencia de un usuario en la interacción con un sistema digital. Para poder diseñar dicha experiencia de usuario, define los siguientes 5 planos clave:

- Plano superficial: se basa en las ilustraciones, imágenes u otro tipo de elementos que forman la parte visual de la interfaz.
- Plano esquelético: trata de situar los elementos visuales en la interfaz, para poder interactuar de forma eficiente y eficaz.
- Plano estructural: se refiere a la estructura del sistema digital y la definición de la arquitectura de la información.
- Plano de visión: se basa en la definición de la visión del sistema, los objetivos que tienen detrás las funcionalidades y características del sistema.
- Plano estratégico: trata de establecer la estrategia del sistema, teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios.

### **2.2.10 Experience-centered Design (Wright & McCarthy, 2010)**

Wright y McCarthy (2010) plantean una nueva perspectiva sobre el enfoque que debe tener un proyecto de diseño de experiencias. Consideran el diseño centrado en la experiencia como una aproximación humanística para el diseño de tecnologías digitales que enriquezcan las experiencias de las personas. Para diseñar dichas

experiencias, destacan una serie de conceptos clave: (i) valorar la persona que se encuentra detrás del usuario, (ii) centrarse en cómo las personas comprenden sus experiencias, (iii) entender al usuario y al diseñador como co-creadores de la experiencia y (iv) ver a la persona como parte activa del proceso, que imagina posibilidades, crea oportunidades y actúa.

### **2.3 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE USUARIO**

Tal y como sucede en las definiciones y enfoques de la experiencia, los métodos y herramientas de evaluación de la UX han ido variando a lo largo de los años y existen numerosas opciones a día de hoy (Maia & Furtado, 2016). La variedad de definiciones y enfoques ha dificultado la concreción de los elementos que influyen en la experiencia y por tanto a evaluar para analizar la UX.

Tradicionalmente, los métodos de evaluación en las interfaces digitales han estado enfocados en los aspectos funcionales y pragmáticos, donde el objetivo residía en valorar la usabilidad de los sistemas para facilitar la ejecución de tareas. Sin embargo, con la evolución del HCI hacia los factores emocionales y la experiencia de usuario, han surgido nuevos métodos y herramientas entre los profesionales de la temática.

Durante la última década, varios autores (Bevan, 2009; Vermeeren et al., 2010; Bargas-Avila & Hornbæk, 2011; Alves et al., 2014; Pettersson et al., 2018; Díaz-Oreiro et al., 2019) han tratado de revisar los métodos que existen en la actualidad para la evaluación de la UX en interfaces digitales, con el objetivo de marcar las necesidades para futuras investigaciones.

Bevan (2009) en su revisión destaca la diferencia entre los métodos de usabilidad y la experiencia de usuario. Por un lado, según Bevan (2009) la usabilidad se centra en:

1. Diseñar y evaluar la eficiencia y eficacia.
2. Diseñar y evaluar la comodidad y satisfacción del usuario.
3. Diseñar un producto que sea fácil de usar, y evaluar para detectar y solucionar problemas de usabilidad del producto.
4. En algunos casos, el aspecto temporal conlleva a centrarse en la capacidad de aprendizaje.

Por otro lado, Bevan entiende que la UX se basa en los siguientes factores:

1. Entender y diseñar la experiencia de usuario con el producto: la manera en que las personas interactúan con el producto en el tiempo (lo que hacen y por qué lo hacen).

2. Maximizar el logro de los objetivos hedónicos de estimulación, identificación y evocación y las respuestas emocionales asociadas.

A veces, la usabilidad y la UX se conciben como dos perspectivas diferentes, pero en otros casos la usabilidad se entiende como parte de la UX. Estas diferencias en los enfoques de las evaluaciones son consecuencia de las distintas perspectivas que tienen los autores sobre los factores que determinan la UX. No obstante, Bevan (2009) define los siguientes dos objetivos en la evaluación de los sistemas:

1. Optimizar el rendimiento de los usuarios
2. Optimizar la satisfacción de los usuarios cumpliendo con los objetivos hedónicos y pragmáticos de los usuarios.

De esta manera, los métodos para optimizar la satisfacción del usuario cumpliendo con los objetivos hedónicos y pragmáticos, Bevan (2009) los clasifica de la siguiente manera:

1. Métodos para evaluar y diseñar los objetivos hedónicos de estimulación, identificación y evocación y las respuestas emocionales asociadas.
2. Métodos para evaluar y diseñar la percepción del usuario sobre el cumplimiento los objetivos pragmáticos relacionados con la ejecución de tareas.
3. Métodos para apoyar el diseño de la UX, incluyendo la definición de requisitos y la comprensión del contexto de uso.

La mencionada diferenciación de los objetivos hedónicos y pragmáticos proviene del modelo de Hassenzahl (2005, 2018). Este modelo determina que los usuarios perciben los productos interactivos en dos dimensiones. La evaluación pragmática está enfocada en la funcionalidad y usabilidad del producto en la ejecución de las tareas. La evaluación hedónica, en cambio, está dirigida a la capacidad del producto para generar placer en el usuario, lo cual lo relaciona con la estimulación, identificación y evocación del producto.

Además de la clasificación de los objetivos que deben cumplir las evaluaciones de los sistemas interactivos, Petrie y Bevan (2009) categorizan los métodos de evaluación para cumplir con la valoración de dichos objetivos:

1. Verificación automatizada de la conformidad con las directrices y normas.
2. Evaluación conducida por expertos.
3. Evaluaciones mediante modelos y simulaciones.
4. Evaluaciones con usuarios o usuarios potenciales.

5. Evaluación de los datos recogidos durante el uso de los sistemas.

Por otro lado, Vermeeren et al. (2010), realizaron una revisión del estado de los métodos de evaluación de la UX y sus necesidades a trabajar. Como en el caso de Bevan (2009), Vermeeren et al. (2010) diferencian los métodos de evaluación de usabilidad y de la UX. Argumentan que el primero se centra en el rendimiento de la ejecución de tareas y el segundo, en cambio, en la experiencia vivida. Aunque, entienden que la usabilidad es parte de la UX, un aspecto también a valorar para poder evaluar la experiencia.

En su revisión, recogen un total de 96 métodos. Estos métodos se recogieron mediante diferentes sesiones de expertos en la temática y otras bases de datos como (Engage, 2006) y (Humaine, 2008). En la Tabla 6 se visualiza la clasificación de los métodos analizados en la revisión de Vermeeren et al. (2010). La clasificación la realizan bajo los siguientes criterios:

- Origen: se distingue si el método identificado proviene del ámbito académico, industrial o la combinación de ambos.
- Tipo de datos: se muestra si los datos recogidos son cuantitativos, cualitativos o una combinación de ambos.
- Tipo de aplicación: se describen los productos en los que se han aplicado los métodos.
- Fuente: se define la fuente de información en la que se basan los métodos para evaluar la experiencia, diferenciando entre usuarios, grupos de usuarios, expertos y la combinación entre expertos y usuarios.
- Espacio: se concreta el lugar donde se realiza la evaluación, diferenciando entre el laboratorio, el contexto real del evaluador, el contexto real del usuario y vía online.
- Fase de desarrollo: se distinguen las fases del desarrollo del producto en las que se ejecuta la evaluación, clasificando entre prototipos totalmente funcionales, prototipos funcionales, conceptos y prototipos no funcionales.
- Otros: se recogen otras características para de los métodos para su aplicación, como la falta de necesidad de equipamiento especial, la aplicabilidad de forma remota, la necesidad de un investigador entrenado o la posibilidad de aplicación sin entrenamiento previo.

**Tabla 6:** Los resultados de la revisión de Vermeeren et al. (2010)

<b>Origen</b>	<b>Tipos de datos</b>	<b>Tipo de aplicación</b>	<b>Fuente</b>
<b>70%</b> Académico <b>18%</b> Industria <b>12%</b> Académico + Industria	<b>33%</b> Cualitativo <b>33%</b> Cuantitativo <b>33%</b> Ambos	<b>81%</b> Web <b>77%</b> Software móvil <b>76%</b> Software PC <b>66%</b> Hardware <b>12%</b> Otros	<b>82%</b> usuarios <b>17%</b> grupos de usuarios <b>7%</b> expertos <b>7%</b> expertos + usuarios
<b>Espacio</b>	<b>Fase del desarrollo</b>	<b>Otros</b>	
<b>67%</b> Laboratorio <b>52%</b> Contexto real (elección del investigador) <b>44%</b> Contexto real (del usuario) <b>40%</b> Online en web	<b>81%</b> Prototipos totalmente funcionales <b>79%</b> Prototipos funcionales <b>25%</b> Conceptos <b>23%</b> Prototipos no funcionales	<b>67%</b> Sin necesidad de equipamiento especial <b>51%</b> Aplicable de forma remota <b>49%</b> Un investigador entrenado <b>41%</b> Sin entrenamiento	

Como resultado de la revisión, concluyeron con las siguientes necesidades en la investigación sobre los métodos de evaluación de UX:

1. Métodos de evaluación de prototipos en las primeras fases del proceso de desarrollo.
2. Medidas validadas para diferentes experiencias.
3. Métodos para evaluar la UX de grupos de usuarios.
4. Practicidad de los métodos para su aplicación, teniendo en cuenta los recursos, el conocimiento, la facilidad de uso, el análisis de los datos y el uso de los resultados en el desarrollo.
5. Enfoques multimétodo que combinan eficazmente métodos con diferentes fuentes.
6. Métodos con una comprensión más profunda de la teoría de la UX.

En la misma línea, Bargas-Avila & Hornbæk (2011) realizaron un estudio de los métodos de evaluación de la UX para analizar cómo se ejecutan las investigaciones empíricas en esta temática (Tabla 7). Recogieron un total de 66 estudios empíricos entre los años 2005-2009, y clasificaron los métodos identificados en base a:



## 2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales

1. Los tipos de productos en los que se aplican los métodos.
2. Las dimensiones de la experiencia en las que se enfocan.
3. Las herramientas que proponen para emplear en las evaluaciones.

**Tabla 7:** Resultados de la revisión sobre métodos de evaluación de la UX (Bargas-Avila & Hornbæk, 2011)

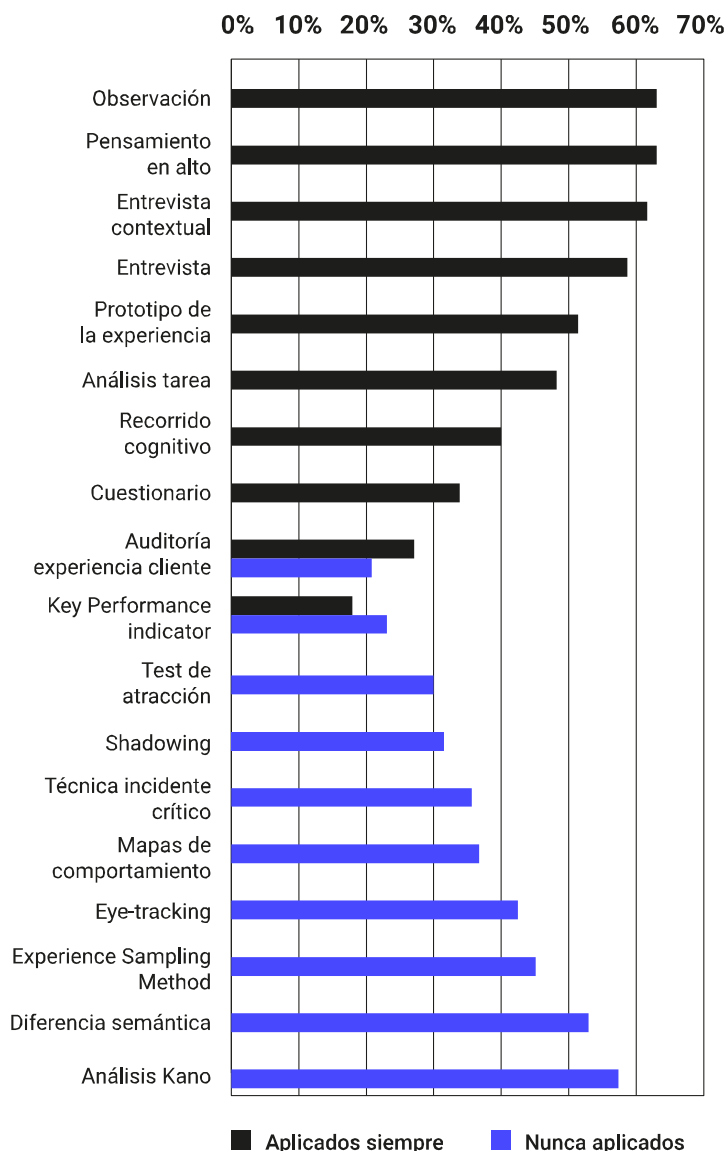
Productos	Dimensiones	Métodos
<b>21%</b> Arte <b>21%</b> App del móvil <b>15%</b> Audio, video, TV <b>12%</b> Web <b>9%</b> Producto imaginado <b>6%</b> Juego interactivo <b>6%</b> Sin producto específico <b>9%</b> Otros productos	<b>41%</b> Experiencia de usuario en general <b>24%</b> Afecto, emoción <b>17%</b> Diversión <b>15%</b> Estética, atracción <b>14%</b> Calidad hedónica <b>12%</b> Vinculación <b>8%</b> Motivación <b>6%</b> Encanto <b>5%</b> Frustración <b>23%</b> Otros constructos	<b>53%</b> Cuestionarios <b>20%</b> Entrevistas (semi-estructuradas) <b>17%</b> Observación de usuarios <b>17%</b> Grabación de video <b>15%</b> Focus groups <b>12%</b> Entrevistas (abiertas) <b>11%</b> Diarios <b>9%</b> Muestras <b>8%</b> Collage o dibujos <b>8%</b> Fotografías <b>5%</b> Movimientos corporales <b>5%</b> Medidas psicofisiológicas <b>27%</b> Otras herramientas

Tras la revisión, concluyeron con las necesidades que presentan los métodos de evaluación de la UX:

1. Métodos que recojan descripciones elaboradas del contexto de la experiencia.
2. Métodos que analicen la experiencia a lo largo del tiempo.
3. Métodos que evalúen diferentes dimensiones de la experiencia y la relación entre ellas.
4. Métodos centrados en las aplicaciones de productividad en ordenadores de mesa.

Posteriormente, Alves et al. (2014) realizaron una revisión sobre cómo se aplica en la práctica la evaluación de la UX. Para ello, ejecutaron una encuesta online donde obtuvieron 97 respuestas válidas de profesionales y empresas relacionadas con la UX. Una de las partes importantes de la revisión se centra en la selección de los métodos más habituales para la evaluación. Alves et al. proponían un total de 19 métodos, los cuales las empresas y profesionales debían valorar acerca de su aplicación en sus evaluaciones (Figura 16).

## 2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales



**Figura 16:** Resultado de la revisión sobre métodos aplicados en la evaluación de la UX (Alves et al., 2014)

Los resultados mostraron que la observación, el pensamiento en alto (Hertzum & Jacobsen, 2001) y las entrevistas (Wilson, 2013) son los métodos más empleados. Por el contrario, el eye-tracking (Poole & Ball, 2006), el “Experience Sampling Method” (Larson & Csikszentmihalyi, 2014), las diferencias semánticas (Bradley & Lang, 1994) y el análisis Kano (Nilsson-Witell & Fundin, 2005) han sido los métodos menos utilizados.

Recientemente, Pettersson et al. (2018) han realizado una revisión de 100 artículos relevantes sobre la UX. Mediante esta revisión, pretenden actualizar el análisis de los métodos de evaluación, partiendo de los trabajos previamente mencionados. El objetivo principal de la revisión es conocer cómo se aborda la evaluación de varias

dimensiones de la UX mediante el empleo de 2 o más métodos conjuntamente. Mediante esta revisión (Tabla 8), clasifican las publicaciones identificados en base a:

1. Las dimensiones de la experiencia que se evalúan
2. Los métodos que se emplean para la evaluación
3. Los periodos en los que se ejecuta la evaluación.

**Tabla 8:** Resultados de la revisión sobre la evaluación de la experiencia en base a las dimensiones, métodos y periodos de tiempo (Pettersson et al., 2018)

Dimensiones	Métodos	Periodo de tiempo
<b>56%</b> Experiencia de usuario en general <b>22%</b> Calidad pragmática <b>7%</b> Estética, atracción <b>6%</b> Calidad hedónica <b>4%</b> Satisfacción <b>4%</b> Emoción, afecto <b>4%</b> Diversión <b>3%</b> Vinculación <b>2%</b> Frustración <b>1%</b> Motivación <b>16%</b> Otros constructos	<b>53%</b> Cuestionarios de desarrollo propio <b>46%</b> Entrevistas semi-estructuradas <b>31%</b> Registro de actividad <b>26%</b> Cuestionarios estandarizados <b>19%</b> Observación en vivo del usuario <b>16%</b> Grabación de video <b>9%</b> Entrevista libre <b>6%</b> Pensamiento en voz alta <b>5%</b> Focus groups <b>3%</b> Feedback online <b>3%</b> Muestras <b>2%</b> Psicofisiológicas <b>5%</b> Otros	<b>22%</b> Antes de la interacción <b>65%</b> Durante la interacción <b>96%</b> Después de la interacción <hr/> <b>42%</b> Combinación durante-después <b>32%</b> Solo después <b>19%</b> Combinación antes-durante-después <b>4%</b> Solo durante <b>3%</b> Combinación antes-después

Los resultados de la revisión muestran el aumento del interés acerca de los métodos de evaluación de la experiencia, aumentando el número de publicaciones en un 56%. Por otro lado, en cuanto a las dimensiones de la experiencia, se puede ver que la más de la mitad de los artículos (56%) evalúan la experiencia de forma genérica, como una única dimensión. Además, la mayoría de las publicaciones exponen definiciones poco elaboradas de la experiencia.

En cuanto a los productos en los que se enfocan las evaluaciones, destacan las aplicaciones de los móviles (15%), los juegos interactivos (13%) y las herramientas web (12%). Pero, en la mayoría de los casos el uso del método no está sujeto a un tipo de producto específico (20%). Más de la mitad de los productos (56%) son prototipos, de los cuales casi todos son prototipos de alta fidelidad (96%), y el 39% son productos ya finalizados o versiones beta. Lo cual, muestra que los conceptos en

fases previas apenas se evalúan. En lo referente al contexto, existe una proporción parecida de evaluaciones en contextos reales y de laboratorio, con un aumento significativo del contexto real en comparación con la revisión de Bargas-Avila y Hornbæk (2011).

Los métodos más empleados han sido los cuestionarios de desarrollo propio (53%), las entrevistas semi-estructuradas (46%), el registro de actividad (31%) y los cuestionarios estandarizados (26%). Asimismo, la mayoría de las publicaciones (72%) combinan dos o más métodos en sus estudios, aunque casi siempre emplean las mismas combinaciones, siendo la mezcla de los cuestionarios de desarrollo propio, el registro de actividad y las entrevistas semi-estructuradas la más aplicada. No obstante, recalcan la necesidad de seguir investigando y crear herramientas multimétodo para la evaluación de la experiencia de usuario.

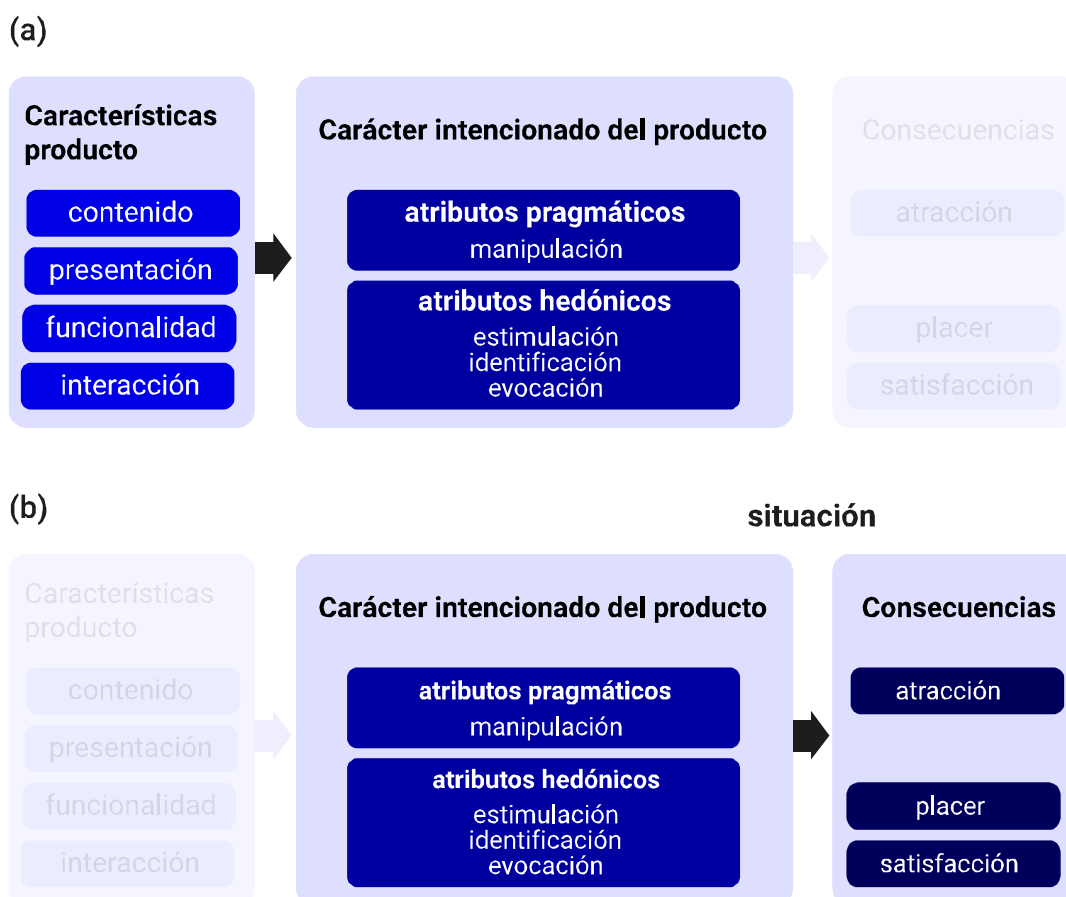
Para finalizar con la revisión, destacan que la mayoría de los métodos evaluaron el UX justo después de la experiencia (96%), y otra proporción significativa (65%) durante la interacción. Sin embargo, sólo el 19% de los métodos de UX cubren las tres fases de evaluación (antes, durante y después).

Finalmente, Díaz-Oreiro et al. (2019) analizan el uso de los cuestionarios de evaluación UX AttrakDiff (Hassenzahl et al., 2003), UEQ (Rauschenberger et al., 2013) y meCUE (Minge et al., 2017), los cuales son considerados como cuestionarios estandarizados más utilizados en la disciplina UX. Revisan un total de 553 estudios donde cualquiera de los tres cuestionarios ha sido aplicado. Entre los estudios recogidos, AttrakDiff es el más empleado con un 61,6%, seguido por el UEQ con un 36,2% y por último el meCUE con solo un 2,2%.

A su vez, analizan la asociación de dichos cuestionarios con otras herramientas de evaluación. En un 61% de los estudios (340 estudios), además de los tres cuestionarios mencionados, emplearon también algún otro cuestionario. De este porcentaje, el 64,4% utilizó un método más, el 25,9% dos más, el 8,2% tres más, el 1,2% 4 más y el 0,3% 5 métodos más. Entre los métodos complementarios, los más utilizados han sido los siguientes: SUS (Brooke, 1996) (en 120 estudios), cuestionarios de creación propia (en 72 estudios), entrevistas semi-estructuradas (en 60 estudios), NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988) (en 53 estudios), Panas-X (Watson & Clark, 1999) (en 12 estudios) y pensar en alto (en 11 estudios). Los demás métodos estaban citados en menos de 10 estudios.

## 2.4 MÉTODOS DE EVALUACIÓN EXPERTA Y DE USUARIO

En la interacción de cualquier tipo de producto, sistema o servicio existen siempre dos perspectivas diferentes a la hora de evaluar: la perspectiva experta del diseñador y la perspectiva del usuario. Partiendo de esta reflexión, Hassenzahl (2018) plantea un modelo de evaluación de la experiencia de usuario desde la perspectiva experta y del usuario (Figura 17).



**Figura 17:** Perspectivas para la evaluación de la experiencia de usuario (Hassenzahl, 2018)

Los diseñadores diseñan los productos con una serie de características en cuanto al contenido, presentación, funcionalidad e interacción. Mediante estas características pretenden aportar al producto un carácter que cumpla con los atributos tanto pragmáticos como hedónicos. Este carácter intencionado, no asegura que sea percibido y apreciado por los usuarios como tal, puesto que, la percepción de los atributos pragmáticos y hedónicos depende de la perspectiva de los usuarios.

El carácter intencionado del producto se divide en dos grupos de atributos: los pragmáticos y los hedónicos. El primero se refiere a la habilidad percibida del producto de apoyar la realización de tareas de forma eficiente y efectiva, relacionada con los

aspectos de usabilidad. El segundo, en cambio, está relacionado con la capacidad percibida del producto para crear “placer”. En este modelo, identifica la estimulación (p. ej. la novedad de un producto), la identificación (p. ej. el profesionalismo aparente del producto) y la evocación (p. ej. las memorias positivas asociadas al producto). Estos atributos intencionados por el diseñador pueden ser percibidos de manera diferente por cada usuario y la situación en las que utiliza el producto. Incluso la percepción sobre el producto de una misma persona puede ir variando en el tiempo.

El modo en el que el usuario percibe estos atributos genera después una serie de consecuencias en (i) la opinión sobre la calidad general del producto (p.ej. es bueno o malo), (ii) las emociones (p. ej. placer, estimulación) y (iii) el comportamiento (p. ej. aumento del tiempo que pasa con el producto). Los atributos tanto pragmáticos como hedónicos son importantes en la percepción del usuario sobre el producto, pero están relacionados con diferentes tipos de consecuencias. Por ejemplo, la cualidad pragmática está relacionada con el esfuerzo mental, pero la hedónica no.

A la hora de evaluar una interfaz digital, la perspectiva del diseñador o del experto puede permitir valorar las características del sistema e incluso los atributos intencionados. Sin embargo, no permite conocer la manera en la que percibe el usuario y las consecuencias que le han generado. En cambio, las evaluaciones de usuario permiten valorar su percepción acerca del producto y las consecuencias que le ha generado. Por consiguiente, se pueden distinguir dos tipos de evaluaciones, por un lado, las desarrollados bajo la perspectiva del diseñador o experto y, por otro lado, las evaluaciones basadas en el usuario.

### **2.4.1 Evaluación experta**

La evaluación experta se basa exclusivamente en la experiencia y juicio del evaluador. Petrie & Bevan (2009) exponen los siguientes argumentos para emplear la evaluación experta: (i) para identificar problemas de usabilidad y solucionarlos antes de testear con usuarios; (ii) porque en ocasiones hay demasiadas páginas o pantallas para poder incluirlos todos en los test de usuarios; (iii) porque es posible que no se pueda obtener usuarios actuales o potenciales del sistema; (iv) porque puede que no haya tiempo suficiente para ejecutar testeos de usuario y (v) para entrenar a los desarrolladores en temas de usabilidad.

El método experto más utilizado es la evaluación heurística (Nielsen, 1994; Shneiderman, 2010). Los evaluadores emplean una serie de heurísticos o directrices para identificar diferentes problemas de usabilidad de las interfaces digitales. Nielsen (1994) definió 10 heurísticos de evaluación para asegurar la usabilidad de los sistemas

digitales (Tabla 9). De la misma manera, Shneiderman (2010) concretó 8 principios para un buen diseño de una interfaz digital (

Tabla 10).

**Tabla 9:** Los 10 heurísticos de usabilidad de Nielsen (1994)

<b>Heurísticos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Visibilidad del estado del sistema</b>	El sistema siempre debe informar al usuario sobre lo que está sucediendo, mediante feedbacks apropiados.
<b>Concordancia entre el sistema y el mundo real</b>	El sistema debe emplear un lenguaje adecuado para el usuario, con palabras y frases familiares, en vez de emplear el lenguaje técnico del sistema.
<b>Control y libertad del usuario</b>	Los usuarios a menudo eligen las funciones del sistema por error y necesitan una salida claramente marcada para salir del estado no deseado sin tener que pasar por un diálogo prolongado. Soporte para deshacer y rehacer.
<b>Consistencia y estándares</b>	Los usuarios no deberían tener que preguntarse si diferentes palabras, situaciones o acciones significan lo mismo.
<b>Prevención de errores</b>	Incluso mejor que los mensajes de error adecuados es un diseño que evita que ocurra un problema en primera instancia. Se deben eliminar las condiciones propensas a errores o verificarlas y presentar a los usuarios una opción de confirmación antes de que se comprometan con la acción.
<b>Reconocer en vez de recordar</b>	Se debe minimizar la carga de memoria del usuario haciendo que los objetos, acciones y opciones sean visibles. El usuario no debería tener que recordar información de una parte del diálogo a otra. Las instrucciones de uso del sistema deben ser visibles o de fácil acceso cuando proceda.
<b>Flexibilidad y eficiencia de uso</b>	Los aceleradores, a menudo pueden acelerar la interacción para el usuario experto, de modo que el sistema puede atender tanto a los usuarios inexpertos como a los experimentados. Se debe permitir que los usuarios adapten las acciones frecuentes.
<b>Estética y diseño minimalista</b>	Los diálogos no deben contener información irrelevante o innecesaria. Cada unidad de información adicional en un diálogo hace que disminuya la visibilidad de las unidades de información relevantes.
<b>Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores</b>	Los mensajes de error deben expresarse en lenguaje sencillo (sin códigos), indicar con precisión el problema y sugerir constructivamente una solución.
<b>Ayuda y documentación</b>	Aunque es mejor que se pueda utilizar el sistema sin documentación, puede ser necesario proporcionar ayuda y documentación. Cualquier información de este tipo debe ser fácil de buscar, centrarse en la tarea del usuario, enumerar los pasos concretos que hay que dar y no ser demasiado grande.

**Tabla 10:** 8 heurísticos para el diseño de interfaces digitales de Shneiderman (2010)

<b>Principios</b>	<b>Descripción</b>
<b>Trabajar la consistencia</b>	En situaciones similares las secuencias de acciones deben ser similares; debe utilizarse una terminología idéntica en los avisos, menús y pantallas de ayuda; y deben emplearse comandos coherentes en todo momento.
<b>Permitir que los usuarios frecuentes utilicen accesos directos</b>	A medida que aumenta la frecuencia de uso, el deseo del usuario de reducir el número de interacciones y de aumentar el ritmo de interacción también aumenta. Las abreviaturas, las teclas de función, los comandos ocultos y las macro facilidades son muy útiles para un usuario experto.
<b>Ofrecer feedback para informar</b>	Para cada acción del operador, debe haber algún feedback del sistema. Para las acciones frecuentes y menos importantes, la respuesta puede ser modesta, mientras que, para las acciones poco frecuentes y más importantes, la respuesta debe ser más significativa.
<b>Diseñar un diálogo para lograr el cierre</b>	Las secuencias de acciones deben organizarse en grupos con principio, medio y final. El feedback informativo al completar un grupo de acciones da a los operadores la satisfacción del cumplimiento, una sensación de alivio, la señal para dejar los planes de contingencia y una indicación de que pueden prepararse para el siguiente grupo de acciones.
<b>Ofrece un manejo sencillo de los errores</b>	En la medida de lo posible, se debe diseñar el sistema de manera que el usuario no pueda cometer un error grave. Si se comete un error, el sistema debe ser capaz de detectarlo y ofrecer mecanismos sencillos y comprensibles para solucionarlo.
<b>Permite un fácil retroceso de las acciones</b>	Esta característica alivia la ansiedad, ya que el usuario sabe que los errores se pueden deshacer; por lo tanto, fomenta la exploración de opciones desconocidas. Las unidades de reversibilidad pueden ser una sola acción, una entrada de datos o un grupo completo de acciones.
<b>Aumentar la sensación de control</b>	Los operadores experimentados desean tener la sensación de que tienen el control del sistema y que el sistema responde a sus acciones. Se debe diseñar el sistema para que los usuarios sean los iniciadores de las acciones y no los que responden.
<b>Reducir la carga de memoria a corto plazo</b>	La limitación del procesamiento de la información humana en la memoria a corto plazo requiere que las pantallas se mantengan simples, que se consoliden las pantallas de varias páginas, que se reduzca la frecuencia de movimiento de las ventanas y que se asigne suficiente tiempo de formación para códigos, mnemónicos y secuencias de acciones.

Desde que inicialmente Nielsen (1994) propusiera los 10 heurísticos de evaluación, diferentes autores han adaptado la propuesta (Pierotti, 1995; Agarwal & Venkatesh, 2002; Mankoff et al., 2003) . Recientemente, Lasa et al. (2017), junto a contribuciones



de empresa, crearon la herramienta de evaluación heurística UXER formada por un total de 194 sub-heurísticos agrupados en los siguientes heurísticos:

1. Aspectos generales
2. Confianza y credibilidad
3. Navegación y arquitectura de la información
4. Control y feedback
5. Maquetación y diseño gráfico
6. Tolerancia a errores
7. Privacidad
8. Página de inicio
9. Contenido y escritura
10. Ejecución de las tareas
11. Formularios y entradas de datos
12. Búsquedas
13. Ayuda

La evaluación heurística ha sido utilizada en el ámbito del HCI por más de tres décadas. Sin embargo, ha sido criticado por su baja validez y fiabilidad limitada, ya que, los resultados varían dependiendo de la persona evaluadora. Además, su aplicación en las evaluaciones presenta numerosas dificultades (Petrie & Bevan, 2009). En primer lugar, la gran cantidad de directrices exigen esfuerzo para aprender y aplicarla adecuadamente. En segundo lugar, evaluar todos los heurísticos por cada página exige mucho tiempo de dedicación. En tercer lugar, las evaluaciones heurísticas se centran solo en generalidades y puede que muchos aspectos específicos queden ignorados porque las directrices no las identifican. Por último, pueden existir dificultades a la hora de aplicar la evaluación heurística sin tener experiencia previa con el método, lo cual limita el uso de la misma.

Asimismo, la investigación realizada acerca de esta herramienta muestra que muchos de los problemas identificados por el experto están basados en su conocimiento y juicio y no tanto en los heurísticos empleados en la evaluación (Lallemant et al., 2014). Por ello, en muchas ocasiones al realizar la evaluación heurística, en lugar de centrarse en los elementos individuales, se ejecuta centrándose en la ejecución de

una serie de tareas. En estos casos, la evaluación heurística se combina con el método del recorrido experto (Lallemant et al., 2014). Este método, se basa en identificar problemas de usabilidad mientras se ejecutan tareas específicas como lo harían los usuarios, empleando los conocimientos y la experiencia del experto. Normalmente, este método suele ser más efectivo que analizar las pantallas del software o web individualmente, puesto que toma en cuenta el contexto en el que el usuario utilizaría el sistema (Petrie & Bevan, 2009).

Los métodos de evaluación experta se han centrado tradicionalmente en los aspectos de usabilidad únicamente. Por ello, hoy en día, apenas existen métodos expertos que evalúen la UX en su totalidad. Dentro de la recopilación de 96 métodos, Vermeeren et al. (2010) solo identifican 13 métodos expertos, de los cuales 6 requieren la participación de los usuarios. Lo cual, muestra que no existen muchas alternativas y exista la necesidad de proponer nuevos métodos o herramientas que evalúen el UX desde la perspectiva experta.

A raíz de esta escasez de herramientas, en la última década se han creado nuevos métodos basados en la perspectiva experta. Väänänen-vainio-mattila y Wäljas (2009) desarrollaron los heurísticos UX para servicios web 2.0. El método está compuesto por 7 heurísticos, donde solamente uno de los siete (denominado "UX genérico") está relacionado con los aspectos experienciales. En la misma línea, Arhipainen (2013) propuso 10 heurísticos UX, basados en estudios empíricos, con el objetivo de crear un método de evaluación de la experiencia de usuario que sea rápido y económico y aplicable en fases previas de diseño. Éstos son los 10 heurísticos UX definidos por Arhipainen (2013):

1. Garantizar la usabilidad
2. Proporcionar utilidad que cumpla con los valores del usuario
3. Superar las expectativas del usuario
4. Respetar el usuario, el sistema debe estar diseñado teniendo en cuenta las necesidades, valores, experiencias previas, conocimientos, etc. del usuario.
5. Diseñar sistemas que estén adaptados a los contextos en los que se van a utilizar.
6. Proporcionar varias maneras de interactuar, dejando que el usuario elija la deseada.
7. Respetar la privacidad y seguridad del usuario
8. Apoyar las acciones del usuario
9. Buscar el perfecto diseño visual, para crear una interfaz comprensible y consistente, pero también atractivo.

10. Darle una sorpresa al usuario, intentar crear experiencias positivas y no solo centrarse en la usabilidad.

Del mismo modo, Masip (2013) desarrolló un nuevo método, denominado Open-HEREDEUX, enfocado a la evaluación heurística de la UX. Este método, proporciona diferentes agrupaciones de los heurísticos según las necesidades del sistema a evaluar, lo cual permite emplear únicamente las consideradas relevantes para cada evaluación. La agrupación está realizada en base a los siguientes términos:

1. Facetas UX: Accesibilidad, fiabilidad, deseable, emocional, localizable, jugabilidad, plasticidad, usabilidad, utilidad, interculturalidad y comunicabilidad.
2. Funcionalidades: las tareas principales que realiza el usuario en una aplicación web (p. ej. iniciar sesión).
3. Aspectos: los factores que se deberían considerar a la hora de evaluar (p.ej. el hardware del sistema).
4. Componentes: los elementos que componen el sistema interactivo (p.ej. los gráficos).
5. ISO/IEC 25010:2011: los atributos definidos en esta norma ISO.

Además de las adaptaciones de los heurísticos a la UX, Lallemand et al. (2014) han elaborado un nuevo método de evaluación experta, basado en las necesidades psicológicas de las personas. Tal y como manifiesta Hassenzahl (2010), el cumplimiento de las necesidades psicológicas es la principal causa de las experiencias positivas, por tanto, en este método, proponen valorar mediante una serie de criterios en qué medida logra cumplir el sistema las necesidades psicológicas. Para ello, proponen “Cartas UX” para 7 de las 10 necesidades psicológicas definidas por Sheldon et al. (2001) (cercanía, competencia, autonomía, seguridad, placer, significado y popularidad). En estas cartas, exponen situaciones comunes en las que se cumplen dichas necesidades, junto con los términos relacionados, para facilitar al experto la valoración de la medida en la que se cumple con las necesidades. Tras experimentar el método con 33 expertos en 4 sistemas interactivos, concluyeron que los expertos fueron capaces de evaluar el cumplimiento de las necesidades. Sin embargo, destacan la dificultad de los expertos en adoptar la perspectiva del usuario a la hora de evaluar. Además, al ser una aproximación novedosa dentro de los métodos de evaluación experta, proponen seguir investigando en la temática para verificar la validez de esta aproximación para evaluar la UX de las interfaces digitales.

### **2.4.2 Evaluación de usuario**

En las evaluaciones de usuario la valoración de la experiencia de la interacción se recoge directamente del usuario. Permite analizar la experiencia desde una perspectiva más cercana a la realidad, puesto que los protagonistas de este tipo de evaluaciones son los propios usuarios. Habitualmente, para realizar estas evaluaciones se solicita al usuario ejecutar una serie de tareas, las que posiblemente se efectúen en el uso real del sistema. De esa manera, el facilitador de la evaluación analiza cómo ha sido la experiencia del usuario, recogiendo información mediante diferentes métodos, como observaciones, cuestionarios, entrevistas o escalas de valoración, entre otros.

Para poder evaluar la UX, es necesario evaluar los factores tanto hedónicos o emocionales, como los pragmáticos o los relacionados con la usabilidad. Como se ha demostrado en el estudio de Pettersson et al. (2018), las evaluaciones de usuario normalmente emplean cuestionarios propios o estandarizados, entrevistas y registros de actividad para recoger los factores pragmáticos y hedónicos de la experiencia (Tabla 8).

Por ello, en este apartado se han analizado, por un lado, los cuestionarios estandarizados empleados para recoger la valoración de los usuarios y, por otro lado, los métodos de registro o monitorización de la actividad de los usuarios.

#### 2.4.2.1 Cuestionarios estandarizados

Aunque la mayoría de los cuestionarios empleados en la evaluación de la UX son de desarrollo propio, existen diferentes cuestionarios estandarizados. En este apartado, el objetivo es profundizar en dichos cuestionarios y analizar cuáles se emplean habitualmente en los estudios de evaluación de la UX.

Para ello, se han recogido los cuestionarios listados en el estudio de Pettersson et al. (2018) y los cuestionarios que se han considerado más relevantes tras el estudio bibliográfico. Partiendo de esta premisa, se han analizado, por un lado, los siguientes métodos recogidos en la revisión de Pettersson et al. (2018): NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988), System Usability Scale (SUS) (Brooke, 1996), PANAS-X (Watson & Clark, 1999), Test de Sheldon (Sheldon et al., 2001), AttrakDiff (Hassenzahl et al., 2003), AttrakDiff 2 (Hassenzahl, n.d.), Aesthetic Scale (Lavie & Tractinsky, 2004) y User Engagement Scale (O'Brien, 2010). Por otro lado, los siguientes métodos identificados en el estudio del estado del arte: UEQ (Rauschenberger et al., 2013), Interactivity attributes (Merete & Slette, 2016), Aesthetics of Interaction (Lenz et al., 2017) y XGoals (Roto et al., 2017).

A continuación, se describen los métodos mencionados:

- **NASA-TLX** (Hart & Staveland, 1988)

La herramienta NASA Task Load Index (TLX) utiliza 6 dimensiones para evaluar el esfuerzo mental en la ejecución de una serie de tareas: exigencia mental, exigencia física, exigencia temporal, rendimiento, esfuerzo y frustración. Se emplean escalas bipolares de 20 puntos, con una puntuación de 0 a 100 para cada escala. Es una de las herramientas más empleadas, pero se ha criticado por su falta de la perspectiva emocional (Lachner et al., 2018).

- **System Usability Scale (SUS)** (Brooke, 1996)

El cuestionario SUS recoge mediante 10 elementos de una escala de 5 o 7 puntos la valoración del usuario acerca de la usabilidad del sistema. El usuario, rellena el cuestionario una vez finalizada la ejecución de una serie de tareas. Los diez elementos por evaluar son los siguientes:

1. Creo que me gustaría usar este sistema con frecuencia.
2. El sistema me ha parecido innecesariamente complicado.
3. El sistema me ha parecido fácil de usar.
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema.
5. Me ha parecido que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas.
6. Me ha parecido que había demasiadas inconsistencias en este sistema.
7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este sistema muy rápidamente.
8. El sistema me ha parecido muy complejo para usar.
9. Me he sentido muy seguro utilizando el sistema.
10. He necesitado aprender muchas cosas antes de poder empezar a usar este sistema.

- **PANAS-X** (Watson & Clark, 1999)

El PANAS-X es un cuestionario que recoge las emociones positivas y negativas del usuario en la interacción con un sistema. En total está formado por 60 adjetivos, que constituyen la valoración general de las siguientes dimensiones: emoción positiva general, emoción negativa general, temeridad, hostilidad, culpabilidad, tristeza,

jovialidad, autoconfianza, grado de atención, timidez, cansancio, serenidad, sorpresa afecto positivo básico y afecto negativo básico (Tabla 11).

**Tabla 11:** Adjetivos que componen el cuestionario de PANAS-X (Watson & Clark, 1999)

<b>PANAS-X</b>				
1. Animado	13. Inspirado	25. Alertado	37. Emocionado	49. Avergonzado
2. Disgustado	14. Valiente	26. Molesto	38. Hostil	50. Angustiado
3. Atento	15. Disgustado con uno mismo	27. Enfadado	39. Orgullosa	51. Culpable
4. Vergonzoso	16. Triste	28. Descarado	40. Tenso	52. Decidido
5. Perezoso	17. Calmado	29. Melancólico	41. Vivaz	53. Aterrado
6. Atrevido	18. Temeroso	30. Vergonzoso	42. Avergonzado	54. Pasmado
7. Sorprendido	19. Cansado	31. Activo	43. Cómodo	55. Interesado
8. Fuerte	20. Asombrado	32. Culpable	44. Aterrorizado	56. Odio
9. Indiferente	21. Inestable	33. Alegre	45. Adormilado	57. Confiado
10. Relajado	22. Feliz	34. Nervioso	46. Enfadado consigo mismo	58. Enérgico
11. Irritable	23. Tímido	35. Aislado	47. Entusiasmado	59. Concentrado
12. Encantado	24. Sólo	36. Soñoliento	48. Descorazonado	60. Insatisfecho con uno mismo

- **Test de Sheldon** (Sheldon et al., 2001)

Sheldon et al. (2001) desarrollaron un cuestionario donde definen las 10 necesidades universales y los elementos para la valoración de su cumplimiento (Tabla 12). Este cuestionario está enfocado en evaluar en qué medida se cumple con las motivaciones al interactuar con un sistema, lo cual reflejará la valoración de la experiencia del usuario.

**Tabla 12:** Las 10 necesidades universales y sus elementos de valoración que componen el Test de Sheldon (Sheldon et al., 2001)

<b>Test de Sheldon</b>
<p><b>1. Autonomía:</b></p> <p>Durante este evento he sentido que mis decisiones estaban basadas en mis verdaderos intereses y valores.</p> <p>Durante este evento he sentido libertad para hacer cosas a mi manera.</p> <p>Durante este evento he sentido que mis decisiones expresaban mi verdadero ser.</p>
<p><b>2. Competencia:</b></p> <p>Durante este evento he sentido que completé satisfactoriamente complejas tareas, actividades y proyectos.</p> <p>Durante este evento he sentido que estaba cumpliendo y liderando grandes retos.</p> <p>Durante este evento he sentido muy cualificado para lo que hice.</p>
<p><b>3. Cercanía:</b></p> <p>Durante este evento he sentido la sensación de contacto con personas que se preocupan por mí, y yo</p>

por ellos o ellas.

Durante este evento he sentido cercanía y conexión con gente que es importante para mí.

Durante este evento he sentido una gran sensación de intimidad con la gente que he estado.

#### **4. Autorrealización**

Durante este evento he sentido que fui "el/la que realmente soy".

Durante este evento he sentido la sensación de tener un propósito más profundo en la vida.

Durante este evento he sentido un mejor entendimiento de mí mismo y mi espacio en el universo.

#### **5. Bienestar físico:**

Durante este evento he sentido...que realicé suficiente ejercicio y tenía una excelente condición física.

Durante este evento he sentido...que mi cuerpo estaba recibiendo justo lo que me pedía.

Durante este evento he sentido... una mejor sensación de bienestar físico.

#### **6. Estimulación**

Durante este evento he sentido...que estaba viviendo nuevas sensaciones y actividades.

Durante este evento he sentido...un intenso placer físico.

Durante este evento he sentido... que encontré nuevas fuentes y tipos de estimulación para mí mismo.

#### **7. Lujo**

Durante este evento he sentido...la capacidad de comprar la mayoría de las cosas que quiero.

Durante este evento he sentido...que poseía cosas atractivas y bonitas.

Durante este evento he sentido... que tenía mucho dinero.

#### **8. Seguridad**

Durante este evento he sentido...que mi vida era estructurada y predecible.

Durante este evento he sentido...contento/a por los hábitos y la cómoda rutina.

Durante este evento he sentido... ausencia de amenazas e incertidumbres.

#### **9. Autoestima**

Durante este evento he sentido...que tenía muchas cualidades positivas.

Durante este evento he sentido...muy satisfecho por lo que soy.

Durante este evento he sentido... gran sentimiento de autoestima.

#### **10. Popularidad**

Durante este evento he sentido...que mis consejos eran útiles para otros.

Durante este evento he sentido...que tengo gran influencia en el comportamiento y creencias de otras personas.

Durante este evento he sentido... que tengo gran impacto en lo que otros u otras hacen.

### **- AttrakDiff y AttrakDiff 2 (Hassenzahl et al., 2003; Hassenzahl, n.d.)**

El cuestionario AttrakDiff evalúa los aspectos hedónicos y pragmáticos del sistema mediante escalas de 7 puntos de adjetivos de diferencia semántica. El cuestionario contiene dos sub-escalas para el aspecto hedónico, la estimulación y la identificación; y una escala para el aspecto pragmático, con 7 adjetivos para cada escala. La nueva versión del cuestionario añade otros 7 elementos para medir la atracción general del

sistema. Por tanto, en total, la nueva versión está compuesta por 28 adjetivos, con 7 elementos por cada escala (Tabla 13).

**Tabla 13:** Los pares de adjetivos que componen la herramienta Attrakdiff 2 (Hassenzahl, n.d.)

Aspecto pragmático	Aspecto hedónico Estimulación	Aspecto hedónico Identificación	Atracción
Humano-técnico	Ingenioso-conventional	Aislante-conectivo	Agradable-desagradable
Simple-complicado	Creativo-poco creativo	Profesional-poco profesional	Atractivo-poco atractivo
Práctico-poco práctico	Atrevido-cauto	Estiloso-vulgar	Deseable-indeseable
Enrevesado-obvio	Innovador-conservador	Económico-premium	Poco tentador-Tentador
Predecible-impredecible	Aburrido-cautivador	desintegrador-integrador	Bueno-malo
Confuso-estructurado	Poco exigente-exigente	Me acerca a otras personas-me separa de otras personas	Atrayente-repelente
Controlable-incontrolable	Novedoso-ordinario	Impresentable-Presentable	Motivante-desmotivante

- **Aesthetic Scale** (Lavie & Tractinsky, 2004)

Este cuestionario está enfocado a recibir la valoración de los usuarios acerca de la estética del sistema. Recogen un total de 25 elementos, los cuales se valoran en una escala Likert de 7 puntos (Tabla 14).

**Tabla 14:** Los aspectos que componen el cuestionario Aesthetic Scale (Lavie & Tractinsky, 2004)

Aesthetic Scale				
1. Admirable	6. Impresionante	11. Disfrutable	16. Colorido	21. Incluye fotos
2. Original	7. Transparente	12. Usa efectos especiales	17. Energético	22. Simétrico
3. Limpio	8. Fascinante	13. Hermoso	18. Moderno	23. Desafiante
4. Gratificante	9. Organizado	14. Artístico	19. Agradable	24. Intrigante
5. Sofisticado	10. Creativo	15. Hábilmente diseñado	20. Profesional	25. Estético



- **User Engagement Scale** (O'Brien, 2010)

El cuestionario trata de evaluar el compromiso del usuario con el sistema, tomando en cuenta los aspectos utilitarios y hedónicos. El cuestionario está formado por 6 sub-escalas, las cuales se valoran mediante una escala Likert de cinco puntos (Tabla 15).

**Tabla 15:** Aspectos que componen el cuestionario User Engagement Scale (O'Brien, 2010)

<b>Atención concentrada</b>	<b>Usabilidad percibida</b>	<b>Estética</b>
1. Me perdí durante la experiencia 2. Estaba tan centrado en la tarea que he perdido la noción del tiempo 3. He bloqueado las cosas a mi alrededor cuando estaba ejecutando las tareas 4. Durante la interacción, perdí la noción del mundo que me rodeaba 5. Durante la interacción el tiempo pasó sin darme cuenta 6. Estaba absorto en mi tarea 7. Durante esta experiencia me dejé llevar	1. Me sentí frustrado mientras utilizaba el sistema 2. El sistema me ha parecido confuso de usar 3. Me sentí irritado mientras utilizaba el sistema 4. Me sentí desanimado mientras utilizaba el sistema 5. Usar este sistema fue mentalmente agotador 6. Esta experiencia ha sido exigente 7. Me sentí en control de las tareas a realizar 8. No pude hacer algunas de las cosas que necesitaba hacer	1. El sistema es atractivo 2. El sistema es estéticamente atractivo 3. Me gustaron los gráficos e imágenes utilizados en este sistema 4. El sistema atrajo a mis sentidos visuales 5. El diseño de la pantalla de este sistema era visualmente agradable
<b>Durabilidad</b>	<b>Novedad</b>	<b>Sensación de participación</b>
1. Merecía la pena utilizar este sistema 2. Considero mi experiencia un éxito 3. Esta experiencia no resultó como lo había planeado 4. Mi experiencia fue gratificante 5. Recomendaría el Sistema a amigos y familiares	1. Continué utilizando el sistema por curiosidad 2. El contenido del sistema despertó mi curiosidad. 3. Me sentí interesado durante mis tareas	1. Me sentí muy atraído durante la ejecución de las tareas 2. Me sentí involucrado en estas tareas 3. Esta experiencia fue divertida

- **User Experience Questionnaire (UEQ)** (Rauschenberger et al., 2013)

El cuestionario UEQ define 6 dimensiones y un total de 26 elementos, que se valoran en pares semánticos (Tabla 16). El método está basado en el modelo hedónico y pragmático (Hassenzahl, 2005, 2018) y recoge la valoración del usuario sobre los aspectos emocionales y de usabilidad del sistema.

**Tabla 16:** Las 6 dimensiones y sus elementos que componen el cuestionario UEQ (Rauschenberger et al., 2013)

<b>User Experience Questionnaire (UEQ)</b>		
<b>1. Atracción</b> molesto / disfrutable, bueno / malo, indeseable / placentero, desagradable / agradable, atractivo / poco atractivo, amistoso / poco amistoso	<b>2. Eficiencia</b> rápido / lento, ineficiente / eficiente, poco práctico / práctico, organizado / desordenado	<b>3. Perspicacia</b> incomprensible / comprensible, fácil de aprender / difícil de aprender, complicado / fácil, claro / confuso
<b>4. Fiabilidad</b> impredecible / predecible, obstructivo / de apoyo, seguro / inseguro, cumple con las expectativas / no cumple con las expectativas	<b>5. Estimulación</b> valioso / inferior, aburrido / excitante, no interesante / interesante, motivador / desmotivador	<b>6. Novedad</b> creativo / aburrido, inventivo / convencional, habitual / vanguardista, conservador / innovador

- **Interactivity attributes** (Merete & Slette, 2016)

Merete y Slette (2016) proponen un conjunto de atributos estéticos e interactivos de un sistema en relación con los aspectos emocionales. En este caso, emplean atributos relacionados con las micro-interacciones de la interfaz, mostrando después su influencia en la percepción emocional de los usuarios (Tabla 17).

**Tabla 17:** Atributos estéticos e interactivos de un sistema en relación con aspectos emocionales (Merete & Slette, 2016)

<b>Interactivity attributes</b>
Secuencial/concurrente, continuo/difuso, predecible/impredecible, rápido/lento, preciso/aproximado, directo/remoto, flexible/inflexible

- **Aesthetics of Interaction** (Lenz et al., 2017)

Lenz et al. (2017) definieron una serie de atributos estéticos e interactivos para evaluar la interfaz y los relacionaron con factores experienciales concretos. Ponen de manifiesto la importancia de definir primero el objetivo experiencial deseado (p. ej. sentirse competente) a la hora de diseñar interfaces digitales, para valorar después los atributos interactivos y estéticos necesarios para cumplir dicho objetivo (p. ej. que la interacción sea rápida) (Tabla 18).

**Tabla 18:** Aspectos estéticos e interactivos para evaluar interfaces digitales (Lenz et al., 2017)

<b>Aesthetics of Interaction</b>
lento/rápido, escalonado/fluido, instantáneo/atrasado, uniforme/divergente, constante/inconstante, intermediado/directo, separación espacial/proximidad espacial, aproximado/preciso, suave/potente, imprevisto/dirigido y aparente/cubierto

- **XGoals** (Roto et al., 2017)

En la misma línea, Roto et al. (2017) emplearon las necesidades psicológicas, las cuales denominan XGoals para evaluar sistemas interactivos en entornos industriales. Especifican diferentes motivaciones u objetivos experienciales para cada sistema interactivo, dependiendo del contexto, del usuario o la funcionalidad del sistema. Después, emplean preguntas relacionadas con cada motivación para valorar en qué medida cumple el usuario con los objetivos planteados.

#### 2.4.2.2 Monitorización de la actividad

Más allá de los cuestionarios, a pesar del bajo porcentaje de uso hasta ahora (Tabla 7 y Tabla 8), la monitorización psicofisiológica de la actividad de los usuarios muestra un gran potencial para la disciplina del HCI (Peruzzini et al., 2017). Se basa en registrar la actividad del usuario mientras interactúa con el sistema. Hoy en día, existen nuevas tecnologías de monitoreo que permiten investigar el comportamiento y las emociones de las personas. Peruzzini et al. (2017) realizaron un análisis de las diferentes parámetros fisiológicos medibles y las tecnologías de monitorio para evaluar la experiencia de usuario en contextos de la Industria 4.0. Dentro de los parámetros, mencionan rastreo de mirada, el ritmo cardíaco, la variabilidad del ritmo cardíaco, el ritmo de respiración, la temperatura de la piel, la actividad corporal y la parada corporal. Y para su medición, destacan el Eye Tracker, los sensores multi-paramétricos portables como el Electroencefalograma (EEG) y la cámara. Asimismo, recientemente, se ha creado una nueva herramienta multi-método de monitorización, denominada Eyeface, para la evaluación de la experiencia de usuario en diseños conceptuales (Lasa et al., 2015). A continuación, se analizan más en profundidad el método Eye-tracker, el EEG y el Eyeface.

- **Eye-tracker**

El Eye Tracker es una de las herramientas que más potencial muestra para la evaluación de usuario durante el transcurso de la interacción (Park, 2009). Este dispositivo permite rastrear la mirada del usuario, mostrando los puntos en los que el usuario ha estado mirando y el tiempo que ha pasado en cada uno de ellos. De esta manera, durante la ejecución de tareas, se recogen los datos del punto donde el usuario está mirando, mostrando dónde espera encontrar cada elemento de la interfaz, y, en consecuencia, donde le gustaría encontrarlos. La información que aporta este dispositivo es muy útil, ya que, por un lado, ofrece información cuantitativa sobre el comportamiento del usuario y, por otro lado, muestra dicha información de

forma muy intuitiva (con mapas de calor y gráficos de mirada), lo cual ayuda a presentar a otras personas la información recogida.

- **EEG**

El EEG es un dispositivo que permite medir la actividad cerebral de los usuarios para poder determinar las emociones positivas y negativas de los usuarios durante la experiencia. Puesto que, las emociones positivas están relacionadas con las regiones del hemisferio izquierdo del cerebro, mientras que las emociones negativas están relacionadas con el hemisferio derecho (Meza-Kubo et al., 2016). En los últimos años, el número de investigaciones enfocadas a la medición de emociones mediante el EEG ha aumentado, y se han empleado en varios estudios de evaluación de la experiencia de usuario (Meza-Kubo et al., 2016).

- **Eyeface** (Lasa et al., 2015)

El multi-método Eyeface se ha creado combinando dos dispositivos: el eye-tracking y el Facereader. El primero permite monitorizar la mirada del usuario durante la interacción, para determinar dónde está mirando el usuario y donde espera encontrar los elementos de la interfaz. El segundo, analiza las reacciones emocionales del usuario basándose en sus expresiones faciales. De esta manera, se consigue evaluar la interacción del usuario desde la perspectiva pragmática y hedónica de la experiencia.

## **2.5 UX EN ENTORNOS DE TRABAJO Y DE INTERFACES INDUSTRIALES**

Tal y como se ha mencionado en apartados anteriores, tradicionalmente la industria apenas ha considerado los conocimientos de la UX y el bienestar psicológico en el diseño de sus entornos (Kaasinen et al., 2019). Ante este hecho, con el objetivo de entender e identificar oportunidades sobre cómo aplicar los conceptos de la UX en los entornos industriales, se ha realizado una revisión de los planteamientos de cualquier tipo de entornos de trabajo en general. Al fin y al cabo, al haber sido aplicado en entornos de trabajo pueden contener elementos extrapolables a los entornos concretos de interfaces industriales.

La disciplina de la UX lleva un recorrido considerable desde comienzos de los 2000 en el diseño de productos de consumo, pero no ha tenido un gran eco en los entornos de trabajo o contextos industriales hasta la última década (Laschke et al., 2020). El foco principal siempre ha estado orientado al desarrollo tecnológico y en la búsqueda de la eficiencia y eficacia del sistema. A principios de los años 90, desde IEEE se organizó

un coloquio bajo la denominación “*HCI: Issues for the Factory*” (*cuestiones para la fábrica*), donde se trabajaron aspectos psicológicos para el diseño de sistemas informáticos de soporte para operarios. Pero, el coloquio no tuvo continuidad y se quedó como un evento puntual. Durante los siguientes años, uno de los pocos autores en considerar los aspectos experienciales en las fábricas fue (Fallman et al., 2005). En su trabajo, diseñó una interfaz digital para una plataforma de diseño 3D con el objetivo de promover un uso colaborativo entre diferentes usuarios del entorno industrial. Identificaron que los entornos de trabajo industriales estaban sufriendo un cambio respecto al uso de los dispositivos digitales, con un uso cada vez más alto de dispositivos móviles y usos personalizados que permitían a los operarios ejecutar acciones desde el propio contexto de trabajo. En este contexto, veían la necesidad de introducir plataformas que permitieran usos colaborativos donde más de un trabajador pudieran ejecutar acciones en la interfaz. Aunque trabajaron los conceptos de la UX para el desarrollo de esa nueva plataforma, no precisaron métodos o procedimientos concretos sobre cómo se debería abordar estos conceptos en los entornos industriales.

Posteriormente, Harbich y Hassenzahl (2008) comenzaron a cuestionar cómo se deben diseñar los entornos de trabajo para que no sólo traten de certificar el rendimiento de los operarios, sino que también traten de proporcionar experiencias significativas para aumentar su bienestar. Aunque la idea de que los operarios buscan experiencias laborales significativas no es nueva, el diseño de los sistemas de trabajo se ha centrado principalmente en el rendimiento de los empleados (Laschke et al., 2020).

Ante esta situación, con el objetivo de facilitar el proceso de productos que mejoren el bienestar de los operarios, propusieron un modelo que dicta los siguientes cuatro factores principales que los productos en los entornos de trabajo deben promover: ejecutar, comprometerse, evolucionar y expandir. El primero se basa en la ejecución de las tareas de manera efectiva y eficiente, relacionadas con la usabilidad del sistema, parte fundamental para la experiencia en el ambiente de trabajo. El segundo dicta que, además de facilitar la ejecución eficiente de las tareas, el sistema debe comprometer al empleado. Deben estar motivados, e incluso les debe gustar utilizar tales sistemas. Ya que un sistema que genera un efecto positivo en ellos tiene una influencia positiva en su eficiencia. El tercero propone que el sistema haga evolucionar a los empleados, ofreciéndoles la oportunidad de descubrir nuevas funciones y posibilidades que les permitan aprovechar todo el potencial del sistema y hacer evolucionar así la calidad de su trabajo. El cuarto y último factor menciona que los

## 2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales

sistemas deben lograr ampliar el trabajo de los empleados, haciéndoles querer ir más allá e intentar cumplir tareas que no fueron descritas previamente para ellos. Posteriormente, Harbich y Hassenzahl (2011) elaboraron un cuestionario para evaluar estos cuatro factores de comportamiento y realizaron un estudio de caso en el que evaluaron diferentes productos digitales de sus entornos de trabajo (Tabla 19).

**Tabla 19:** Cuestionario para evaluar los cuatro factores de comportamiento (Harbich & Hassenzahl, 2011)

Este producto a veces responde de manera diferente a la esperada.
A veces paso mucho tiempo buscando las funciones que necesito para mi trabajo.
Cuando trabajo en tareas con este producto a menudo necesito más tiempo del previsto.
A veces me sorprende de las reacciones del producto a mis entradas.
El trabajo con este producto es a veces engorroso
Tiendo a perder la noción del tiempo de vez en cuando al trabajar con este producto.
Este producto permite abordar mis tareas de forma creativa.
En mi tiempo libre estoy explorando lúdicamente este producto.
Incluso si mi tarea actual ya se ha completado satisfactoriamente, a veces trato de mejorarla con la ayuda de este producto.
Puedo mejorar la calidad de mi trabajo sin esfuerzo adicional usando este producto.
Este producto me ayuda a completar mis tareas mejor de lo esperado sin esfuerzo adicional.
Con este producto, a veces puedo incluso superar mi objetivo sin esfuerzo adicional.
Creo que este producto tiene muchas funciones que puedo necesitar eventualmente.
Ocasionalmente he "usado mal" este producto para propósitos más allá de su rango habitual.
De vez en cuando estoy completando tareas con este producto, que en realidad no está destinado a ello.
Ocasionalmente uso este producto de una manera extraña para completar mi tarea.
A veces uso este producto para tareas que probablemente no son típicas de este producto.
Creo que a veces uso este producto de manera diferente a otros usuarios.

Asimismo, Dagenais-Desmarais y Savoie (2012), desde el campo de la psicología, tratan de definir las dimensiones que afectan en la experiencia y bienestar psicológico de los trabajadores. Para ello, detectaron 80 manifiestos de bienestar psicológico en el trabajo, y los usaron para definir un cuestionario que fue rellenado por 1080 trabajadores. Los resultados concluyeron en 5 dimensiones principales recogidos en la

Tabla 20. Por tanto, proponen evaluar estas 5 dimensiones para analizar el bienestar psicológico de los trabajadores. Además, proponen un cuestionario de 25 factores para evaluar el cumplimiento de dichas 5 dimensiones.

**Tabla 20:** Las 5 dimensiones para el bienestar psicológico en el trabajo.

<b>Dimensión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Elementos de evaluación de las dimensiones</b>
1. Adaptación interpersonal en el trabajo	Percepción de experimentar relaciones positivas con individuos que interactúan en el contexto laboral	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Valoro a la gente con la que trabajo.</li> <li>-Disfruto trabajando con la gente de mi trabajo.</li> <li>-Me llevo bien con la gente de mi trabajo.</li> <li>-Tengo una relación de confianza con la gente de mi trabajo.</li> <li>-Siento que soy aceptado como soy por la gente con la que trabajo.</li> </ul>
2. Prosperar en el trabajo	Percepción de realizar un trabajo significativo e interesante que le permite a uno realizarse como individuo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Encuentro mi trabajo excitante.</li> <li>-Me gusta mi trabajo.</li> <li>-Estoy orgulloso del trabajo que tengo.</li> <li>-Encuentro un significado en mi trabajo.</li> <li>-Tengo una gran sensación de satisfacción en el trabajo.</li> </ul>
3. Sensación de competencia en el trabajo	Percepción de poseer las aptitudes necesarias para hacer el trabajo de manera eficiente y tener dominio de las tareas a realizar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sé que soy capaz de hacer mi trabajo.</li> <li>-Me siento confiado en el trabajo.</li> <li>-Me siento eficaz y competente en mi trabajo.</li> <li>-Siento que sé qué hacer en mi trabajo.</li> <li>-Conozco mi valor como trabajador.</li> </ul>
4. Percepción de reconocimiento en el trabajo	Percepción de ser apreciado dentro de la organización por su trabajo y su personalidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Siento que mi trabajo es reconocido.</li> <li>-Siento que mis esfuerzos de trabajo son apreciados.</li> <li>-Sé que la gente cree en los proyectos en los que trabajo.</li> <li>-Siento que la gente con la que trabajo reconoce mis habilidades.</li> <li>-Siento que soy un miembro de pleno derecho de mi organización.</li> </ul>
5. Deseo de involucrarse en el trabajo	Voluntad de involucrarse en la organización y de contribuir a su buen funcionamiento y éxito.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Quiero tomar la iniciativa en mi trabajo.</li> <li>-Me preocupa el buen funcionamiento de mi organización.</li> <li>-Me gusta asumir retos en mi trabajo.</li> <li>-Quiero contribuir al logro de los objetivos de mi organización.</li> <li>-Quiero participar en mi organización más allá de mis obligaciones laborales.</li> </ul>

De la misma manera, Lu y Roto (2015) proponen incorporar los aspectos experienciales en los entornos de trabajo, argumentando la importancia de las experiencias significativas en el trabajo. En su investigación tratan de definir los objetivos de la experiencia que deben cumplirse en el diseño de sistemas de trabajo.

Para ello, definen un nuevo modelo de Positive Design Framework para los productos de los entornos de trabajo, combinando los conocimientos del Positive Design Framework (Desmet & Pohlmeier, 2013) y de Mechanisms of Meaningful Work (Rosso et al., 2010). Su marco propone que los instrumentos de trabajo se basen en los siguientes factores: diseño para la virtud (conexión interpersonal, compromiso personal, autoestima, afirmación de la identidad, abnegación), diseño para el placer (compromiso personal) y diseño para el significado personal (competencia, impacto percibido, afirmación de la identidad, conexión interpersonal, significado del trabajo, control/autonomía, compromiso personal).

Durante esos años la idea de introducir aspectos experienciales para el diseño de los entornos industriales comenzó a adquirir mayor interés tanto en el ámbito científico como industrial. Ante ello, Wurhofer et al. (2015) realizaron una revisión de artículos que trataban los factores UX en los entornos industriales. Reunieron en total 21 trabajos, publicados entre los años 2010 y 2014. En el análisis de dichos trabajos, recogieron los factores UX más empleados (Tabla 21).

**Tabla 21:** Revisión de artículos que aplican factores UX en entornos industriales (Wurhofer et al., 2015)

<b>Factores UX</b>	<b>Descripción</b>	<b>Artículos</b>
Carga de trabajo percibida	Esfuerzo cognitivo requerido al interactuar con un sistema para resolver una tarea	(Buchner, Kluckner et al., 2013); (Kluckner et al., 2013); (Meschtscherjakov et al., 2011); (Osswald et al., 2013); (Stadler et al., 2014); (Stollnberger et al., 2013a); (A Weiss et al., 2012)
Estrés	La tensión de los operarios y la presión percibida por la interacción	(Buchner, Wurhofer et al., 2013); (Meschtscherjakov et al., 2010); (Obrist et al., 2011); (Osswald et al., 2012); (Stadler et al., 2013); (Wurhofer et al., 2014)
Sensación de control	La influencia percibida por los trabajadores en las acciones del sistema	(Buchner, Kluckner et al., 2013); (Stadler et al., 2012); (Stadler et al., 2013)
Utilidad percibida	Utilidad atribuida a la interacción con el sistema	(Buchner, Kluckner et al., 2013); (Meschtscherjakov et al., 2010); (Osswald et al., 2012); (Stadler et al., 2014); (Astrid Weiss et al., 2011); (Wurhofer et al., 2014)
Facilidad de uso percibida	La facilidad de manejo de la interfaz en la interacción	(Buchner, Kluckner et al., 2013); (Kluckner et al., 2012); (Kluckner et al., 2013); (Meschtscherjakov et al., 2010)
Expectativa del rendimiento	El grado en que un operario cree que el uso del sistema apoyará su rendimiento	(Stadler et al., 2013); (Stollnberger et al., 2013b); (Stollnberger et al., 2013a); (Strasser et al., 2012)



## 2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales

Satisfacción	La conformidad de los trabajadores con la interacción	(Kluckner et al., 2012); (Kluckner et al., 2013); (Stollnberger et al., 2012); (Stollnberger et al., 2013a); (Wurhofer et al., 2014)
Seguridad percibida	La percepción de los trabajadores del nivel de peligro al interactuar con un sistema	(Buchner, Wurhofer et al., 2013); (Osswald et al., 2013); (Stadler et al., 2012); (Stadler et al., 2013)
Confianza	Grado en que el usuario se siente convencido de que el sistema se comportará según lo previsto	(Buchner, Kluckner et al., 2013); (Kluckner et al., 2012); (Stadler et al., 2012); (Stadler et al., 2014); (Stollnberger et al., 2013a); (Wurhofer et al., 2014)
Emociones y sentimientos	Estados afectivos positivos o negativos	(Obrist et al., 2011); (A Weiss et al., 2012); (Wurhofer et al., 2014)

A su vez, recogen los aspectos que los diferentes autores entienden que afectan a la UX de los operarios. Dichos aspectos los listan en tres agrupaciones principales: la persona, el sistema y el contexto. Por un lado, en los aspectos relacionados con la persona, citan la actitud, el bienestar, la experiencia previa, capacidad de reflexión, la flexibilidad y la rutina. Por otro lado, en cuanto al sistema, mencionan la estética, la visibilidad de la información, la autonomía, la adaptabilidad, la flexibilidad, la consistencia, la persuasión, la complejidad, la intuitividad, la eficiencia y la efectividad. Por último, en lo que se refiere al contexto, señalan el ruido, la luz, la temperatura, la ropa, la contaminación y el espacio de acción.

En la misma línea de los trabajos mencionados, Kaasinen et al. (2015) también proponen introducir los conceptos del diseño centrado en la experiencia en los entornos industriales. En su enfoque entienden la UX en el trabajo como “la forma en que una persona se siente al usar un producto, servicio o sistema en un contexto de trabajo, y cómo esto influye en la imagen de uno mismo como profesional”.

Para incorporar este enfoque de la UX en los entornos industriales, proponen establecer una serie de objetivos UX o *UX goals*, tal y como lo denominan. Este concepto se basa en definir los objetivos que la empresa desea cumplir acerca de la experiencia de los operarios en la interacción con los sistemas industriales. Lo cual, ayudaría a que los diferentes integrantes de los equipos multidisciplinares de las empresas tuvieran unos objetivos concretos en común. En la definición de las *UX goals* tratan de describir la emoción momentánea prevista o la relación emocional y el vínculo que una persona tiene con el producto o servicio diseñado. Destacan la importancia de matizar que son objetivos y no requerimientos, puesto que un diseñador puede facilitar una experiencia concreta, pero no la puede garantizar. Para

definir dichos objetivos de la UX, proponen establecer objetivos específicos para cada caso de estudio, en lugar de determinar objetivos generales para cualquier tipo de entorno o sistema a diseñar. No obstante, establecen los siguiente 5 criterios principales para facilitar la definición de los objetivos: marca, teoría, empatía, tecnología y visión. El criterio de la marca se basa en definir los objetivos UX tomando en cuenta la visión y valores de la empresa. La teoría se centra en los conocimientos científicos actuales en la disciplina de la UX. La empatía se basa en ponerse en el lugar de los operarios e identificar sus necesidades. El criterio de la tecnología se fundamenta en considerar los efectos de la introducción de las nuevas tecnologías en las experiencias de los operarios. Por último, la visión se centra en la renovación, en detectar nuevos tipos de experiencias en los entornos de trabajo.

Siguiendo el trabajo de Kaasinen et al. (2015), Roto et al. (2017) introdujeron un enfoque más general, definiendo el término “*experience goals*” (*Xgoals*) u objetivos de experiencia. Mediante dichos objetivos recalcan que facilitan el proceso de diseño de sistemas industriales de la siguiente manera: ofrece un enfoque para los estudios de usuario en las fases de definición de requerimientos; a la hora de diseñar ofrece al equipo un modo de trabajar que mantiene el concepto de la experiencia en el centro y por último permiten definir criterios de evaluación para los sistemas.

En la siguiente Tabla 22 se muestran las *Xgoals* establecidas en el diseño y evaluación de cuatro sistemas industriales:

**Tabla 22:** Caso de estudio donde se han aplicado las *Xgoals* para el diseño y evaluación de sistemas industriales (Roto et al., 2017)

<b>Caso de estudio</b>	<b>Brief</b>	<b>Xgoals</b>
Future Factory	Una amplia visión de una sala de control de procesos de fábrica y de las prácticas de trabajo que se pretende realizar en los próximos 10-15 años.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confianza en la automatización.</li> <li>- Sentido de la libertad.</li> <li>- Propiedad del proceso.</li> <li>- Relación con la comunidad laboral.</li> </ul>
SmartGUI para operaciones para grúas	Analizar cómo la interfaz de usuario de operaciones de la grúa existente soporta los <i>Xgoals</i> y qué características faltan todavía, e investigar cómo se podrían implementar las características que faltan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyar la competencia de uno mismo.</li> <li>- Evitar la ansiedad.</li> </ul>
Estación de operador remoto para grúas	Un novedoso concepto de estación de operación remota para grúas de contenedores en puertos con "experiencia práctica para la operación remota".	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensación de seguridad en la operación.</li> <li>- Sentido de control.</li> <li>- Sensación de presencia.</li> <li>- La experiencia de una cooperación fluida.</li> </ul>

## 2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales

Control remoto del ascensor	Una solución de control remoto para ascensores en edificios complejos como una aplicación móvil.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sensación de control de la acción del ascensor.</li><li>- Reducción de la sensación de espera.</li></ul>
-----------------------------	--	--

Por otro lado, Tuch et al. (2016), ante la carencia de modelos para analizar la UX en los entornos de trabajo, analizan el uso del concepto del cumplimiento de las necesidades psicológicas de Hassenzahl (2010) para evaluar las experiencias tanto de ocio como de trabajo. Para ello, tal y como propone (Hassenzahl et al., 2015), emplea el test de Sheldon (Sheldon et al., 2001) junto con la evaluación del afecto y la percepción sobre el producto. Su objetivo reside en investigar si el modelo de las necesidades psicológicas permite evaluar la UX en los entornos de trabajo, desde el punto de vista pragmático y hedónico. Tras realizar dos estudios donde se analizaron un total de 600 experiencias, concluyeron que el cumplimiento de las necesidades psicológicas permitía evaluar los aspectos hedónicos de la experiencia en el trabajo, pero no detectaron relación con la evaluación de los aspectos pragmáticos. Argumentan que la posible razón por la que los aspectos pragmáticos no han tenido relación con el cumplimiento de las motivaciones es que, en los entornos de trabajo, los trabajadores están acostumbrados al uso de los productos. Para ellos, los aspectos pragmáticos no suponen un impedimento, saben cómo utilizar dichos productos a pesar de que su usabilidad no sea óptima. Lo cual coincide con lo que argumentaba Hassenzahl (2010), que los aspectos pragmáticos del producto permiten satisfacer las necesidades eliminando las posibles barreras, pero no es una fuente de experiencia positiva en sí misma.

Por su parte, Zeiner et al. (2018) tratan de introducir los conceptos del diseño positivo en los contextos de trabajo. Este campo de conocimiento se basa en diseñar para el crecimiento y desarrollo personal de los usuarios, para así buscar el placer y emociones positivas, la consecución de objetivos personales o ser personas moralmente mejores.

Para ello definen las categorías de experiencias, es decir, las acciones que posibilitan generar una experiencia positiva durante la interacción en un entorno de trabajo. Dichas categorías se definieron después de recoger un total de 349 descripciones de experiencias positivas en los entornos de trabajo, de las cuales se definieron 17 categorías. A su vez, las categorías se unificaron en 5 grupos principales (Tabla 23).

Zeiner et al. (2018) defienden que, gracias a la descripción de las categorías de experiencia, se facilita, por un lado, la creación o mejora de los entornos de trabajo

interactivos y, por otro lado, la comunicación del potencial que puede tener este enfoque dentro de la empresa. Para ayudar a cumplir este objetivo, crean las *Experience Cards*, unas fichas donde se recogen las descripciones de dichas categorías, e inspire a los usuarios a definir aspectos que consigan cumplir las experiencias deseadas.

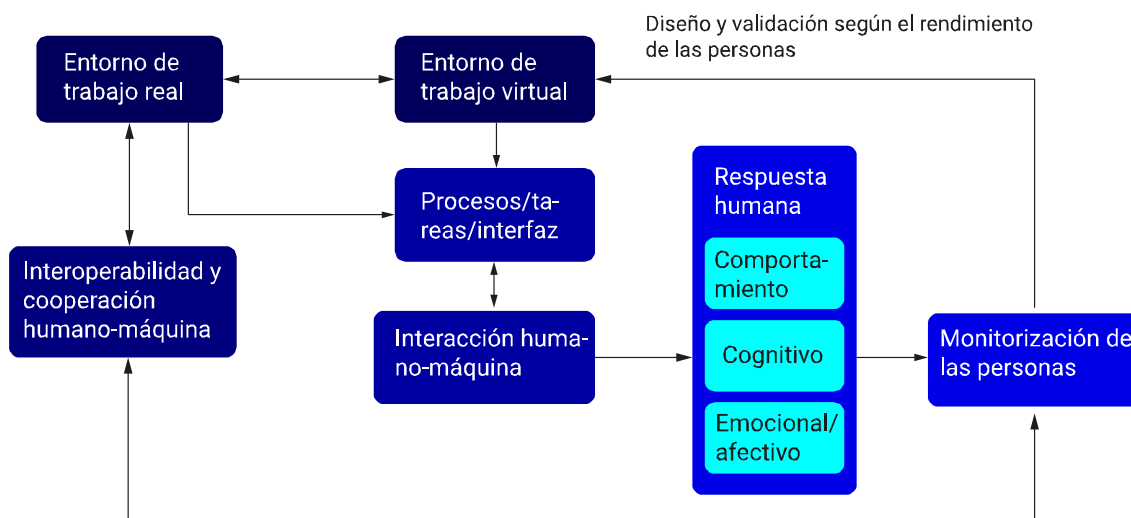
**Tabla 23:** Categorías de experiencia definidas por Zeiner et al. (2018)

<b>Grupo</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Consecuencia en el usuario</b>
Plenitud	Recibir feedback	Recibir feedback positivo sobre las acciones realizadas	Alivio; orgullo; validación/afirmación; sentimiento
	Dar feedback	Dar un feedback positivo sobre el rendimiento	Sensación de conexión
	Recibir apreciación	Feedback sobre la apreciación de uno mismo	Sentirse reivindicado; orgullo
Apoyo social	Ayudar a otros	Responder a los problemas o preguntas mediante la prestación de apoyo o asesoramiento	Alegría por el aprecio recibido; sentirse competente y seguro de sí mismo; orgullo
	Recibir ayuda	Recibir apoyo o asesoramiento en respuesta a problemas o preguntas	Apreciación; alivio; conexión
	Enseñar a otros	Actuando como mentor, supervisor o líder compartiendo experiencias y conocimientos	Sentirse competente; orgullo
Reto	Superar un reto	Satisfacción después de completar una tarea difícil, feedback positivo sobre el rendimiento y alivio si las cosas salieron bien.	Sentido de logro, orgullo, sentimiento de ser necesario, confianza en sí mismo
	Recibir un reto	Recibir una nueva tarea difícil	Motivación; orgullo; entusiasmo por las nuevas experiencias
Compromiso	Resolver un problema	El objetivo es claro, el camino hacia la meta está claro y las habilidades necesarias para completar la tarea están presentes	Orgullo por los resultados
	Sentirse creativo	Poner a prueba a uno mismo y las nuevas ideas	Fluidez; motivación
Organización del grupo	Finalizar una tarea	Completar tareas y partes de tareas, con las habilidades necesarias para completar una tarea no exigente	Alivio; orgullo; sentirse productivo
	Mantenerse informado de las cosas	Mantenerse informado de las cosas, con un plan específico, estableciendo prioridades y con comunicación con los demás personas del grupo	Sentimiento de competencia; orgullo por lo que ya se ha logrado; alivio; sentimiento de conexión dentro de los grupos

Peruzzini et al. (2018) plantean un marco teórico para la introducción del concepto del Operario 4.0 en los entornos industriales actuales. Para ello, proponen un modelo basado en la monitorización de las acciones y comportamientos de los operarios, con el fin de mejorar su interacción con las máquinas y su rendimiento en el trabajo (Figura 18).

Tal y como se puede ver en la Figura 18 el marco plantea analizar la actividad del operario en la interacción con los interfaces industriales, tomando en cuenta sus respuestas de comportamiento, cognitivas y emocionales. Dichos datos, sumados a la información recogida sobre las interfaces, las características de la máquina y las tareas, permite crear espacios interactivos más adaptados a las necesidades de los nuevos Operarios 4.0. Para el procedimiento de la evaluación, propone tres fases principales: (1) creación de un entorno simulado que representa el contexto real, (2) monitorizar la actividad de los operarios y sus respuestas psicológicas y (3) recoger su valoración sobre la interacción.

Para monitorizar la actividad de los operarios plantean el uso de dispositivos que recogen el rastreo de mirada, el ritmo cardíaco, la modelización digital de la persona y su secuencia de movimientos. Para el analizar la valoración de los operarios proponen la herramienta NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988).



**Figura 18:** Modelo para el diseño de interfaces basado en la monitorización, adaptado de Peruzzini et al. (2018)

Kaasinen et al. (2019) plantean el cambio de las empresas manufactureras hacia el enfoque centrado en las personas con la llegada de la Industria 4.0. Hasta ahora, los operarios han sido agentes pasivos en la actividad productiva (Hermann et al., 2016). Sin embargo, la nueva industria posibilita la introducción de los operarios como parte

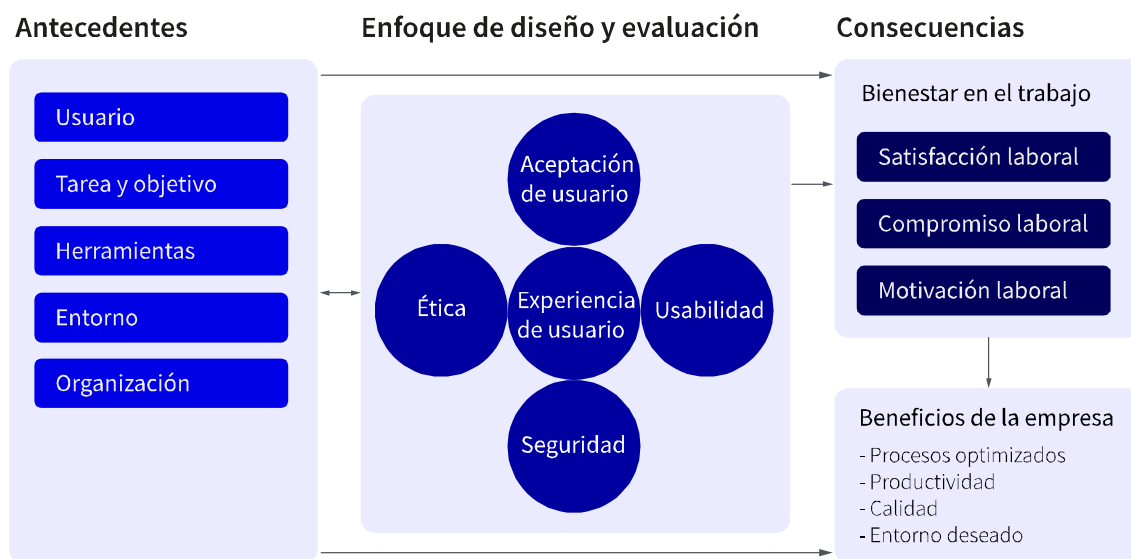
del sistema inteligente, evolucionando hacia el Operario 4.0. Este nuevo rol de los operarios, llegará gracias a las nuevas tecnologías inteligentes que les permitirá reducir su carga física y cognitiva, adquirir roles más estratégicos y desarrollar sus aptitudes creativas e innovadoras. Dentro de este concepto del Operario 4.0, diferencian las siguientes tipologías en base a la tecnología que emplearían en sus trabajos: el Operador de Superfuerza (por ejemplo, usando Exoesqueletos), el Operador Aumentado (por ejemplo, usando herramientas de realidad aumentada), el Operador Virtual (por ejemplo, usando una fábrica virtual), el Operador Saludable (por ejemplo, usando dispositivos de monitorización del bienestar), el Operador Inteligente (por ejemplo, utilizando agentes o inteligencia artificial para planificar actividades), el Operador Colaborativo (por ejemplo, interactuando con CoBots), el Operador Social (por ejemplo, compartiendo conocimientos utilizando una red social) y el Operador Analítico (por ejemplo, utilizando análisis de Big Data).

Todos estos nuevos perfiles de los operarios se obtendrán siempre que se adapten los entornos de trabajo a los planteamientos de la nueva industria. Para ello, describen un marco de diseño y evaluación para crear nuevos sistemas interactivos. Basándose en los trabajos anteriores de Dežmar-Krainz (2015) y Nykänen, et al., (2016) definen los elementos a tener en cuenta para evaluar y diseñar soluciones 4.0 (Figura 19). En primer lugar, proponen considerar los antecedentes, es decir, la situación inicial en la que se encuentra el contexto industrial antes de comenzar en el proceso del diseño y evaluación del sistema. Para ello, plantean analizar el usuario, la tarea y el objetivo, las herramientas, el entorno y la organización.

En segundo lugar, sugieren evaluar la experiencia de usuario, la aceptación del usuario, la ética, la usabilidad y la seguridad durante la interacción. La experiencia de usuario se centra en evaluar cómo se siente el usuario durante su trabajo. Para ello, proponen emplear métodos como los *Emocards* (Desmet, et al., 2001), el *AttrakDiff* (Hassenzahl et al., 2003), el *User Experience Questionnaire* (UEQ) (Bettina Laugwitz et al., 2008) y los “*UX goals*” previamente definidos. En cuanto a la aceptación, se basa en estudiar los factores que interfieren en la adopción por parte de los operarios las tecnologías empleadas en su entorno de trabajo, utilizando modelos como “*Technology Acceptance Model*” (Davis, 1989) y “*Automation Acceptance Model*” (Ghazizadeh et al., 2012). La usabilidad se centra en valorar en qué medida son apropiados los sistemas empleados para su rendimiento. Para su evaluación, proponen el uso de métodos como “*System Usability questionnaire*” (Savioja & Norros, 2008), el “*System Usability Scale*” (SUS) (Brooke, 1996) o el *NASA-TLX* (Hart & Staveland, 1988). En lo que se refiere a la seguridad, está enfocado en analizar

normas y estándares existentes y posibles nuevos peligros en el entorno, utilizando procesos de gestión de riesgos para maquinaria (Tiusanen, 2014). Finalmente, la ética se basa en identificar y solventar asuntos éticos en el entorno de trabajo, mediante métodos como “Ethical guidelines” (Ikonen et al., 2009).

Por último, proponen analizar los efectos de estos aspectos en el bienestar laboral y en los beneficios de la empresa, evaluando la satisfacción en el trabajo, el compromiso laboral y la motivación en el trabajo.



**Figura 19:** Marco de diseño y evaluación de interfaces digitales en la industria, adaptado de Kaasinen et al. (2019)

Recientemente, Laschke et al. (2020) detectan la necesidad emplear las tecnologías del trabajo como mecanismo para mejorar la experiencia y el bienestar de los trabajadores. Argumentan que, a pesar de que el concepto de buscar experiencias positivas en el trabajo no es algo nuevo, hasta ahora apenas se ha trabajado el diseño de la tecnología en el trabajo para buscar el bienestar de los trabajadores, y no solo su rendimiento. Para ello, proponen trabajar esta necesidad desde los campos de HCI y UX. Ante esta situación, presentan dos casos de estudio donde empleaban su modelo para innovar en productos de entornos de trabajo. Dicho modelo, presentado por Klapperich et al. (2018) y denominado Positive Practice Canvas (PPC), se basa en el modelo de prácticas sociales de Shove et al. (2012) y en el modelo de las necesidades psicológicas de Hassenzahl et al. (2013). El canvas está diseñado para recoger la información sobre una experiencia, describiendo los siguientes elementos: perfil del usuario, acciones que realizan, el significado que tienen las acciones para ellos, las necesidades psicológicas que se cumplen en esa actividad, las capacidades y conocimientos necesarios y por último el material necesario para ejecutar las

acciones. Tras ejecutar dos casos de estudio en entornos de trabajo, Laschke et al. (2020) concluyeron que el diseño UX de las tecnologías en el trabajo favorece la creación de experiencias que mejoran el bienestar de los trabajadores. Pero, destacan que el campo del diseño UX para el bienestar de los trabajadores se encuentra aún en sus inicios e indican la necesidad de continuar con la investigación.

## **2.6 ESTUDIO CRÍTICO DEL ESTADO DEL ARTE**

En este apartado se realiza el estudio crítico del estado del arte. En primer lugar, se revisan los diferentes marcos mostrados sobre la UX y se determina el enfoque adoptado para la consecución de esta tesis doctoral. En segundo lugar, se analiza los métodos de evaluación de la UX recogidos de las diferentes revisiones y se clasifican con el fin de identificar carencias y oportunidades para la creación de un nuevo método. Finalmente, se analizan en profundidad los métodos y marcos orientados específicamente para los entornos de trabajo, con el mismo objetivo de detectar nuevas necesidades y aportaciones para la creación de nuevos métodos y herramientas de evaluación de la UX.

### **2.6.1 Dimensiones y elementos de la experiencia en los entornos industriales**

Durante la revisión bibliográfica de los apartados 2.1 y 2.2 se han mostrado los diferentes definiciones y enfoques que han propuesto distintos autores sobre la UX. Desde los inicios de la disciplina de la UX en el campo del HCI, ha sido complicado consensuar una única definición (Lallemand et al., 2015). El carácter subjetivo y dinámico de la experiencia dificulta determinar los aspectos principales que la componen, y por tanto los factores a valorar para poder evaluarla. De hecho, tal y como se concluía en la revisión de Lallemand et al. (2015), profesionales con más experiencia en la temática veían innecesario crear una definición común para determinar qué es la UX y qué elementos la componen. Mencionaban que cada entidad debe desarrollar su propio enfoque y determinar qué objetivos buscan cumplir con las experiencias a diseñar o evaluar. Aunque sí señalaban que la experiencia siempre debe estar centrada en el usuario y tomar en cuenta su complejidad y multidimensionalidad.

Como muestra de ello se puede ver que los 10 autores analizados abordan el concepto de la UX desde perspectivas diferentes. No obstante, todos los enfoques tienen algo en común, muestran la relevancia de los aspectos emocionales, afectivos o hedónicos de los usuarios, más allá de la usabilidad y funcionalidad que tradicionalmente se ha estudiado en la interacción entre usuario y producto. Asimismo,



mencionaban la necesidad de tomar en cuenta las características de la persona y sus necesidades psicológicas, así como el contexto donde sucede la experiencia.

Por ello, y utilizando como punto de partida el trabajo de Hassenzahl (2010), al ser considerado el enfoque más aceptado (Lallemand et al., 2015), concluimos que para entender y evaluar la interacción entre usuario y máquina es necesario analizar la experiencia desde las siguientes tres dimensiones que la componen: funcionalidad, usabilidad y experiencial (Figura 20).



**Figura 20:** Marco de la UX en la interacción con interfaces industriales.

A continuación, se definen las tres dimensiones listadas:

1. **Funcionalidad:** la evaluación y el diseño desde el punto de vista de la funcionalidad debe garantizar que el sistema permita realizar las acciones necesarias para ejecutar las tareas. Por ejemplo, que al hacer click en un botón se traslade a la interfaz deseada. Relacionado con el nivel “Cómo” de Hassenzahl (2010).

2. **Usabilidad:** está enfocado en diseñar y evaluar el sistema para poder ejecutar las tareas de forma eficiente, eficaz y satisfactoria. Por ejemplo, que el usuario pueda realizar las acciones necesarias de la forma más rápida posible. Relacionado con el nivel “Qué” de Hassenzahl (2010).

3. **Experiencial:** el diseño y evaluación desde el enfoque experiencial, además de la usabilidad y funcionalidad del sistema, se debe centrar en las motivaciones y las necesidades psicológicas que se tratan de cumplir mediante la experiencia. Desde esta perspectiva, se centra también en los aspectos emocionales y hedónicos del usuario, y debe ser el objetivo prioritario a la hora de diseñar un producto. Por ejemplo,

que el usuario se sienta seguro y en control de la situación al ejecutar las tareas. Relacionado con el nivel "Por qué" de Hassenzahl (2010).

En base a este enfoque descrito, en este trabajo, se considera la UX como "La forma en que los operarios satisfacen las necesidades psicológicas y pragmáticas al interactuar con los interfaces industriales para mejorar el rendimiento y el bienestar en el trabajo". Es decir, el objetivo principal de la interfaz industrial será cumplir con las necesidades psicológicas de los operarios, lo cual permite evocar experiencias positivas, y por tanto influir en el bienestar de los operarios. No obstante, para que esas necesidades psicológicas se puedan cumplir, será necesario cumplir también con los aspectos pragmáticos de la interacción, parte crucial para optimizar el rendimiento de los operarios.

Asimismo, partiendo del trabajo de Hassenzahl (2010) se han definido los elementos que influyen en la experiencia entre operario y la máquina y, por tanto, los elementos que se proponen a considerar para evaluar la UX en los entornos industriales. Tal y como dicta Hassenzahl (2010), la experiencia es subjetiva, situada, dinámica y holística. Es decir, cada experiencia puede ser percibida de forma diferente por cada persona, según sus experiencias previas, conocimientos o incluso forma de ser. Por tanto, para entender la experiencia se propone evaluar la persona que participa en ella, es decir, el operario que interactúa con la interfaz.

Por otro lado, la experiencia sucede en un lugar concreto, y las características de este entorno tienen una influencia directa en la manera en que se evoca dicha experiencia. La experiencia de la interacción con una misma interfaz en un entorno de trabajo industrial o en una oficina no se percibe igual, por lo tanto, para comprender la experiencia en su totalidad se propone analizar el contexto de la interacción.

Además, la experiencia es dinámica, va cambiando en el tiempo. La manera en la que se siente el operario y percibe la interfaz puede variar desde el momento previo, durante y después de la interacción. Por consiguiente, se plantea evaluar la experiencia en diferentes periodos o fases del tiempo.

Por último, la experiencia debe ser analizada desde una perspectiva holística, tomando en cuenta las tres dimensiones mencionadas. Es decir, el objetivo principal debe residir en diseñar una experiencia que cumpla las motivaciones y necesidades psicológicas de los operarios. Pero, para ello, es necesario analizar el producto que está creando esa experiencia, en este caso la interfaz industrial, y la usabilidad y funcionalidad de la misma. Por lo cual, se propone analizar la interfaz industrial y la

interacción (las acciones que realiza el operario) desde el punto de vista experiencial, de usabilidad y de funcionalidad.

### **2.6.2 Revisión de métodos y herramientas de evaluación UX**

Tras revisar los diferentes métodos y herramientas existentes en la evaluación de la UX, en este apartado se ha desarrollado una revisión de dichos métodos y herramientas identificando las carencias y oportunidades del estado del arte actual. Para la visualización de la comparativa se ha desarrollado una tabla recogida en los anexos (Apartado 8.1 Tabla 52). Esta clasificación, pretende facilitar la detección de oportunidades para el desarrollo del nuevo método y nueva herramienta de evaluación para las interfaces industriales.

La mayoría de los métodos recogidos en esta tabla proviene de la investigación de Vermeeren et al. (2010), la cual alberga un total de 86 métodos de evaluación. Asimismo, se han añadido otros 9 métodos recogidos en el estudio bibliográfico del apartado anterior. No se han incluido otros métodos analizados en el estado del arte, como el SUS (Brooke, 1996) o la evaluación heurística (Nielsen & Molich, 1990), puesto que se ha querido indagar en los métodos de evaluación desde la perspectiva experiencial, y no solo desde el 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. UX goals (Kaasinen et al., 2015)
9. Interactivity Attributes (Merete & Slette, 2016)
10. XGoals (Roto et al., 2017)
11. Experience Cards (Zeiner et al., 2018)

Por lo tanto, en total se han revisado 94 métodos, clasificándolos bajo los campos que se han considerado críticos durante la revisión del estado del arte, siendo los siguientes: el tipo de aplicación, la fuente, la dimensión, el periodo de tiempo, el tipo

de estudio y el tipo de método. A continuación, se describen los criterios de clasificación:

- **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, software móvil, producto físico o interfaz industrial.
- **Fuente:** muestra si el método está diseñado para la evaluación de usuario o la evaluación experta.
- **Dimensión:** indica la perspectiva del método de evaluación, es decir, si se enfocan en las dimensiones emocionales o de usabilidad.
- **Fase de aplicación:** refleja el periodo en el que se realiza la evaluación de la experiencia. Se distinguen tres periodos: antes de la interacción, durante la interacción y después de la interacción.
- **Tipo de estudio:** indica si la evaluación se debe ejecutar en contexto real o en laboratorio. 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, monitorización mediante dispositivos biométricos y cualitativo.

Tras comparar los métodos y herramientas detectados en base a los criterios mencionados se han obtenido varias conclusiones. Respecto al tipo de aplicación, la mayoría están orientados a aplicaciones web y software de PC (89%) y software móvil (74%), aunque muchos de ellos han sido aplicados en web, móvil y producto (53%). En cambio, solo se han identificado dos métodos que estén orientados o hayan sido empleados en la evaluación de interfaces industriales.

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

Por otro lado, todos los trabajos recopilados están enfocados a la evaluación de la respuesta emocional de los usuarios. Por lo tanto, se han obviado los métodos que solamente están basados en la evaluación pragmática, ya que no se consideran la experiencia en su totalidad. Sin embargo, más de la mitad de los métodos (56%) no

evalúan la usabilidad del sistema, un factor necesario para poder valorar la UX de forma holística.

En los que se refiere a la fase de aplicación 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, el Context Aware ESM (Froehlich et al., 2007) y el Controlled Observation (Jordan, 2002) combinan cuestionarios o escalas con la monitorización y las herramientas cualitativas

### **2.6.3 La aplicación de la UX en interfaces industriales y su evaluación**

Tal y como se ha expuesto en el apartado del estado del arte, a pesar de que hasta ahora la disciplina de la UX no ha sido prioritaria en los entornos industriales, la llegada de la Industria 4.0 ha impulsado su aplicación. Sin embargo, las aproximaciones aplicadas hasta el día de hoy tienen ciertas carencias y surgen oportunidades para la creación de nuevos métodos y herramientas para la evaluación de la UX en la interacción con interfaces industriales.

En la siguiente Tabla 24 se resumen los trabajos revisados que hayan empleado los aspectos experienciales en los entornos de trabajo. Tal y como se ha podido ver en el apartado 2.5, en dicha revisión no se ha limitado a investigaciones empleadas únicamente a interfaces industriales. Para poder realizar un análisis más completo se han valorado los planteamientos que emplean la UX en los entornos de trabajo.

**Tabla 24:** Resumen de los trabajos recogidos en el estado del arte de la UX en entornos de trabajo

Autores	Descripción	Dimensiones UX y herramientas/métodos	Entornos/casos aplicados
Fallman et al., (2005)	Diseño de interfaz para una plataforma de diseño 3D para facilitar usos colaborativos en los entornos industriales.	-Colaboración. -Socialización y aprender de otros. • No proponen herramientas o métodos específicos	ABB powerball en industria manufacturera.
Harbich & Hassenzahl, (2008, 2011)	Con el objetivo de facilitar el proceso de diseño de productos que mejoren el bienestar de los operarios, propusieron un modelo que dicta los cuatro factores principales que los productos en los entornos de trabajo deben promover.	- Cuestionario propio para medir los siguientes factores: Ejecutar, Comprometerse, Evolucionar, Expandir. - Attrakdiff 2 (Hassenzahl, n.d.) para evaluar la percepción de los trabajadores.	Productos interactivos en los entornos de trabajo, con un uso mínimo de un mes y 3 horas y 3 horas por semana.
Dagenais-Desmarais y Savoie (2012)	Desde el campo de la psicología, definen las 5 dimensiones que afectan en el bienestar psicológico de los trabajadores.	Elaboraron un cuestionario propio para evaluar: -Adaptación interpersonal en el trabajo. -Prosperar en el trabajo. -Sensación de competencia en el trabajo. -Percepción de reconocimiento en el trabajo. -Deseo de involucrarse en el trabajo.	Empresas de los sectores de salud, administrativos y científicos.
Lu & Roto, (2015)	Definen un nuevo modelo de Positive Design Framework para los productos de los entornos de trabajo, y definen los factores que dichos productos deben cumplir.	-Diseño para la virtud (conexión interpersonal, autoestima, etc.). -Diseño para el placer (compromiso personal). -Diseño para el significado personal (competencia, control/autonomía). • Propone estos criterios para especificar objetivos de la experiencia, no propone herramienta o método concreto.	-E-learning para conductores principiantes de carretillas elevadoras. -Consola de control para remolcadores. -App de servicio al cliente de una empresa de automatización.
Wurhofer et al. (2015)	Revisión de artículos que trataban los factores UX en los entornos industriales y listan las dimensiones de la UX más empleadas.	-Carga de trabajo percibida. -Estrés. -Sensación de control. -Utilidad percibida. -Facilidad de uso percibida. -Expectativa del rendimiento. -Satisfacción.	Fábricas manufactureras.

## 2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales

		<p>-Seguridad percibida.</p> <p>-Confianza.</p> <p>-Emociones y sentimientos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una revisión de factores UX, no propone herramienta o método.</li> </ul>	
Kaasinen et al. (2015), Roto et al. (2017)	<p>Proponen definir objetivos de la UX a cumplir para diseñar o evaluar sistemas industriales. Para definir dichos objetivos de la UX, proponen las siguientes fuentes: marca, teoría, empatía, tecnología y visión.</p>	<p>Algunos de los Xgoals definidos:</p> <p>-Confianza en la automatización.</p> <p>-Apoyar la competencia de uno mismo.</p> <p>-La experiencia de una cooperación fluida.</p> <p>-Sensación de control de la acción del ascensor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No proponen herramienta concreta, argumentan el uso de objetivos específicos para cada proyecto.</li> </ul>	<p>- Entornos interactivos mediante gestos de estaciones de carga en fábricas manufactureras.</p> <p>- Controles para grúas de puerto marítimo.</p> <p>- Aplicación para ascensores.</p>
Tuch et al. (2016)	<p>Tratan de aplicar el enfoque de Hassenzahl et al. (2015) evaluando la UX desde las necesidades psicológicas. Asimismo, aplican la evaluación de la percepción del producto y el afecto.</p>	<p>-Necesidades psicológicas, mediante Test de Sheldon (Sheldon et al., 2001).</p> <p>-Percepción del producto (pragmático y hedónico), mediante Attrakdiff 2 (Hassenzahl, n.d.).</p> <p>-Afecto, mediante PANAS-X (Watson &amp; Clark, 1999).</p>	<p>-Cualquier interfaz digital empleada en el trabajo.</p>
Zeiner et al. (2018)	<p>Definen las categorías de experiencia, las cuales influyen en la creación de experiencias positivas en el trabajo.</p>	<p>-Plenitud (recibir y dar feedback, recibir apreciación).</p> <p>-Apoyo social (ayudar a otros, recibir ayuda, enseñar a otros).</p> <p>-Reto (superar un reto, recibir un reto).</p> <p>-Compromiso (Resolver un problema, sentirse creativo).</p> <p>-Organización del grupo (Finalizar una tarea, mantenerse informado de las cosas).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proponen una herramienta propia denominada "Experience Cards".</li> </ul>	<p>Experiencias en cualquier entorno de trabajo.</p>
Peruzzini et al. (2018)	<p>Proponen un modelo basado en la monitorización de las acciones y comportamientos de los operarios, con el fin de mejorar su interacción con las máquinas y su rendimiento en el trabajo</p>	<p>-Monitorización del rastreo de mirada, el ritmo cardíaco, la modelización digital de la persona y su secuencia de movimientos.</p> <p>-Valoración de los usuarios mediante la herramienta NASA-TLX (Hart &amp; Staveland, 1988).</p>	<p>-Realidad virtual de un entorno de ensamblaje de automoción.</p>

## 2. Revisión de la evaluación de la UX y su aplicación en entornos industriales

<p>Kaasinen et al. (2019)</p>	<p>Describen un marco de diseño y evaluación para crear nuevos sistemas interactivos para adaptarse al nuevo concepto del Operario 4.0.</p>	<p>-Antecedentes (usuario, tarea y objetivo, herramientas, entorno, organización).</p> <p>-Evaluación:</p> <p>UX mediante Emocards (Desmet, et al., 2001), Attrakdiff (Hassenzahl et al., 2003), UEQ (Rauschenberger et al., 2013), UXgoals (Kaasinen et al., 2015).</p> <p>Usabilidad.</p> <p>Ética.</p> <p>Seguridad.</p> <p>Aceptación tecnológica.</p> <p>-Consecuencias (satisfacción en el trabajo, compromiso, motivación).</p>	<p>-Concepto de RV/RA para las fábricas.</p> <p>-Plataforma de redes sociales para un entorno de producción.</p> <p>-Panel de feedback para operarios de las máquinas.</p>
<p>Laschke et al. (2020)</p>	<p>Presentan dos casos de estudio donde emplean el modelo Positive Practice Canvas (Klapperich et al., 2018) para innovar en productos de entornos de trabajo. Se basa en el modelo de prácticas sociales de Shove et al. (2012) y en el modelo de las necesidades psicológicas de Hassenzahl et al. (2013).</p>	<p>-Perfil del usuario.</p> <p>-Acciones que realizan (y el significado que tienen las acciones para ellos).</p> <p>-Las necesidades psicológicas.</p> <p>Las capacidades y conocimientos necesarios.</p> <p>-El material necesario para ejecutar las acciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proponen el Positive Practice Canvas.</li> </ul>	<p>-Entorno de salud, sistema de radiología.</p> <p>-Entorno de salud, software de organización de calendario.</p>

A continuación, se muestra el análisis y la reflexión de los trabajos recogidos en la Tabla 24:

- El trabajo de Fallman et al. (2005) ofrece una primera aproximación para introducir los aspectos experienciales en el diseño de sistemas industriales, pero únicamente se centra en los conceptos de cómo colaborar y aprender de otros compañeros de trabajo. No considera otros aspectos que puedan influir en el bienestar de los operarios.
- El trabajo de Harbich y Hassenzahl (2008, 2011) ofrece un primer enfoque que permite identificar los factores principales que se deben considerar para mejorar el bienestar de los trabajadores. Su modelo de los factores de ejecutar, comprometerse, evolucionar y expandir ofrece una perspectiva completa, no solo basada en el rendimiento de los operarios como era habitual. Además, proponen un cuestionario para evaluar el cumplimiento de dichos factores. Para conocer también la percepción de los trabajadores en cuanto a aspectos pragmáticos y



hedónicos del producto plantean el uso de la herramienta Attrakdiff 2 (Hassenzahl, n.d.). No obstante, el modelo trata las distintas experiencias en el trabajo de forma genérica, y no está adaptado a las particularidades de las interfaces industriales de los entornos de fabricación.

- La propuesta de Dagenais-Desmarais y Savoie (2012) ofrece una herramienta para evaluar la valoración de los trabajadores sobre el nivel de bienestar en sus trabajos. Su enfoque permite analizar de forma holística las dimensiones experienciales que afectan en el bienestar de los trabajadores. Sin embargo, al estar definido desde el campo de la psicología, no enlazan el cumplimiento de dichas dimensiones con los aspectos de diseño de las interfaces. Lo cual, dificulta el proceso de diseño de los productos para la mejora de la del bienestar de los trabajadores.
- De forma similar a Dagenais-Desmarais y Savoie (2012), Lu y Roto (2015) presentan un marco de trabajo que recoge los factores a tomar en cuenta en el bienestar psicológico de los trabajadores. Al enlazar los conocimientos del marco de diseño positivo y el modelo de mecanismos de trabajo significativo, aporta una perspectiva que aúne las disciplinas de diseño y del trabajo. Aunque, no especifica herramientas o métodos concretos para evaluar el cumplimiento de dichos factores.
- La revisión de Wurhofer et al. (2015) recoge las dimensiones de la UX aplicados en los entornos de trabajo de las fábricas con el fin de mejorar la experiencia de los operarios. Emplean factores de UX específicos de entornos industriales como el estrés, la carga cognitiva, la sensación de control, la seguridad o el rendimiento. Asimismo, para finalizar la revisión Wurhofer et al. (2015) realizan una reflexión acerca de los tres aspectos principales que afectan en la experiencia, es decir, la persona, el sistema y el contexto. No obstante, la definición de las dimensiones se realiza de forma genérica, y no se plantean herramientas o métodos concretos que faciliten su evaluación ni el diseño de las interfaces para la mejora del bienestar de los operarios.
- Kaasinen et al. (2015) y posteriormente Roto et al. (2017) proponen un método específico para la evaluación de la UX en los entornos industriales. Dicho método, denominado *UXgoals*, se basa en definir ciertos objetivos experienciales que posteriormente se evalúan para determinar si la experiencia ha sido la previamente deseada, tal y como plantea (Hassenzahl, 2010). Además, en este caso muestran casos de estudio aplicados en interfaces industriales de interacción entre máquina

y operario. Sin embargo, se han detectado ciertas carencias en el método propuesto. Por un lado, no determinan objetivos de experiencia concretos para estos entornos, sino que proponen definir objetivos diferentes para cada proyecto. Lo cual, aunque desde el punto de vista científico esté bien argumentado, puede resultar complejo para las personas no expertas en la temática y podría dificultar su integración en los procesos actuales de las empresas manufactureras. Por otro lado, no está enfocado a la evaluación de los aspectos pragmáticos, parte crucial para el devenir de la experiencia en los entornos industriales. Además, tampoco evalúa la experiencia en las tres fases de la interacción y no complementa la evaluación con otros métodos de monitorización o evaluaciones cuantitativas.

- Tuch et al. (2016) proponen el enfoque de Hassenzahl et al. (2015) para los entornos de trabajo. Dicho enfoque se basa en el cumplimiento de las necesidades psicológicas como factor para evaluar la experiencia en la interacción con un producto. Evaluando también el afecto de los usuarios y su percepción de los aspectos pragmáticos y hedónicos del producto. De esta manera, se puede concluir que dicho modelo, contrastado en el campo del HCI, se adapta también para evaluar las experiencias en los entornos de trabajo. Sin embargo, analizan su uso en términos generales de trabajo y con cualquier interfaz digital que se pueda utilizar en un contexto de trabajo. Por lo tanto, no está adaptado a las singularidades del entorno de las fábricas manufactureras. Además, dichas herramientas evalúan la experiencia una vez finalizada la interacción y no consideran la fase previa ni durante la interacción, ni plantean el uso de los dispositivos de monitorización.
- El trabajo de Zeiner et al. (2018) presenta un enfoque para integrar los aspectos de la UX en los entornos de trabajo. Proponen categorías de experiencia que se deberían cumplir para tener una experiencia positiva en el trabajo, y exponen una herramienta específica para la creación de los mismos. Dicha herramienta, denominado *Experience Cards*, similar y basado en las *Need Cards* de Hassenzahl (2010) describe cada factor o categoría de la experiencia con el fin de integrar conceptos experienciales en los entornos de trabajo. No obstante, tal y como sucede con los métodos y herramientas propuestos en los trabajos anteriores, esta herramienta no especifica los aspectos concretos de la interfaz que se debería tener en cuenta para la valoración del cumplimiento de las experiencias. Están enfocadas únicamente a inspirar la creación de ciertas experiencias, pero no a facilitar la evaluación de las mismas. Por lo tanto, tampoco menciona los aspectos funcionales y de usabilidad a considerar en una interacción en un entorno digital de

una empresa manufacturera. Además, como se puede observar en la tabla de clasificación, no toma en cuenta las tres fases de la interacción y no combina diferentes métodos como los cuantitativos o de monitorización.

- El marco presentado por Peruzzini et al. (2018) recoge un proceso de diseño y evaluación de la interacción con interfaces. El marco se basa principalmente en la monitorización de los operarios durante su trabajo para detectar cómo influyen las tareas realizadas a su bienestar y por tanto dónde actuar para mejorar las experiencias en los puestos de trabajo. Además, propone utilizar la herramienta NASA-TLX para recoger la valoración del usuario sobre la experiencia. Sin embargo, no especifica la evaluación de otros aspectos o elementos igual de determinantes en el devenir de la experiencia, como es el contexto, la persona usuaria o la propia funcionalidad y usabilidad del sistema. Asimismo, el valor de la propuesta reside fundamentalmente en los dispositivos de monitorización y exige la creación de entornos de trabajo virtuales para su aplicación. Lo cual, podría suponer un gasto económico elevado y no todas las empresas podrían disponer o estarían dispuestos a adquirir este tipo de tecnologías.
- El marco de trabajo de Kaasinen et al. (2019) es el más completo de los analizados y está orientado específicamente en los entornos de Industria 4.0. Su marco, define también los elementos necesarios a tomar en cuenta en la experiencia de los operarios. Desde el análisis de la persona, contexto o producto hasta la propuesta de herramientas de evaluación de la UX. Asimismo, propone herramientas para evaluar tanto los aspectos experienciales como la usabilidad de las interfaces, tal y como se propone en la presente investigación. Sin embargo, propone emplear herramientas de evaluación genéricas de la UX, sin adaptar a las particularidades de las interfaces industriales y los entornos de trabajo de las empresas manufactureras. Dichas herramientas, además, solo recogen la valoración de los usuarios sobre la experiencia una vez finalizada la interacción, no proponen analizar fase previa ni durante la interacción. Por último, no estudian el uso de dispositivos de monitorización, lo cual puede suponer un complemento significativo en la evaluación de la experiencia.
- Laschke et al. (2020) proponen un marco de diseño basado en el bienestar de los trabajadores, basado principalmente en el modelo de prácticas sociales de Shove et al. (2012) y las necesidades psicológicas de Hassenzahl (2010). El modelo está centrado en facilitar el planteamiento sobre cómo diseñar las interfaces digitales para mejorar el bienestar de los trabajadores, e indican tras los casos de estudio que su modelo se adapta perfectamente a los entornos de trabajo. Sin embargo, el

modelo no ha sido aplicado en los entornos industriales. Asimismo, no relacionan la valoración de dichas necesidades psicológicas con los aspectos del diseño de la interfaz. Lo cual, para las personas no expertas en este campo de la UX (la realidad actual en las empresas manufactureras) puede resultar difícil aplicar en la valoración en el diseño de la interfaz. Por último, tampoco propone evaluar la experiencia en las tres fases de la interacción ni plantea el uso de los dispositivos de monitorización.

Como se ha podido ver en la revisión de los modelos, métodos y herramientas actuales, se emplean diferentes planteamientos para la evaluación de los factores o dimensiones de la UX. Esta diversidad de planteamientos refleja lo que se plantea en las revisiones sobre las definiciones de la UX de Lallemand et al. (2015). Al ser un concepto dinámico y subjetivo, existen varias perspectivas posibles para diseñar y evaluar la experiencia de los operarios.

En la presente tesis doctoral, para la evaluación de los aspectos experienciales de los operarios en la interacción con interfaces industriales se propone partir del enfoque de Hassenzahl (2010) basado en las necesidades psicológicas. Tal y como ya lo han aplicado autores como Harbich y Hassenzahl (2008, 2011), Burmester et al. (2015), Tuch et al. (2016) y recientemente Laschke et al. (2020) en los entornos de trabajo en términos genéricos, en esta tesis se investigara la aplicación de este planteamiento para la evaluación de los aspectos experienciales en los entornos de máquina-herramienta.

### **2.6.4 Oportunidades de investigación identificadas**

Una vez analizados los modelos, métodos y herramientas aplicadas en la evaluación de la experiencia y el bienestar psicológico en los entornos de trabajo, se puede concluir que, tal y como mencionan Laschke et al. (2020), esta perspectiva se encuentra aún en sus inicios. Aunque los métodos y herramientas actuales ofrecen mecanismos para evaluar los aspectos que influyen en la experiencia de los operarios en la interacción con interfaces industriales, se han detectado varias oportunidades para continuar la investigación en esta disciplina y para facilitar la incorporación de dichos conocimientos en los procesos actuales de las empresas manufactureras.

Los métodos y herramientas de evaluación de la UX actuales permiten conocer qué elementos o aspectos se deben considerar y qué procesos se deben llevar a cabo para evaluar la experiencia en su totalidad. Pero no están orientados a las particularidades de los entornos de trabajo industriales ni a las características específicas de las interfaces industriales y su modo de interacción.

Por otro lado, tal y como se ha descrito en el apartado anterior, los métodos actuales enfocados a los entornos de trabajo industriales carecen del enfoque holístico necesario para evaluar los diferentes aspectos que influyen en la experiencia de los operarios. Asimismo, no especifican procedimientos estructurados que determinen cómo evaluar dichos aspectos ni herramientas concretas adaptadas al entorno para facilitar la integración de los procesos de evaluación UX en las empresas manufactureras.

Ante esta situación, se detectan las siguientes oportunidades para la creación de nuevos métodos o herramientas de evaluación:

- Evaluar todos los elementos que influyen en la experiencia, como el contexto, el usuario, la interfaz industrial, las tareas de los operarios y la propia interacción. Es necesario analizar todos estos elementos para poder entender la experiencia en su totalidad, a causa del carácter dinámico, subjetivo, situado y holístico de la experiencia (Hassenzahl, 2010).
- Evaluar desde el enfoque de las tres dimensiones de la experiencia: aspectos pragmáticos como la funcionalidad y usabilidad de la interfaz industrial, así como los aspectos experienciales como las emociones y necesidades psicológicas de los operarios. No solo se trata de crear interacciones eficientes y eficaces, sino que se trata de evocar experiencias que genere emociones positivas en el usuario, aumentando así tanto al rendimiento como al bienestar psicológico de los operarios (Kaasinen, Schmalfuß et al., 2019).
- Analizar las tres fases de la experiencia: antes de la interacción, durante y después. Además de recoger la valoración del usuario sobre cómo ha sido la experiencia una vez finalizada, es relevante entender cómo han sido sus sensaciones y emociones durante el transcurso de esa experiencia, puesto que la valoración posterior del usuario no tiene por qué reflejar dichas emociones (Vyas et al., 2006). Asimismo, puede resultar significativo evaluar cómo ha sido la percepción posterior de los usuarios en relación a las expectativas previas sobre el producto (Pettersson et al., 2018).
- Emplear un enfoque multimétodo, combinando métodos cuantitativos, cualitativos y de monitorización, siguiendo así la propuesta de otros autores para combinar dos o más métodos para evaluar la experiencia en su totalidad (Vermeeren et al., 2010; Alves et al., 2014; Lasa et al., 2015; Pettersson et al., 2018). Tal y como proponen dichos autores, recoger la evaluación mediante

diferentes formatos o fuentes ofrece información complementaria que ayuda a obtener una visión holística sobre la experiencia.

- Crear una herramienta de evaluación experta, como alternativa para casos en los que las empresas no pudieran ejecutar evaluaciones completas basadas en el usuario. Las herramientas expertas permiten realizar evaluaciones ágiles y económicas, ajustándose a los requisitos que ciertas empresas pudieran tener para ejecutar las evaluaciones. Actualmente, no existe ninguna herramienta experta que permita evaluar aspectos tanto pragmáticos como experienciales y que esté orientada a las particularidades específicas de las interfaces industriales y su interacción.

## Capítulo 3

# Desarrollo y validación del método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer

---





## 3 Desarrollo y validación del método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer

Partiendo de las oportunidades identificadas en el capítulo anterior, se desarrolla un nuevo método de evaluación de la UX en la interacción con interfaces industriales, denominado eXperience Capturer (XC). Este nuevo método permite evaluar los elementos que influyen en la experiencia de la interacción entre el operario y la interfaz industrial. Para ello propone un procedimiento estructurado que evalúa los aspectos experienciales y de usabilidad de la experiencia, en la fase previa, durante la interacción y en la fase posterior, combinando métodos cuantitativos y de monitorización.

En este tercer capítulo se describe el método XC y el proceso de evaluación propuesto para su integración en los procesos de diseño de interfaces industriales de las empresas manufactureras. Posteriormente, se describe el caso de estudio ejecutado para la validación del método XC, respondiendo al primer objetivo de la investigación. En este caso de estudio, nombrado MHLAB I, se ha empleado el método XC en un proceso de rediseño del software DoGrind de la empresa Danobat S.Coop.

### 3.1 DESARROLLO DEL MÉTODO EXPERIENCE CAPTURER

Como se ha definido en el estudio crítico, para poder evaluar la UX en los entornos de trabajo industriales, es determinante valorar el contexto donde se realiza la interacción, el usuario, las tareas a ejecutar, la interfaz digital y los aspectos tanto pragmáticos como experienciales de la interacción (Figura 21).

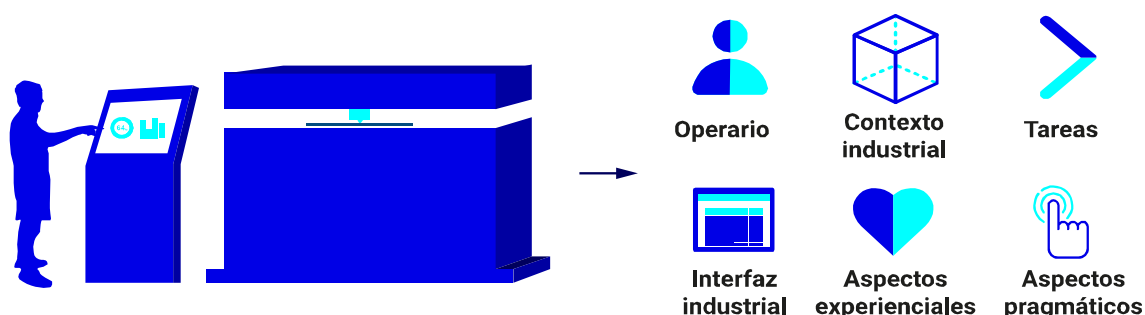
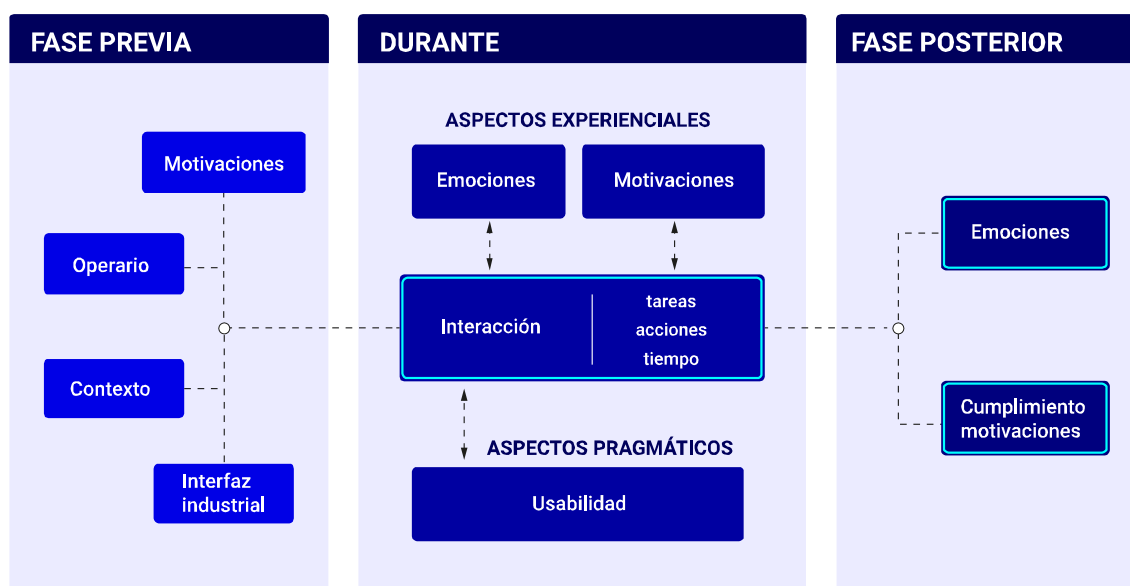


Figura 21: Los elementos clave en la evaluación de la UX en interfaces industriales

Como muestran las oportunidades identificadas en la revisión del estudio crítico, existe la necesidad de crear herramientas multimétodo que evalúen aspectos emocionales y de usabilidad en las tres fases de evaluación, combinando métodos cuantitativos y de monitorización.

Ante esta situación, se ha creado el método XC, cuyo objetivo se basa en analizar la experiencia de los operarios durante la interacción con interfaces industriales. Para ello, se define un proceso de evaluación de tres fases principales: la fase previa a la interacción, durante la interacción y la fase posterior a la interacción (Figura 22).

En la primera fase, se recoge información sobre la persona usuaria (edad, actividad profesional, experiencia previa, etc.) y el contexto de la interacción (información del lugar, entorno social, etc.) y se definen las motivaciones o necesidades psicológicas a cumplir durante la experiencia. En la segunda fase, se monitoriza la actividad del usuario mientras ejecuta una serie de tareas definidas por el equipo de evaluación, para poder detectar factores críticos de usabilidad y las respuestas emocionales. Por último, en la tercera fase se evalúa la valoración de los aspectos experienciales, evaluando el cumplimiento de las necesidades psicológicas y las respuestas emocionales.



**Figura 22:** Proceso de evaluación del método XC

A continuación, se exponen en profundidad los elementos a analizar en cada fase y los criterios para su evaluación.

### 3.1.1 Fase previa a la interacción

En este apartado se evalúa el contexto, la persona y la interfaz industrial y se definen las motivaciones a cumplir durante la experiencia.

#### 3.1.1.1 Contexto

Como ya se ha mencionado anteriormente, la experiencia ocurre en un lugar y momento concreto, por lo que el entorno afecta directamente en la valoración de la experiencia. Por ello, mediante el XC se trata de recoger todo aquel factor en el contexto de la interacción que pueda influir en la experiencia. Para concretar cuáles son los factores determinantes se ha basado en el modelo definido por Von Saucken & Gomez (2014). Diferencian dos niveles dentro del contexto: el Micro UX y el Macro UX (Figura 23).



**Figura 23:** Niveles Micro UX y Macro UX del contexto, adaptado de Von Saucken & Gomez (2014)

En el primero de ellos, se analiza el contexto desde una perspectiva más próxima al sistema interactivo y se examinan los siguientes factores: el entorno físico, las personas, los productos co-existent y el servicio del producto. En el Macro UX, el campo se abre aún más y se estudian factores como la marca y valores, el entorno social, la cultura, el servicio y el ecosistema completo del entorno digital. A continuación, se describen los factores de cada nivel:

- Micro UX:

- Entorno físico

Trata de recoger la información sobre el lugar donde está ubicada la máquina o el simulador empleado para la evaluación, tanto de la perspectiva objetiva donde se describe el entorno, como de la opinión subjetiva del usuario. Por un lado, se definen aspectos como la amplitud del espacio, la luminosidad, limpieza, etc. Por otro lado, se recoge también la valoración del usuario sobre el entorno, con el objetivo de valorar si le resulta agradable, accesible, cercano, etc.

- Personas

Se enfoca a las personas que trabajan en la máquina, para identificar quiénes son y si trabajan en colaboración o siempre de forma individual. En este apartado no se trata de analizar el usuario, lo cual se analizará en el elemento Persona, sino de identificar los usuarios habituales y su modo de trabajo.

- Productos co-existent:

Se refiere a los productos que se utilizan en la interacción con la interfaz, como puede ser el ratón del ordenador. Estos productos afectan directamente en la experiencia del trabajador.

- Servicio del producto:

Se basa en entender el funcionamiento del sistema, desde la perspectiva técnica como tecnológica, como la resolución de la pantalla, la conexión, el servidor, la arquitectura, etc.

- Macro UX:

- Marca y valores

Se basa en conocer la opinión del usuario acerca de la marca del sistema evaluado. La marca influencia directamente en la percepción del usuario sobre un producto, un usuario que conoce la marca y valores de la empresa puede tener una opinión sobre el producto diferente a la persona que no la conoce. Esta percepción puede llegar a afectar en la valoración final de la experiencia, por lo que es importante trabajar este aspecto y conocer cuál es la opinión del usuario sobre ello.

- Cultura

Se basa en identificar los valores culturales del usuario. Cada cultura tiene unas características propias que hacen que las personas perciban o entiendan un mismo producto de forma diferente, por lo que puede ser determinante en la valoración de la experiencia.

- Entorno social

Se trata de entender el entorno social de la interacción, ya que las máquinas están situadas en entornos donde pueden interactuar diferentes personas y de diferentes perfiles. Entender este entorno aporta conocimiento sobre cómo afecta el comportamiento de otras personas en el usuario y en su experiencia.

- Servicio

A diferencia del servicio mencionado en el Micro UX, en este caso se refiere al servicio desde un punto de vista más amplio, es decir, conocer cuál es el servicio que ofrece la máquina, sus funciones y tipos de trabajo habituales.

- Ecosistema del producto

Este factor se refiere al conocimiento sobre la propia máquina, como el modelo, tipología, características, etc. Lo cual aporta información sobre las virtudes y limitaciones de la máquina y su influencia final en la experiencia.

### 3.1.1.2 Persona

En este apartado se representa cómo es la persona usuaria del sistema de interacción. Cada persona tiene una personalidad diferente, necesidades y motivaciones diferentes, capacidades diferentes, etc. Por lo tanto, conocer el usuario es determinante para comprender cómo es la experiencia de uso.

Para ello, se emplea la herramienta Personas (Miaskiewicz & Kozar, 2011), en la cual se representa la información de una persona en concreto, pero de manera que sirva como representación de un tipo usuario objetivo. La herramienta Personas reúne características comunes de comportamiento de cierto grupo de usuarios.

Se han definido una serie de factores para completar la información del usuario, enfocándose en el contexto del producto: información general, información profesional, familiarización tecnológica e intereses y valores (Figura 24).

**Personas**

**Denominación**

Nombre:  
Cargo:

**Información general**

- Edad
- Género
- Nacionalidad

**Información profesional**

- Estudios
- Años de experiencia
- Tareas a realizar

**Familiarización tecnológica**

- Nivel de familiarización
- Objetos tecnológicos habituales
- Tiempo de uso

**Intereses y valores**

- Aficiones
- Adjetivos de personalidad

**Figura 24:** Plantilla con los factores que componen la herramienta Personas

- Información general:

Se recoge la información sociodemográfica del usuario, como la edad, el género y la nacionalidad.

- Información profesional:

En este apartado se recoge la información del usuario en relación con su puesto de trabajo, de esta manera se comprende cuál es el papel de la persona en la empresa y su relación con la interfaz evaluada. Para ello, se recoge información sobre su puesto, cualificación, años de experiencia, tareas a realizar, hábitos y acciones rutinarias. La idea es entender cuál es su conocimiento sobre la aplicación, cuánto lo utiliza y cómo lo utiliza. Dependiendo de cuáles sean estas características las necesidades que tiene por parte de la interfaz varía notablemente.

- Familiarización tecnológica:

A la velocidad que avanza la tecnología es difícil mantenerse y adaptarse a las continuas novedades, lo cual genera una brecha digital en la que algunas personas tienen más dificultades a la hora de familiarizarse con las últimas tecnologías. Por todo ello, es interesante conocer cuál es la familiarización tecnológica del usuario, cuál es su experiencia y conocimiento con este tipo de dispositivos. Ya que, una persona con un conocimiento bajo necesita una interfaz mucho más intuitiva, usable y fácil de aprender. Para completar esta información, se preguntará sobre su pertenencia a objetos tecnológicos, sus usos habituales, el modo en el que los utiliza, la

dependencia sobre este tipo de productos y sus expectativas de cómo debería ser una interfaz.

- Factores de personalidad:

En este apartado se trata de recoger factores de la personalidad de los usuarios. Para ello los usuarios emplean adjetivos de personalidad y sus intereses y aficiones para describirse a sí mismos. La personalidad de la persona tiene gran influencia en el devenir de la experiencia, ya que ante una misma situación crítica la reacción que puede tener una persona u otra puede ser muy diferente, así como las emociones que siente y la valoración de la experiencia. Por lo tanto, para poder interpretar los resultados de la evaluación de la experiencia, es conveniente conocer dichos datos sobre los usuarios.

### 3.1.1.3 Motivaciones

Tal y como se ha manifestado en el estudio crítico, en este trabajo de investigación, se propone el concepto del cumplimiento de las motivaciones o necesidades psicológicas (Hassenzahl, 2010) como factor para medir el nivel experiencial de la interacción, siguiendo así los trabajos de Harbich y Hassenzahl (2008, 2011), Burmester et al. (2015), Tuch et al. (2016) y recientemente Laschke et al. (2020). Para ello, en esta fase previa, en base a las características de los usuarios y el contexto, se definen las motivaciones que se los operarios deberían cumplir con el fin de tener una experiencia positiva.

Las motivaciones de los usuarios pueden depender de sus características personales, del contexto de la interacción, del carácter de las tareas o de las particularidades del sistema. Sin embargo, se ha considerado que como las experiencias de la interacción entre operario y máquina a evaluar se limitan a entornos y tareas similares, se pueden filtrar las motivaciones relevantes. Dichas motivaciones o necesidades psicológicas planteadas inicialmente por Hassenzahl (2010) están basadas en las 10 necesidades universales de Sheldon et al. (2001). Estas 10 necesidades abarcan todo tipo de experiencias positivas, pero el cumplimiento de algunos de ellos carece de relevancia en el caso de experiencias de interacción con las interfaces industriales. Por ello, al igual que proponen Hassenzahl et al. (2013), en este trabajo se plantea reducir las 10 necesidades a las siguientes 5: autonomía, competencia, cercanía, seguridad y estimulación. Por lo tanto, se considera que para que la UX de los operarios en la interacción con las interfaces industriales sea positiva deben cumplir con las 5 motivaciones mencionadas. Es decir, cuanto mayor sea el cumplimiento de las

motivaciones, más positiva será la experiencia, y por tanto, mayor será el nivel de bienestar psicológico.

A continuación, se definen las cinco motivaciones para el contexto de esta investigación:

- Autonomía: completar la tarea por sí mismos sin la ayuda de los demás.
- Competencia: sentirse capaz de completar tareas complejas
- Cercanía: sentir cercanía con el sistema gracias a la comunicación amistosa y adaptada.
- Seguridad: sentirse en control de la situación
- Estimulación: sentir atracción y nuevas sensaciones al interactuar con el sistema

#### **3.1.1.4 Interfaz industrial**

En este apartado se analizan las características y funcionalidades de la aplicación de la interfaz industrial. Se analiza en qué consiste y cuál es la función del software, las diferentes opciones que presenta, y se visualiza la arquitectura de información. De esta manera, se recoge una visión general del sistema a evaluar y los posibles puntos interesantes en los que se deberá fijar en la ejecución de las tareas.

#### **3.1.2 Durante la interacción**

En esta segunda fase, la evaluación se basa en la ejecución de una serie de tareas específicas por parte del operario, mientras el evaluador de la UX observa. Durante esta observación, el evaluador informa sobre los problemas de usabilidad y su impacto en la satisfacción de las emociones y motivaciones del empleado. Además, para obtener un análisis más profundo del rendimiento de la tarea, se emplean dispositivos de monitorización biométrica para analizar la actividad del usuario de una forma más objetiva. Para ello, se pueden emplear diferentes dispositivos dependiendo del contexto y objetivo de la evaluación, como el Eye-tracking, el EEG o la respuesta galvánica de la piel (Peruzzini et al., 2017).

La información recogida en esta fase se visualiza en un formato similar a un Customer Journey Map (Nenonen et al., 2008). Para ello, se plasman las acciones que realiza el usuario durante la ejecución de las tareas y se relaciona con los factores críticos detectados en relación con la usabilidad y las respuestas emocionales de los usuarios en dichos momentos. Además, se muestra el tiempo que necesitan para ejecutar cada tarea, deduciendo que a partir de un límite específico de tiempo la ejecución de la tarea está siendo problemática.



### 3.1.3 Fase posterior de la interacción

En la última fase de evaluación, se recoge la valoración del usuario acerca de la experiencia, mediante dos tipos de evaluaciones: el cumplimiento de las motivaciones y las emociones.

#### 3.1.3.1 Cumplimiento de las motivaciones

El cumplimiento de las motivaciones marcadas en la primera fase es determinante para que la experiencia del usuario en la interacción con la aplicación sea positiva, es decir, el operario debe sentirse autónomo, competente, vinculado con el sistema, seguro y estimulado.

Para poder cuantificar en qué medida se cumple con las motivaciones, se han definido los factores de evaluación y se han formulado en formato de cuestionario para recoger las impresiones de los usuarios (Figura 25). Dichos factores se basan en el estudio de Sheldon et al. (2001), donde se definen tres criterios que el usuario deberá valorar por cada motivación.

Motivaciones a cumplir	Factores a evaluar para determinar su cumplimiento
<b>Autonomía</b>	Realización de tareas de forma independiente, sin la ayuda y asesoramiento de terceros . Posibilidad de controlar el ritmo de interacción . Libertad para interactuar de forma interactiva y personalizar la navegación
<b>Competencia</b>	. Capaz, eficaz y cualificado para completar las tareas . Realización de tareas de forma intuitiva . Realización de tareas en el menor tiempo posible
<b>Cercanía</b>	. Atención del sistema para cumplir con los intereses de los operarios. . Anticipación del sistema a las necesidades del operario. . Comunicación cercana y amigable del sistema.
<b>Seguridad</b>	. Seguridad y sensación de estar en control de la situación. . Falta de amenazas e incertidumbres durante el cumplimiento de la tarea . Confianza con el sistema
<b>Estimulación</b>	. Estimulación de los sentidos al interactuar con el sistema . Atracción con la estética del sistema . Nuevas sensaciones al interactuar con el sistema

**Figura 25:** Motivaciones a cumplir y sus factores de evaluación en la UX en entornos industriales

### 3.1.3.2 Evaluación de las emociones

Las emociones influyen de forma determinante en el conocimiento humano, el proceso de aprendizaje, la toma de decisiones e inteligencia (Davidson et al., 2003; Cherniss et al., 2006). Asimismo, favorecen en el aumento de la motivación e implicación de las personas (Isen, 2001), consiguiendo facilitar los procesos de aprendizaje (Kort et al., 2001). Cuando el usuario interactúa con la interfaz de un sistema digital emergen continuas emociones. Pueden surgir de un factor crítico de usabilidad, del significado asociado al producto, de la apariencia estética o por el propio hecho de cómo cumplen con las necesidades psicológicas. Estas emociones tienen una influencia directa en la valoración de la experiencia, por lo que su evaluación es determinante.

Para poder evaluar las emociones, existen diferentes métodos mencionados en la revisión bibliográfica. El método XC, al tratar de cuantificar los resultados de la evaluación y cogiendo como referencia el trabajo de Hassenzahl et al. (2015), emplea el cuestionario PANAS-X (Watson & Clark, 1999) (Tabla 11), en el cual el usuario valora una serie de adjetivos para definir sus emociones durante la experiencia.

## **3.2 CASO DE ESTUDIO MHLAB I PARA LA VALIDACIÓN DE XC**

El objetivo de este caso de estudio es validar el XC como método para evaluar los factores pragmáticos y experienciales en la interacción con las interfaces industriales. Para ello, se ha empleado el método para evaluar la versión actual del software DoGrind de la empresa Danobat S.Coop. y su posterior rediseño llevado a cabo tras la primera evaluación. A continuación, se mostrará el procedimiento del estudio, el software evaluado, el contexto en el que se ha ejecutado el estudio, los participantes, la metodología de evaluación y los resultados obtenidos.

### **3.2.1 Procedimiento**

En primer lugar, se evalúa la UX en la interacción con el software DoGrind (Danobatgroup S.Coop., 2012) utilizando el método XC. DoGrind es una plataforma para rectificadoras desarrollada por la empresa Danobatgroup S. Coop. Está diseñado para programar y ejecutar piezas, a través de las cuales los operarios pueden controlar todo el proceso (Figura 26).

En segundo lugar, en base a los resultados de la evaluación, un diseñador UX creó un prototipo de una versión nueva del software (Figura 27), denominado DoGrind 2.0. Finalmente, se evalúa el nuevo prototipo de nuevo con el método XC, para así comparar los resultados de la experiencia con la versión anterior y nueva versión del software

### 3. Desarrollo y validación del método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer

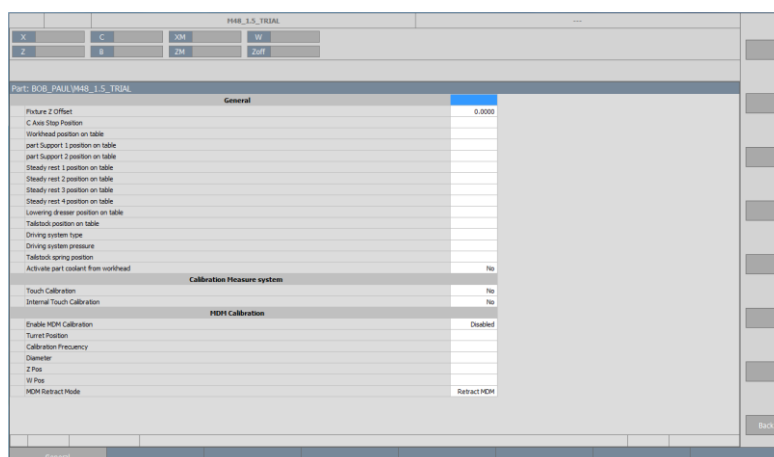


Figura 26: Primera versión del software DoGrind

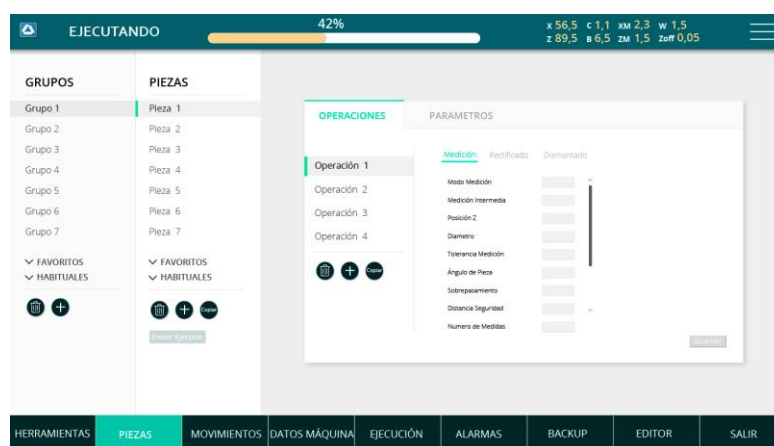


Figura 27: Segunda versión del software, denominada DoGrind 2.0

#### 3.2.2 Contexto de la evaluación

El estudio se ha llevado a cabo en un laboratorio digital de la empresa Danobatgroup S.Coop. Aunque hoy en día se considera que las evaluaciones de campo son las más efectivas para las evaluaciones de UX, los estudios de laboratorio siguen siendo una práctica común, ya que facilitan el uso de herramientas de monitorización, que podría dar la oportunidad de obtener una visión más profunda para evaluar los aspectos cognitivos y emocionales (Lallemand & Koenig, 2017). Además, esta máquina rectificadora trabaja con piezas valiosas, por lo que experimentar con máquinas reales podría suponer un mayor coste económico.

Así, el laboratorio digital permite simular con precisión la realidad de un estudio de campo, puesto que el laboratorio está formado con tecnología avanzada e innovadora. El funcionamiento de la máquina física está representado por un gemelo digital modelo 3D mecatrónico que reproduce virtualmente el movimiento de la máquina. El entorno

de simulación desarrollado se basa en una línea de soluciones Sinumerik 840D. Este control numérico se implementa con el software DoGrind. Este software permite al operador de la máquina definir las herramientas que se van a utilizar en el proceso de rectificado, así como indicar dónde se almacenan las herramientas e introducir y programar todas las operaciones que se van a ejecutar.

### 3.2.3 Participantes

Como DoGrind está orientado a un uso industrial específico y con muchos términos técnicos, se han seleccionado usuarios que tienen experiencia previa en entornos industriales y están familiarizados con tales sistemas. Sin embargo, en este estudio los usuarios no tenían experiencia previa en este software en particular. Se seleccionó un total de 26 participantes, de los cuales 14 eran mujeres y 12 hombres. Tenían entre 18 y 50 años de edad ( $\bar{x}=28,75$ ,  $s=10,02$ ). 16 participantes fueron seleccionados exclusivamente para la evaluación de la primera versión y 10 exclusivamente para la evaluación de la segunda versión, DoGrind 2.0. Ninguno de estos 10 participantes participó en la evaluación de la primera versión.

### 3.2.4 Metodología

Tal y como se ha mostrado en la definición de la herramienta XC, se ha llevado a cabo un proceso de tres fases. En la primera fase, los usuarios han respondido a cuestionarios sobre su información general, información profesional, familiarización tecnológica, intereses y valores y el contexto del estudio. En la segunda fase, han ejecutado las cuatro tareas específicas propuestas por un usuario experto del software, quién las describió como las tareas clave (Tabla 25).

**Tabla 25:** Tareas a ejecutar por los usuarios en el caso de estudio MHLAB I

<b>Tareas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Tarea 1</b>	Crear un nuevo grupo de piezas, crear una nueva pieza, añadir 3 operaciones, editar parámetros de operación, editar parámetros de pieza y seleccionar la pieza a ejecutar.
<b>Tarea 2</b>	crear una nueva herramienta, copiando de una herramienta anterior, editar parámetros, editar la corrección de la herramienta y el editor de perfiles.
<b>Tarea 3</b>	Asignar la herramienta creada, realizar la configuración de la herramienta e introducir nuevos parámetros.
<b>Tarea 4</b>	Introducir todos los parámetros máquina necesarios.

La monitorización de la ejecución de tareas se ha realizado con el dispositivo Tobii Pro X2-30 de rastreo ocular (Tobii, 2018). Este dispositivo recoge los datos del punto donde el usuario está mirando.

Para llevar a cabo la monitorización, se coloca el dispositivo debajo de la pantalla del ordenador portátil y se calibran los ojos de cada participante. Durante la ejecución de las tareas de los participantes, el dispositivo va recogiendo el punto y el tiempo de fijación de la mirada de cada participante. Posteriormente, el software del dispositivo interpreta dicha información mostrándola mediante mapas de calor, donde revelan los puntos donde los participantes más tiempo de fijación han tenido. De esta manera, se puede intuir dónde los usuarios esperan encontrar cada elemento de la interfaz y, en consecuencia, facilita la comprensión sobre dónde les gustaría encontrarlo.

Por último, en la tercera fase, los usuarios han respondido el cuestionario sobre el cumplimiento de las motivaciones (Figura 25), mediante los criterios definidos en el apartado anterior. Además, han completado el cuestionario PANAS-X (Watson & Clark, 1999) (Tabla 11).

### 3.2.5 Resultados

A continuación, se muestran los resultados principales del caso de estudio. El cuestionario de la primera fase sobre la persona y el contexto, permite identificar el perfil de los participantes y su valoración sobre el contexto del estudio. El perfil de usuario se ha recogido mediante la herramienta Personas (Figura 28).



Figura 28: Resultado del perfil de los participantes visualizado en la herramienta Personas

Miren es una mujer de 29 años, de nacionalidad española y con un cargo de técnico de taller. Estudió un grado universitario y ya posee cinco años de experiencia en el entorno de fabricación. Sin embargo, aún no conoce el software DoGrind, por lo que es la primera vez que lo utiliza. En cuanto a la familiarización tecnológica, está habituada a utilizar todo tipo de dispositivos tecnológicos y se considera una usuaria familiarizada con las nuevas tecnologías. Para finalizar, se considera una mujer empática y analítica, con aficiones habituales como leer, ver la televisión, escuchar música o viajar.

Finalmente, los resultados de la fase previa muestran las condiciones del contexto del estudio. Los resultados de los valores medios se muestran en los niveles Micro UX y Macro UX (Figura 29). En el primero de ellos, la valoración del entorno se recoge mediante la valoración del 1 al 7 de los siguientes adjetivos: agradable, limpio, luminoso, nivel de ruido adecuado, temperatura adecuada, cómodo, espacioso, renovado y con nuevas tecnologías, adaptado a las necesidades, ergonómico, seguro e inclusivo. En cuanto a la valoración de la marca, se ha empleado los siguientes adjetivos: innovación, prestigio, competitividad, confianza, cercanía, seguridad, experiencia, conocimiento, mejora a la sociedad, compromiso, adaptación a las tecnologías, diferenciación y atractivo.



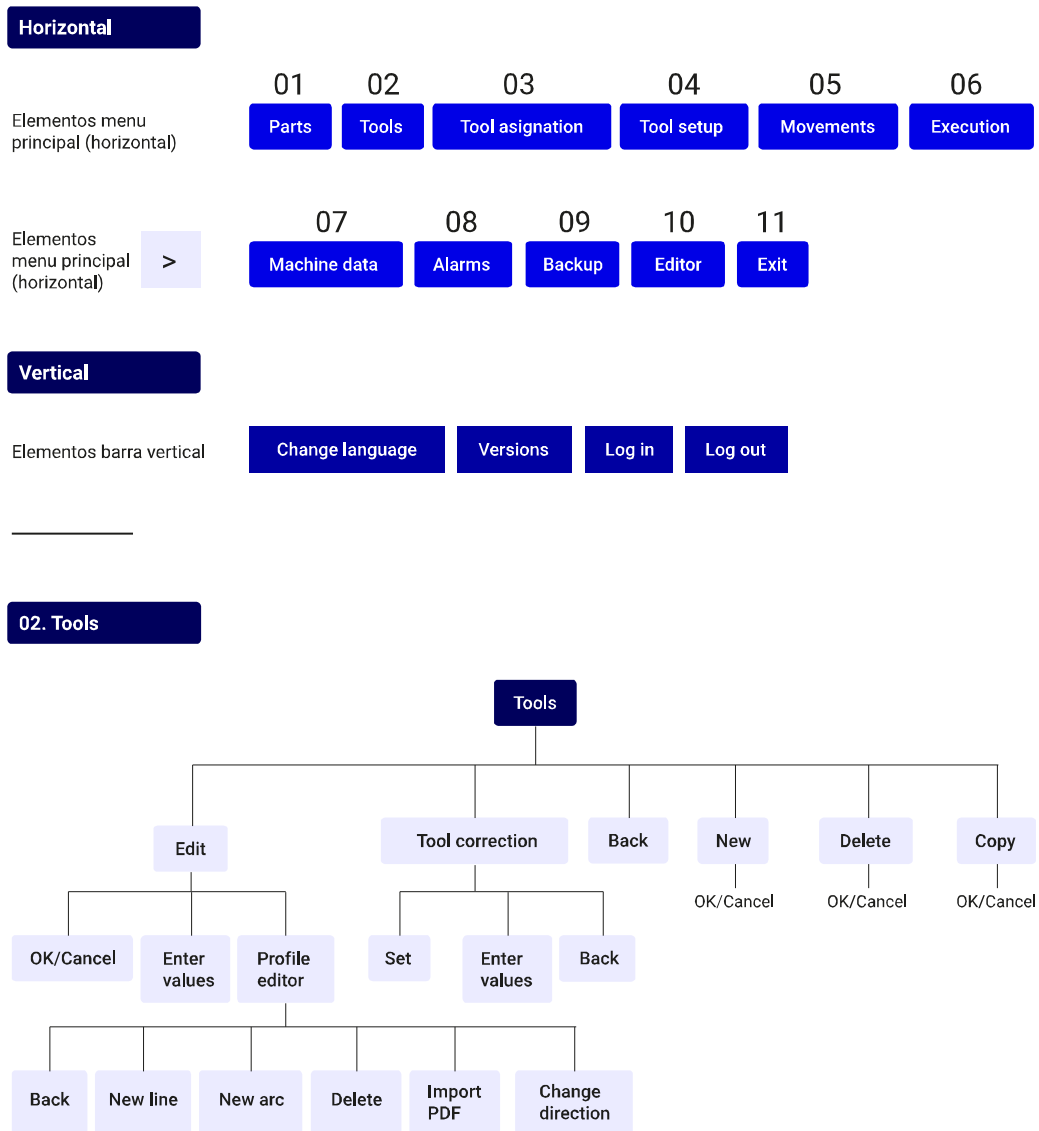
**Figura 29:** Resultado del cuestionario sobre el contexto del estudio

Los resultados muestran que es un entorno muy adecuado para la interacción, con una valoración personal del entorno físico muy alto (79 de 84). Además, los productos coexistentes empleados tienen una muy buena valoración (7 de 7). En cuanto al

### 3. Desarrollo y validación del método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer

Macro UX, se ve que los usuarios conocen la marca de Danobatgroup, y tienen una buena referencia sobre ella (valoración 76 de 91). Del mismo modo, la valoración del entorno social es muy elevada (7 de 7). Todos estos datos confirman que el contexto de la interacción es muy adecuado y que presumiblemente tendrá una influencia positiva en la experiencia.

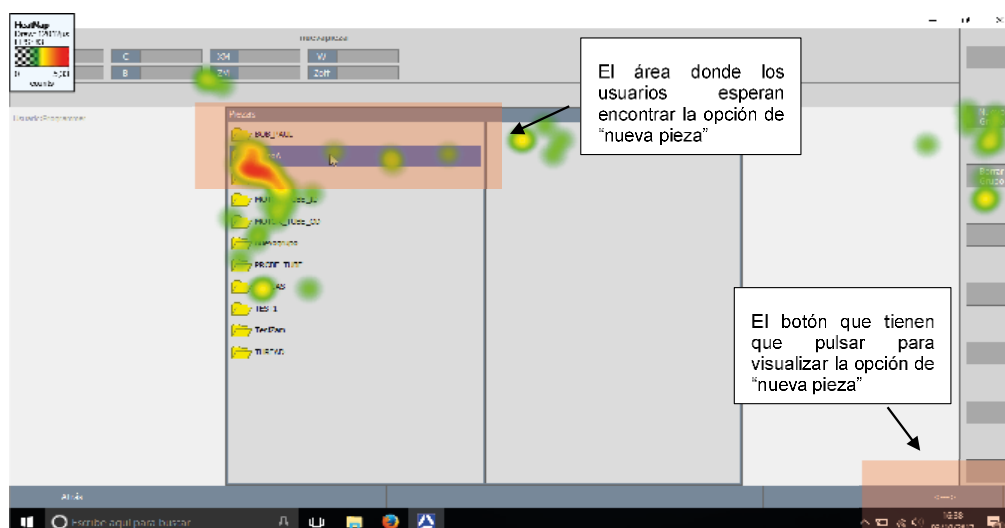
Para finalizar la primera fase, se realizó el análisis de las funcionalidades del software DoGrind, describiendo su arquitectura de la información (Figura 30).



**Figura 30:** Fragmento de la visualización de la arquitectura de la información de DoGrind

En cuanto a la segunda fase, durante la realización de la tarea en DoGrind, se identificaron 12 patrones críticos. Uno de los errores identificados, cometido por todos los participantes, se describe y visualiza a continuación (Figura 31).

### 3. Desarrollo y validación del método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer



**Figura 31:** Visualización de uno de los factores críticos detectados en la evaluación de DoGrind

Los usuarios tienen que crear una nueva pieza dentro de un grupo ya creado. Para ello, intentan hacer clic en el grupo esperando una reacción en la pantalla que le permita crear una nueva pieza. Sin embargo, la pantalla sigue siendo la misma. De media, los usuarios pasan un minuto sin poder progresar hasta que el equipo de evaluación le indica los pasos a seguir. Para crear una nueva parte, tienen que hacer clic primero en el grupo requerido y luego en el botón de la parte inferior derecha (indicado con el cuadrado rojo) para cambiar las opciones de la columna derecha de "nuevo grupo" a "nueva pieza". Como muestra el mapa de calor (Figura 31), ese no es el procedimiento que el usuario espera, toda la atención se centra en el grupo requerido y la posible reacción al hacer clic en él, pero el botón de la parte inferior derecha no ha sido visto en ningún momento. Gracias a esta visualización, se puede deducir que, por un lado, el procedimiento actual no está funcionando y, por otro, cuál podría ser el procedimiento que el usuario espera, es decir, la posible solución para el problema.

Además, las respuestas emocionales de los participantes fueron recogidas cualitativamente por la observación del evaluador. Por ejemplo, durante esta tarea los usuarios experimentaron momentos de estrés y frustración que afectaron negativamente a su experiencia.

En cuanto a la evaluación de DoGrind 2.0, sólo se detectaron 4 factores críticos. Los usuarios aún tenían problemas para identificar los botones "Nuevo grupo" e "Inicio". Además, tuvieron dificultades para el uso de las opciones de desplazamiento vertical y casi todos los usuarios mencionaron que el tamaño del teclado era demasiado

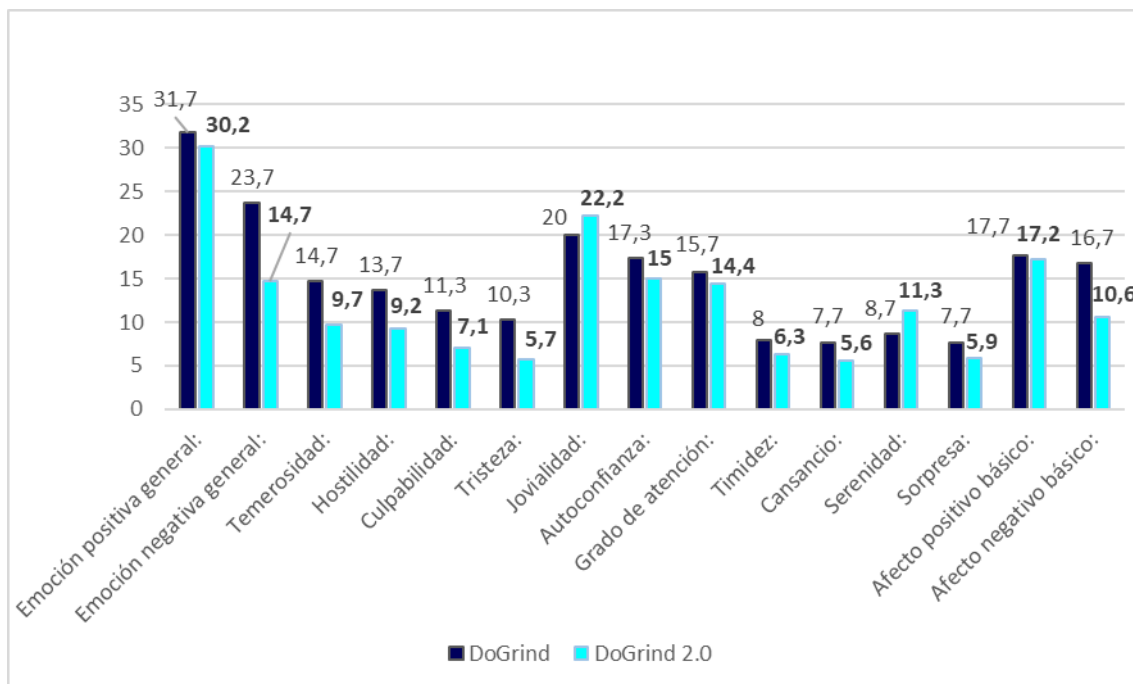


pequeño para introducir los parámetros. Sin embargo, los 12 factores identificados en la evaluación de DoGrind fueron resueltos satisfactoriamente.

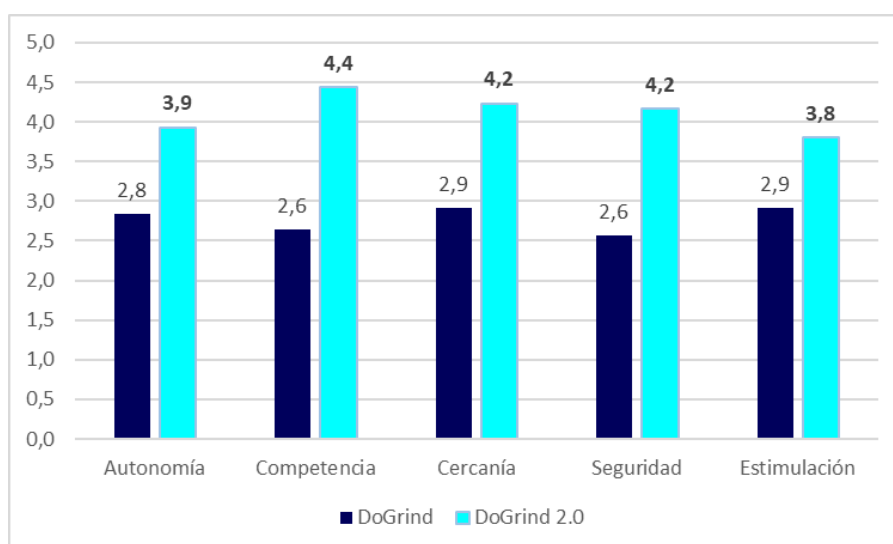
Por último, en la tercera fase los usuarios evaluaron su experiencia respondiendo a los cuestionarios del PANAS-X (Figura 32) y el cumplimiento de los objetivos de motivación (Figura 33).

En los resultados de PANAS-X se observa que los valores de las emociones positivas y el afecto positivo prevalecen sobre los negativos tanto en DoGrind como en DoGrind 2.0. De hecho, los valores de las emociones positivas y del afecto positivo son muy similares en ambos casos. Sin embargo, el valor de las emociones negativas y el afecto negativo han disminuido significativamente con DoGrind 2.0. Presumiblemente, gracias a la mejora de los factores críticos detectados en la primera evaluación. Además, las emociones negativas como la hostilidad, la tristeza o la culpa también han disminuido, mientras que las emociones positivas como, por ejemplo, la jovialidad y la serenidad aumentaron.

En lo que respecta al cumplimiento de las motivaciones, los valores de autonomía, competencia, seguridad, cercanía y estimulación aumentaron sustancialmente con DoGrind 2.0 (Figura 33). En DoGrind, el cumplimiento no superó el valor de tres, mientras que con la nueva versión el cumplimiento de las cinco motivaciones fue de alrededor de 4 puntos.



**Figura 32:** Comparativa de los resultados del cuestionario PANAS-X en DoGrind y DoGrind 2.0



**Figura 33:** Comparativa de los resultados del cuestionario del cumplimiento de las motivaciones en DoGrind y DoGrind 2.0

Finalmente, los resultados de la evaluación de las tres fases de la experiencia se recogieron en una visualización gráfica. Esta visualización se divide en tres partes principales, según cada fase. Los resultados de la fase durante se muestran en una línea cronológica, similar a un customer journey map (Nenonen et al., 2008). Este mapa muestra las principales acciones de los usuarios durante la ejecución de la tarea, la pantalla en la que se realizan, la información de la monitorización mediante el eye-tracker, el tiempo necesario para completarlas y las emociones que estas cuestiones evocan en los usuarios. Esta visualización facilita la comunicación de los problemas críticos identificados durante la experiencia. La visualización de parte de los resultados de la fase “Durante” se puede ver en los anexos (apartado 8.2 Figura 50).

### 3.2.6 Conclusiones

Los resultados del estudio MHLAB I han mostrado que el método XC permite realizar una evaluación holística de las cualidades pragmáticas y experienciales de la interacción con la interfaz industrial, validando así la primera hipótesis de la investigación y cumpliendo el primer objetivo. Por un lado, la fase previa ha permitido analizar la persona usuaria del estudio, para poder conocer aspectos como conocimientos y experiencias previas, la familiarización tecnológica o sus intereses y valores. Además, se ha logrado evaluar el contexto del estudio, recogiendo la valoración del usuario sobre el mismo y la posible influencia que pueda tener en la experiencia. Finalmente, ha permitido analizar las funcionalidades y arquitectura de la información del software, para así conocer a fondo sus particularidades y características, lo cual es esencial para su adecuado posterior rediseño.

Por otro lado, la ejecución de las tareas ha permitido identificar 12 incidencias críticas en la primera evaluación y 4 en el rediseño, relacionadas con los problemas de usabilidad y respuestas emocionales críticas de los participantes. Asimismo, al registrar y visualizar estos problemas con la información adicional de la monitorización mediante el eye-tracker, ha facilitado la propuesta de nuevas soluciones y el rediseño posterior realizado. La observación de la ejecución de las tareas también ayudó a empatizar con los participantes y a comprender las emociones que sentían durante la experiencia. Por ejemplo, la observación mostró que, a partir de los 15 segundos, si los participantes no podían continuar con la tarea, empezaban a sentirse estresados y frustrados.

En lo que respecta la tercera fase de la evaluación, el cuestionario de motivaciones ha proporcionado información sobre la medida en que los participantes se han sentido autónomos, competentes, conectados al sistema, seguros y estimulados durante la interacción con el software. Como se puede observar en los resultados, los valores de estas cinco necesidades han aumentado considerablemente en la nueva versión, tal y como se suponía al haber mejorado los aspectos detectados en la evaluación anterior. Por consiguiente, se puede ver que, aun no pudiendo generalizar, el cuestionario permite reflejar la experiencia de los usuarios y mostrar resultados concluyentes sobre la forma en que un proceso de evaluación y rediseño con el XC puede ayudar a mejorar la experiencia de los operarios.

Asimismo, se han podido recoger las respuestas emocionales de los usuarios después de la interacción. Los resultados del PANAS-X mostraron cómo las emociones negativas y el afecto disminuyeron con DoGrind 2.0, y aspectos como la jovialidad y la serenidad aumentaron. Aun así, los valores de las emociones positivas y el afecto positivo apenas cambiaron. Sin embargo, hay que señalar que, en una experiencia, y especialmente en ambientes de trabajo, no se trata sólo de aumentar las emociones positivas, sino también de disminuir las negativas. Para ello es fundamental evaluar por separado las emociones positivas y las negativas (Hassenzahl et al., 2015), porque una experiencia con falta de emociones positivas no es necesariamente crítica, pero una experiencia con emociones negativas podría ser muy perjudicial para los operadores.

A pesar de posibilitar la identificación de la bajada de los valores negativos en el rediseño, se valora analizar en profundidad la adecuación de PANAS-X como herramienta para la evaluación de las emociones en la interacción con interfaces industriales para futuros casos de estudio. Por un lado, al estar orientado a cualquier tipo de experiencias, contiene un gran número de adjetivos que no están relacionados

### 3. Desarrollo y validación del método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer

con la experiencia en este tipo de entornos de trabajo, por lo que los usuarios han tenido dudas en sus valoraciones. Por otro lado, algunos de los valores emocionales resultantes no tenían demasiada relación con este tipo de experiencias, como es el caso de la culpabilidad, tristeza o timidez.

## Capítulo 4

# Desarrollo y validación de la herramienta de evaluación experta HEMEI

---



## **4 Desarrollo y validación de la herramienta de evaluación experta HEMEI**

---

En base a las oportunidades identificadas en el segundo capítulo y con el fin de cumplir con el segundo objetivo de la investigación se ha desarrollado una nueva herramienta de evaluación experta para la UX en la interacción con interfaces industriales. Puesto que, tal y como se expone en las conclusiones del estado del arte, se detecta la oportunidad de crear una herramienta ágil y económica para proyectos donde las empresas tengan limitaciones de testear con usuarios o tiempos ajustados para su aplicación.

Ante esta necesidad, se ha creado la herramienta experta HEMEI, una herramienta que define los aspectos que las aplicaciones industriales deberían cumplir para que los operarios tengan una experiencia positiva durante su interacción.

En este capítulo, se describen los aspectos de evaluación que componen la herramienta y se muestra el criterio empleado para su definición. Además, se presenta el procedimiento propuesto para el uso e integración de la herramienta en los procesos de diseño y desarrollo de interfaces de las empresas manufactureras.

Por último, se muestra el caso de estudio ejecutado para la validación de la herramienta HEMEI. El caso se ha desarrollado con la empresa Danobat para la evaluación del software DoGrind y han participado diseñadores y desarrolladores tanto externos como internos de la propia empresa.

### **4.1 DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA EXPERTA HEMEI**

La nueva herramienta HEMEI se basa en la definición de una serie de aspectos o principios para la evaluación de las interfaces industriales desde la perspectiva experta. La herramienta permite evaluar las interfaces tomando en cuenta tanto los aspectos pragmáticos como los experienciales de la interacción.

#### **4.1.1 Criterios para la definición de aspectos de HEMEI**

La singularidad de las interfaces industriales y la falta de referencias previas de este tipo de herramientas para este campo, hace que se tenga que trabajar la definición de los aspectos de evaluación en su totalidad. Por ello, en la herramienta HEMEI se han

definido nuevos aspectos de evaluación, definidos bajo tres criterios principales: (i) heurísticos de usabilidad, (ii) las motivaciones o necesidades psicológicas y (iii) experimentaciones previas y entrevistas con operarios.

##### 4.1.1.1 Heurísticos de usabilidad

Se han definido aspectos basados en el trabajo de Lasa et al. (2017), donde un equipo multi-disciplinar de diseñadores, desarrolladores y profesionales de empresa define un total de 194 sub-heurísticos para la evaluación de la usabilidad de las interfaces digitales. Dichos sub-heurísticos están basados en los diversos estudios y de la propia experiencia de los profesionales participantes en el trabajo.

En la nueva herramienta HEMEI, se han empleado algunos de los sub-heurísticos precisados en el trabajo de Lasa et al. (2017), pero adaptándolos a las características y particularidades de las interfaces industriales.

##### 4.1.1.2 Necesidades psicológicas

Tal y como se ha definido en el método XC, para poder evaluar la experiencia de la interacción de forma holística, además de los aspectos pragmáticos relacionados con la funcionalidad y usabilidad, es necesario evaluar desde la perspectiva experiencial. Para ello, al igual que en el método XC, la herramienta HEMEI se basa en el cumplimiento de las motivaciones. La nueva herramienta define aspectos de la interacción relacionados con el nivel del cumplimiento de las motivaciones. Para la definición de dichos aspectos, se ha tomado como referencia los factores definidos en la Figura 25.

##### 4.1.1.3 Experimentaciones previas y entrevistas con operarios

Se han integrado los factores determinantes identificados en experimentaciones previas de evaluaciones de la experiencia en las interfaces industriales. Asimismo, se han realizado entrevistas con 3 operarios experimentados en interfaces industriales, con el fin de detectar experiencias críticas en su día a día en la interacción con la máquina y la causa de ellas, para así completar la herramienta HEMEI.

#### **4.1.2 Descripción y contenido de la herramienta HEMEI**

Mediante los tres criterios mencionados, se han descrito los aspectos pragmáticos y experienciales para la evaluación de las interfaces industriales. Dichos aspectos permiten seguir un método guiado durante la evaluación, lo cual facilita el proceso a los evaluadores. En total, se han definido 173 aspectos de evaluación, de los cuales 127 son de carácter pragmático y 46 experienciales. A su vez, partiendo del análisis



de los criterios mencionados, los aspectos de evaluación se han dividido en 7 categorías, en base a las funcionalidades principales de las interfaces industriales. Éstas son las categorías definidas: (i) Navegación, (ii) Introducción de parámetros, (iii) Ejecución, (iv) Gestión de ficheros, (v) Diagnóstico, (vi) GUI y (vii) General. Mediante esta clasificación en categorías, se pretende agilizar el proceso de evaluación de la herramienta, para que el evaluador solo tenga que centrarse en los aspectos de la/s funcionalidad/es relacionadas con la aplicación en cuestión.

Para completar la evaluación de la herramienta HEMEI, se proponen seleccionar primero las categorías relacionadas con las funcionalidades de la aplicación a evaluar. Posteriormente, se propone que ejecuten una serie de tareas para poder conocer mejor la aplicación y empatizar con el rol de usuario, tal y como proponen Lallemand et al. (2014). Una vez ejecutadas las tareas irán respondiendo cada uno de los aspectos descritos en cada categoría bajo los términos “Sí”, “No” y “No procede”. Esta última opción está dirigida a los casos donde dicho aspecto no pueda ser evaluada en la aplicación.

A continuación, se describen las categorías definidas y se listan como ejemplo algunos de los aspectos que la componen. Se puede ver la herramienta completa en los anexos (apartado 8.3).

#### 4.1.2.1 Navegación

Aspectos relacionados con la navegación entres los elementos y las pantallas de las interfaces industriales. 26 aspectos en total, de los cuales 19 son pragmáticos y 7 experienciales (Tabla 26).

**Tabla 26:** Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría Navegación

Navegación
<b>Aspectos pragmáticos</b>
El menú de navegación está presente en todas las pantallas.
El menú de navegación permite el acceso directo a las pestañas principales y con un único click (sin menú hamburguesa).
La aplicación es amplia y sencilla (muchos ítems en el menú) en vez de un menú profundo (con varios niveles).
<b>Aspectos experienciales</b>
La navegación entre pantallas resulta fluida y agradable
Puedo personalizar la manera de navegar y puedo adaptarla a mi manera de actuar.

#### 4. Desarrollo y validación de la herramienta de evaluación experta HEMEI

La navegación entre diferentes pantallas y elementos resulta estimulante.

##### 4.1.2.2 Introducción de parámetros

Aspectos relacionados a la introducción de los parámetros para la ejecución de las piezas. En total contiene 25 aspectos, de los cuales 18 son pragmáticos y 7 experienciales (Tabla 27).

**Tabla 27:** Ejemplos de algunos aspectos de evaluación de la categoría Introducción de Parámetros

<b>Introducción de parámetros</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
Facilitar el proceso de introducción de parámetros (por ejemplo, permitir progresar de una casilla a otra mediante las flechas, sin tener que quitar y poner de nuevo el teclado digital).
Se muestran cuáles son los parámetros necesarios a rellenar, los ya rellenados y los que están inactivos.
Los parámetros están agrupados de manera lógica y cada grupo tiene un título descriptivo.
<b>Aspectos experienciales</b>
El sistema anticipa mis necesidades y facilita el proceso de introducción de parámetros.
Los términos empleados están adaptados a mis conocimientos y me siento capaz de rellenarlo.
Tengo la seguridad de que los parámetros se han guardado o enviado correctamente.

##### 4.1.2.3 Ejecución

Aspectos relacionados con la muestra la información del estado de la ejecución de la máquina. Contiene 13 aspectos, 7 pragmáticos y 6 experienciales (Tabla 28).

**Tabla 28:** Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría Ejecución

<b>Ejecución</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
Mostrar de forma más clara posible el estado de la ejecución.
Facilitar diferentes visualizaciones.
Ofrecer toda la información necesaria para mantener el control de la máquina y el proceso.
<b>Aspectos experienciales</b>
Siento la seguridad de que la pieza se está ejecutando correctamente.
La pantalla de ejecución incita a acceder a la información mostrada.
La pantalla e información mostrada me resulta atractiva.

#### 4. Desarrollo y validación de la herramienta de evaluación experta HEMEI

##### 4.1.2.4 Gestión de ficheros

Aspectos relacionados con la gestión de ficheros como las piezas, herramientas u operaciones. Esta categoría está formada por 28 aspectos, de los cuales 20 son pragmáticos y 8 experienciales (Tabla 29).

**Tabla 29:** Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría Gestión de Ficheros

<b>Gestión de ficheros</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
Facilita la creación y edición de ficheros mediante procesos intuitivos y con el mínimo de clicks (con botones que destaquen en la interfaz y pensados para ejecutarlos de la forma más rápida).
Mantiene un mismo procedimiento para la creación y edición de ficheros (mostrar de la misma manera los elementos como nuevo grupo, editar pieza, abrir herramienta, etc.).
El feedback informa cuando una acción está en proceso y cuando ha sido realizado con éxito o no.
<b>Aspectos experienciales</b>
Puedo gestionar los ficheros/elementos a mi manera (favoritos en una lista de elementos, etc.).
Siento que el sistema me facilita el proceso de creación/edición adaptándose a mi modo de uso.
Muestra visualizaciones que además de facilitar el proceso estimulan al usuario.

##### 4.1.2.5 Diagnóstico

Aspectos relacionados con la muestra de alarmas, errores y mantenimiento de la máquina. Contiene 19 aspectos, 12 pragmáticos y 7 experienciales (Tabla 30).

**Tabla 30:** Aspectos de evaluación en la categoría Diagnóstico

<b>Diagnóstico</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
Las alarmas o mensajes de error indican cuál es el motivo del error.
La notificación ofrece la oportunidad de acceder a más información u ocultarla momentáneamente.
La ayuda provee instrucciones paso a paso que ayudan a los usuarios a llevar cabo las tareas más importantes.
<b>Aspectos experienciales</b>
La alarma llama la atención y consigue que me dé cuenta que algo ha ocurrido.
El mensaje me aporta seguridad y reduce la sensación de inquietud y nerviosismo.
Soy capaz de entender la causa del problema y sé cómo solucionarlo.

#### 4.1.2.6 GUI

Aspectos relacionados con la interfaz gráfica de la aplicación, como la estética y la visualización del contenido. Reúne un total de 44 aspectos, de los cuales 37 son pragmáticos y 7 experienciales (Tabla 31).

**Tabla 31:** Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría GUI

GUI
<b>Aspectos pragmáticos</b>
La estética corresponde a los objetivos, características, contenidos y servicios de la aplicación.
La estética se mantiene de forma consistente en la aplicación.
Los elementos con el mismo objetivo mantienen el mismo funcionamiento y estética durante todas las pantallas.
<b>Aspectos experienciales</b>
La aplicación me resulta atractiva.
Las visualizaciones me resultan estimulantes e incitan a conocer más sobre ellos.
La visualización del contenido trata de facilitar mis tareas y ejecutarlas sin la ayuda de los demás.

#### 4.1.2.7 General

Aspectos generales de la interacción con interfaces industriales, dirigidos a cualquier tipo de aplicación. En esta categoría se recogen 19 aspectos, 14 pragmáticos y 5 experienciales (Tabla 32).

**Tabla 32:** Ejemplo de algunos aspectos de evaluación en la categoría General

General
<b>Aspectos pragmáticos</b>
La confirmación del usuario es requerida antes de llevar a cabo acciones potencialmente peligrosas (borrar algo).
La terminología es consistente en el uso de la aplicación.
Los diferentes usuarios tienen accesos diferentes (por ejemplo, si hay usuarios responsables del mantenimiento de la máquina).
<b>Aspectos experienciales</b>
Siento seguridad durante la ejecución de tareas mediante feedbacks continuos tras realizar mis acciones.
Me siento capaz y cualificado de ejecutar las tareas y las ejecuto de forma intuitiva.
Se emplea un lenguaje cercano y el sistema trata de ayudarme y anticiparse a mis necesidades.

## **4.2 CASO DE ESTUDIO MHLAB II PARA LA VALIDACIÓN DE HEMEI**

El objetivo del estudio es validar la herramienta HEMEI para la evaluación de la experiencia de usuario en las interfaces industriales, valorando aspectos tanto pragmáticos como experienciales. De esta manera, se valorará si se cumple con la segunda hipótesis de la investigación.

### **4.2.1 Procedimiento**

El caso de estudio se ha realizado de forma remota y cada participante ha ejecutado la evaluación de forma autónoma. Para ello, se ha descrito a cada participante el procedimiento del caso de estudio y los recursos necesarios. Los participantes han procedido a la evaluación de los aspectos únicamente de las categorías indicadas para la aplicación a evaluar. Durante el proceso, los participantes han podido interactuar con la aplicación. Finalmente, se han recogido las evaluaciones para su posterior análisis de los resultados.

### **4.2.2 Software evaluado**

Se ha analizado la interfaz de DoGrind (Figura 26), al igual que en el caso de estudio MHLAB I. En este caso la evaluación se ha realizado mediante una aplicación simulada del software, por lo que algunas de las funcionalidades del DoGrind han sido limitadas. Al no estar conectada a la máquina, los datos de ejecución y las alarmas no se han podido visualizar.

### **4.2.3 Contexto del estudio**

Aunque la aplicación evaluada originalmente está destinada a las interfaces propias de las máquinas, con el fin de facilitar el proceso de evaluación, se ha empleado una aplicación simulada para su uso en PC. Por lo tanto, la evaluación no se ha realizado en contexto real de fabricación, sino que se ha ejecutado en las oficinas tanto externas como internas de la empresa.

### **4.2.4 Participantes**

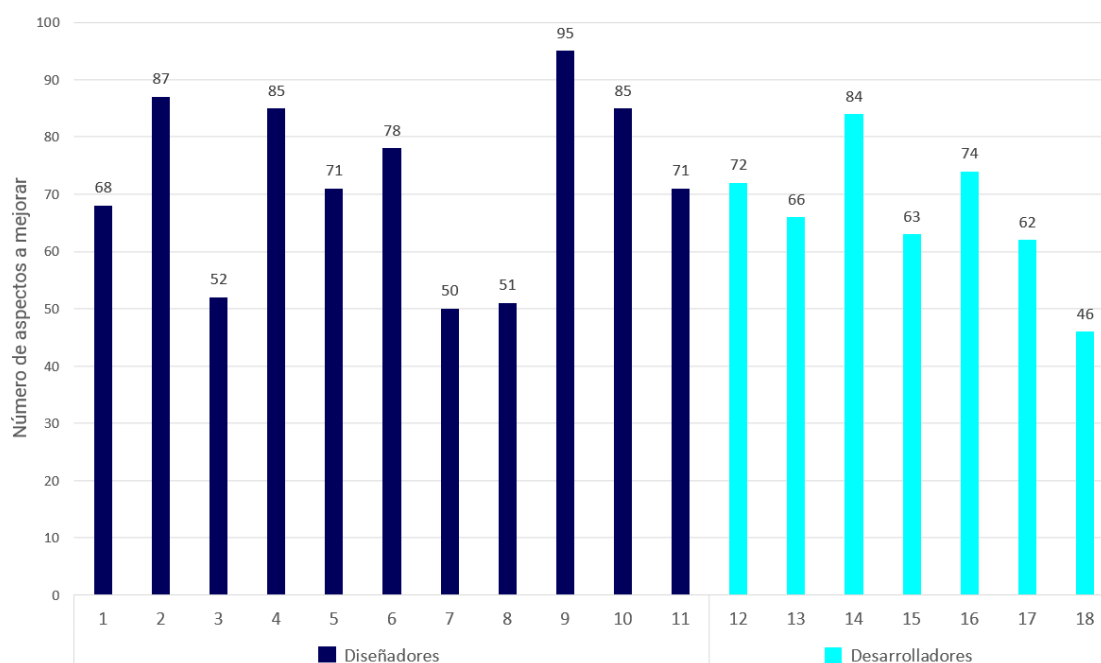
La herramienta HEMEI está orientada a diseñadores y programadores de interfaces digitales, que puedan ser partícipes de un proceso de diseño y desarrollo de un software industrial. Partiendo de esta premisa, este estudio se ha procedido con 18 participantes (50% hombres y 50% mujeres) de los siguientes dos perfiles: diseñadores UX (N=11) y desarrolladores de software (N=7).

### 4.2.5 Metodología

En la evaluación del software DoGrind, de las 7 categorías propuestas, debido a sus funcionalidades específicas se han empleado las siguientes 5 categorías: General, Navegación, Gestión de ficheros, Introducción de parámetros y GUI. Por lo tanto, se ha evaluado un total de 141 aspectos, de los cuales 108 son pragmáticos y 33 experienciales.

### 4.2.6 Resultados

Los participantes, bajo el rol de evaluadores, han sido capaces de detectar, de media, un total de 70 aspectos a mejorar ( $s=14$ ). De los 18 participantes, todos ellos han sido capaces de detectar un mínimo de 46 aspectos a mejorar, tal y como se refleja en la Figura 34 .



**Figura 34:** Resultado del número de aspectos a mejorar detectados por los diseñadores y por los desarrolladores

Entre los participantes del perfil de diseñador, la media de aspectos a mejorar detectados es mayor ( $\bar{x}=72$ ) en comparación con los desarrolladores ( $\bar{x}=67$ ). Sin embargo, la desviación entre los diseñadores ( $s=16$ ) es también mayor que entre los desarrolladores ( $s=12$ ).

En cuanto al carácter de los aspectos, se puede observar que, de media, los participantes han considerado que la aplicación no cumple con 46 de los 108 aspectos pragmáticos (42%). Respecto a los aspectos experienciales, los participantes han

considerado que 24 de los 33 aspectos experienciales deben mejorar (74%). Entre los dos perfiles, los diseñadores han detectado de media 47 aspectos pragmáticos ( $s=12,2$ ) y 25 aspectos experienciales ( $s=4,7$ ). Los desarrolladores, en cambio, han identificado 43 aspectos pragmáticos ( $s=8,6$ ) y 23 experienciales ( $s=3,6$ ).

Por último, las mujeres, de media, han identificado más aspectos a mejorar ( $\bar{x}=74$ ) en comparación con los hombres ( $\bar{x}=66$ ).

#### **4.2.7 Conclusiones**

Como se ha podido observar en los resultados, mediante la herramienta HEMEI, todos los participantes han sido capaces de detectar un número significativo de aspectos (70 aspectos de media, 46 aspectos como mínimo) que se deberían mejorar en la aplicación evaluada.

En cuanto a los perfiles del estudio, la media de aspectos identificados de los diseñadores y desarrolladores ha sido muy similar (diseñadores  $\bar{x}=72$ ; desarrolladores  $\bar{x}=67$ ), lo cual muestra que la herramienta está adaptada a los conocimientos de ambos perfiles y que no se emplea un lenguaje dirigido a perfiles muy concretos. Sorprendentemente, a pesar de ser una herramienta basada en los conocimientos del diseño, la desviación entre los desarrolladores ha sido menor, lo cual parece indicar que se ajusta correctamente a sus perspectivas a la hora de evaluar.

Por otro lado, los resultados muestran que casi la mitad de los aspectos pragmáticos (42%) y el 75% de los experienciales deben ser mejorados. Por lo tanto, se puede concluir que la aplicación DoGrind cumple mejor con los aspectos funcionales y de usabilidad que con los experienciales. De hecho, el número tan bajo de aspectos experienciales valorados positivamente manifiesta de forma significativa la necesidad de mejorar la aplicación y la experiencia que genera a los usuarios.

En cuanto al género, a pesar de que la media de aspectos identificados de las mujeres ha sido mayor ( $\bar{x}=74$ ) que la de los hombres ( $\bar{x}=66$ ), únicamente una de las mujeres pertenecía al perfil de los desarrolladores. Por tanto, no se pueden extraer conclusiones significativas sobre el género, ya que puede estar influenciado por el perfil.

Durante el proceso de evaluación, los participantes no han tenido mayores dificultades a la hora de comprender los aspectos definidos. Aunque, en ocasiones, identificar los elementos necesarios para evaluar algunos de los requisitos les ha resultado costoso.

En lo que se refiere a la herramienta, se puede deducir tras el estudio ejecutado que permite evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con

interfaces industriales desde la perspectiva experta, validando así la segunda hipótesis de la investigación y cumpliendo el segundo objetivo. Se ha concluido que posibilita ejecutar evaluaciones rápidas y que implican pocos recursos en comparación con herramientas habituales centradas en los usuarios. Estas últimas requieren sesiones individualizadas con diferentes participantes y el posterior análisis de cada uno de ellos, lo cual exigiría un aumento significativo del tiempo de ejecución, en comparación con una evaluación única llevada a cabo por el propio equipo. Por consiguiente, la herramienta HEMEI se ajusta adecuadamente a los requisitos definidos por Väänänen-Vainio-Mattila et al. (2008), sobre cómo aplicar herramientas de evaluación en el sector industrial.

No obstante, se ha observado que los participantes han tenido que ser informados acerca de las categorías que debían tener en cuenta para la evaluación del software. No han sabido identificar qué funcionalidades exactamente estaban relacionadas con la aplicación. Asimismo, en ocasiones no sabían cómo valorar el cumplimiento de los aspectos, y si debían valorar con un “Sí” o un “No”, puesto que había veces que los aspectos se cumplían a medias.

En consecuencia, se ha decidido redistribuir los aspectos de evaluación y reconsiderar cómo establecer el modo de evaluación para evitar las dudas que tuvieron los participantes del caso de estudio a la hora de evaluar si los aspectos se cumplían o no. Por ello, se ha creado una nueva versión de la herramienta HEMEI.

#### **4.2.8 Nueva versión de la herramienta HEMEI**

En la nueva versión de la herramienta, con el objetivo de facilitar la identificación de los aspectos necesarios a evaluar en cada aplicación, se han redistribuido las categorías. Se ha decidido que, en vez de dividir por las funcionalidades, se agrupen los aspectos para cada tipo de aplicación. De esta manera, se han diferenciado 6 categorías, una categoría general y 5 categorías que están orientadas cada una a un tipo de aplicación. Éstas son las 6 nuevas categorías definidas: (i) General, (ii) Planning, (iii) Setup, (iv) Operation, (v) Monitoring y (vi) Support and Maintenance.

Por otro lado, se ha decidido cambiar las opciones de evaluación anteriores de “Sí”, “No” y “No procede”. Se ha concluido que el objetivo de la herramienta debe ser identificar aspectos que deben ser mejorados en una futura nueva versión y no establecer una calificación a la aplicación. Por tanto, aunque el software en gran parte cumpla con el aspecto evaluado, si existe un elemento que genere dudas y se entiende que podría ser mejorado, debe ser anotado. Por ello, se ha reemplazado las opciones “Sí”, “No” y “No procede” por una única variable: “Aspecto a mejorar”. Esta



#### 4. Desarrollo y validación de la herramienta de evaluación experta HEMEI

variable contiene un check donde el evaluador deberá clickar siempre que exista algún condicionante que influya en el cumplimiento del aspecto. Además, se ha añadido un espacio para escribir comentarios sobre la evaluación de cada aspecto.

Finalmente, se han reformulado ciertos aspectos de evaluación, eliminando algunos de ellos y definiendo nuevos aspectos, en base a las observaciones realizadas en el caso de estudio MHLAB II. De esta manera, se han formulado en total 199 aspectos de evaluación, de los cuales 134 son de carácter pragmático y 65 experienciales. En la siguiente Tabla 33 podemos observar la comparativa con las diferencias entre la versión 1 y la versión 2 de la herramienta, en cuanto a las categorías que proponen, el número de aspectos pragmáticos y experienciales a evaluar y el criterio empleado para su evaluación.

**Tabla 33:** Comparativa entre la versión 1 y la versión 2 de HEMEI

Herramienta	Categorías	Aspectos pragmáticos	Aspectos experienciales	Criterios de evaluación
HEMEI versión 1	1. Navegación 2. Introducción de parámetros 3. Ejecución 4. Gestión de ficheros 5. Diagnóstico 6. GUI 7. General	127	46	- "Sí"; "No"; "No procede"
HEMEI versión 2	1. General 2. Planning 3. Setup 4. Operation 5. Monitoring 6. Support and Maintenance	134	65	- "Aspecto a mejorar"

A continuación, se describe cada categoría, y se listan algunos de los aspectos como ejemplo. Cabe destacar que únicamente se recogen algunos de los aspectos de evaluación y divididos bajo las agrupaciones de aspectos pragmáticos y experienciales. En la versión real no se realiza dicha división, y tal y como se ha mencionado anteriormente, cada aspecto iría acompañado con un espacio para indicar si debe ser mejorado o no y para escribir algún comentario al respecto. Se puede ver la versión completa de la herramienta en los anexos (apartado 8.4).

#### 4.2.8.1 General

Como en la versión anterior, en esta categoría se recogen los aspectos relevantes para cualquier tipo de aplicación. Por lo que los aspectos de esta categoría siempre deben ser evaluados sea cual sea la aplicación. Contiene 59 aspectos de evaluación, 44 pragmáticos y 15 experienciales (Tabla 34).

**Tabla 34:** Aspectos de evaluación de la categoría General en la nueva versión de HEMEI

Aspectos generales
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. El menú de navegación está presente en todas las pantallas.
2. La aplicación es amplia y sencilla en vez de un menú profundo (con varios niveles).
3. Las pantallas facilitan a los usuarios la realización de acciones frecuentes (atajos o elementos que destaquen, por ejemplo, para crear una nueva herramienta).
<b>Aspectos experienciales</b>
1. Puedo personalizar la manera de navegar y puedo adaptarla a mi modo de actuar.
2. La navegación y el modo de en el que se interactúa está adaptada a los hábitos y tareas del usuario.
3. Puedo ejecutar las tareas de forma autónoma sin ayuda de otros porque el software me aporta la ayuda necesaria.

#### 4.2.8.2 Planning

En esta categoría se recogen los aspectos relacionados con aplicaciones para la planificación de tareas. Contiene 28 aspectos en total, 18 pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 35).

**Tabla 35:** Aspectos de evaluación de la categoría Planning en la nueva versión de HEMEI

Aspectos Planning
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. Facilita la creación y edición de ficheros mediante procesos intuitivos y con el mínimo de clicks (con botones que destaquen en la interfaz y pensados para ejecutarlos de la forma más rápida).
2. El feedback informa cuando una acción está en proceso y cuando ha sido realizado con éxito o no.
3. Muestra previsualización de la información de la tarea para entender el estado general de las tareas/eventos/alarmas.
<b>Aspectos experienciales</b>
1. La aplicación se anticipa a mis necesidades y ofrece información predeterminada en base a mis acciones anteriores o hábitos.
2. Emplea mensajes con lenguaje cercano y siento que trata de ayudarme durante el proceso de

4. Desarrollo y validación de la herramienta de evaluación experta HEMEI

creación y edición de tareas/eventos/alarmas.
3. Tengo el control completo del estado en el que se encuentran todas las tareas/eventos/alarmas.

4.2.8.3 Setup

En esta categoría se agrupan los aspectos relacionados con las aplicaciones para edición y configuración de las piezas, herramientas u operaciones. Se listan 41 aspectos, de los cuales 31 son pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 36).

**Tabla 36:** Aspectos de evaluación de la categoría Setup en la nueva versión de HEMEI

Aspectos Setup
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. Previsualiza información sobre el elemento de la lista, para poder ver su información sin tener que acceder al elemento.
2. Se muestran cuáles son los parámetros necesarios por rellenar, los ya rellenados y los que están inactivos.
3. Muestra un feedback al introducir un parámetro erróneo, indicando su motivo y proponiendo una solución.
<b>Aspectos experienciales</b>
1. El sistema me ofrece la ayuda/información necesaria para la edición de operaciones/herramientas/programas de forma independiente.
2. El proceso de edición e introducción de parámetros resulta fluido y puedo finalizar el proceso de forma rápida y eficaz.
3. Durante la edición muestra visualizaciones gráficas que además de facilitar el proceso me estimulan.

4.2.8.4 Operation

En esta categoría se agrupan los aspectos relacionados con las aplicaciones de ejecución y donde se realizan las acciones respectivas a la producción de piezas. Se recogen en total 24 aspectos, 14 pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 37).

**Tabla 37:** Aspectos de evaluación de la categoría Operation en la nueva versión de HEMEI

Aspectos Operation
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. Muestra de forma más clara posible el estado de la ejecución.
2. Categoriza la información de más a menos importante (que lo que más llame la atención sea lo más importante, que no sea una visualización plana y sin contrastes).
3. Muestra atajos desde la pantalla para editar elementos que formen parte del proceso de ejecución.
<b>Aspectos experienciales</b>

#### 4. Desarrollo y validación de la herramienta de evaluación experta HEMEI

1. La edición de los procesos de producción está adaptada a mis conocimientos y puedo realizarla sin ayuda de otros.
2. Me siento capaz de comprender la información y entender el estado de la ejecución a primera vista y con facilidad.
3. Tengo el control sobre el estado de la ejecución y la aplicación me aporta ayudas/información que hacen sentirme seguro de que la pieza se ejecutará correctamente.

##### 4.2.8.5 Monitoring

Esta categoría está dirigida a las aplicaciones relacionadas con la monitorización de la máquina y la visualización de dicha información. Está formada por 25 aspectos de evaluación, de los cuales 15 son pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 38).

**Tabla 38:** Aspectos de evaluación de la categoría Monitoring en la nueva versión de HEMEI

<b>Aspectos de Monitoring</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. Las alarmas o mensajes de error indican cuál es el motivo del error y facilitan su arreglo.
2. La pantalla de errores tiene acceso a un apartado de ayuda.
3. Emplea gráficos e informaciones simplificadas, comprensibles a primera vista.
<b>Aspectos experienciales</b>
1. Puedo personalizar las visualizaciones de la monitorización y de las alarmas a mi manera.
2. Siento que el sistema trata de ayudarme con textos y visualizaciones informativas para comprender el estado de la monitorización.
3. Las visualizaciones de la monitorización resultan atractivas.

##### 4.2.8.6 Support and Maintenance

En esta última categoría se recogen los aspectos respectivos a las aplicaciones de mantenimiento de la máquina. Se listan 22 aspectos en total, 12 pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 39).

**Tabla 39:** Aspectos de evaluación de la categoría Support and Maintenance en la nueva versión de HEMEI

<b>Aspectos Support and Maintenance</b>
<b>Aspectos de evaluación</b>
1. Ofrece acceso a la ayuda ante dudas en el proceso.
2. Muestra procesos paso a paso para poder solucionar el problema.
3. Muestra un esquema general de las acciones sin realizar, las ya realizadas o las urgentes.

#### 4. Desarrollo y validación de la herramienta de evaluación experta HEMEI

<b>Aspectos experienciales</b>
1. El software me aporta la ayuda necesaria para poder realizar el mantenimiento por mi cuenta.
2. El software me aporta instrucciones necesarias para poder realizar el mantenimiento de forma rápida y eficaz.
3. El proceso de gestión de las tareas de mantenimiento resulta fluida y agradable.



## Capítulo 5

# Desarrollo y validación del modelo de trabajo DEMOX

---





## **5 Desarrollo y validación del modelo de trabajo DEMOX**

---

En este quinto capítulo se define el modelo de trabajo DEMOX que reúne el método XC centrado en el usuario y la herramienta experta HEMEI. El objetivo de este modelo es definir un procedimiento de evaluación y diseño para interfaces industriales para su integración en los procesos actuales de las empresas manufactureras.

Asimismo, se muestran dos casos de estudio para la validación del modelo. En el primer caso, se ha empleado el modelo DEMOX para un proceso de evaluación y rediseño de un software industrial llevado a cabo por un equipo externo a la empresa. De esta manera, se ha procedido al cumplimiento del tercer objetivo y a la validación de la tercera hipótesis de la investigación.

En el segundo caso de estudio, el objetivo reside en integrar el modelo en los procesos actuales de las empresas manufactureras. Para ello, se ha introducido en los procesos de las empresas de Danobatgroup, concretamente, en Danobat S.Coop., Soraluze S. Coop. e Ideko S. Coop. Diferentes trabajadores de dichas empresas han empleado el modelo para la evaluación de diferentes aplicaciones para interfaces industriales. Gracias a este estudio, se ha cumplido el cuarto objetivo y se ha validado la cuarta hipótesis de la investigación.

Finalmente, tras analizar los resultados de los casos de estudio, se muestran las conclusiones y se plantean las posibles líneas futuras del modelo de trabajo DEMOX.

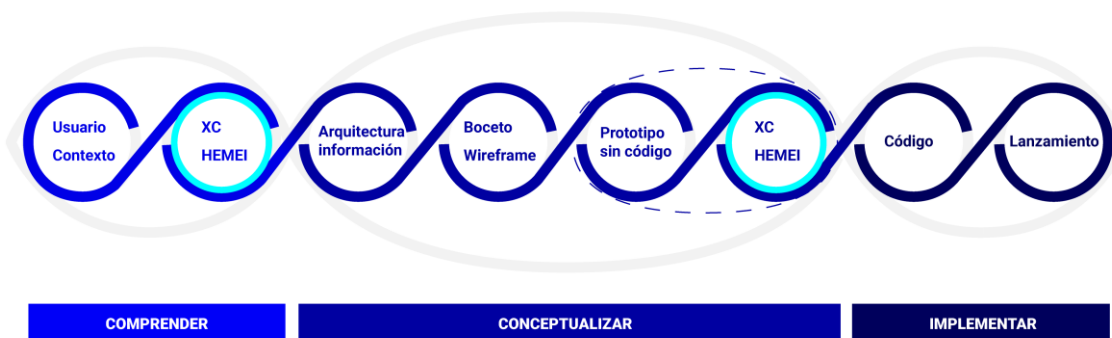
### **5.1 DESARROLLO DEL MODELO DE TRABAJO DEMOX**

Tal y como se ha mencionado en la introducción del capítulo, el modelo de trabajo DEMOX describe un procedimiento para la evaluación y el diseño de aplicaciones para interfaces industriales. El objetivo del modelo es facilitar la integración de métodos de diseño y evaluación en sus procesos actuales, para poder crear nuevas aplicaciones que generen experiencias positivas durante interacción con interfaces industriales, y así mejorar el bienestar y rendimiento en el trabajo de los operarios.

A continuación, se expone el procedimiento del modelo con los pasos principales a dar para los procesos de diseño y evaluación de interfaces industriales.

### 5.1.1 Procedimiento del modelo de trabajo DEMOX

El modelo de trabajo propone un procedimiento de diseño y evaluación de interfaces industriales basado en la metodología UCAD (Aranburu et al., 2017) y el nuevo método XC y herramienta HEMEI. El modelo propone un proceso basado en las necesidades psicológicas y pragmáticas de los operarios, con fases iterativas de diseñar, testear y evaluar. Asimismo, plantea su aplicación mediante equipos multidisciplinares, donde participen personas de diferentes perfiles y campos de conocimiento, incorporando incluso los propios usuarios en fases concretas. El procedimiento está dividido en tres fases principales: Comprender, Conceptualizar e Implementar (Figura 35).



**Figura 35:** Procedimiento de evaluación y diseño del modelo de trabajo DEMOX

#### 5.1.1.1 Comprender

El objetivo principal de esta primera fase es conocer la experiencia actual del entorno para el que se va diseñar la nueva interfaz. En el caso de ser un rediseño de una aplicación existente, analizar cómo es la experiencia de la interacción actualmente.

Para ello, inicialmente se propone analizar el contexto y los operarios usuarios de la aplicación a diseñar. La situación en la que se utiliza la aplicación es un factor determinante en la manera en la que se percibe la experiencia diseñada. Por tanto, antes de comenzar con evaluaciones en profundidad de la aplicación a rediseñar el equipo debe comprender el contexto en el que se emplea la aplicación y quiénes son sus usuarios habituales. El análisis del contexto se basa principalmente en conocer el entorno físico y la tecnología detrás de la aplicación. En cuanto al análisis de los usuarios, se trata de conocer sus modos de uso, habilidades y conocimientos, con el objetivo de entender a grandes rasgos cómo es la persona para la que se va a diseñar la aplicación.

Una vez realizado este primer análisis, se evalúa cómo es la experiencia en la interacción de los operarios con la aplicación. Para desarrollar esta evaluación, se

propone el uso de la herramienta basada en la perspectiva experta HEMEI y el método centrado en el usuario XC. El método y la herramienta ofrecen evaluaciones desde perspectivas diferentes. Por un lado, HEMEI ofrece la valoración del carácter intencionado del producto sobre los aspectos pragmáticos y experienciales, mediante un proceso ágil que exige pocos recursos y permite evaluar la aplicación en su totalidad. Por otro lado, el método XC permite evaluar el modo real de la manera en la que los operarios interactúan con la aplicación y su valoración posterior sobre cómo cumplen con las necesidades psicológicas. Aunque, exige un proceso que requiere más tiempo y recursos de ejecución. Mediante la combinación de la herramienta HEMEI y el método XC se consigue una evaluación complementaria que ofrece un análisis holístico de la experiencia actual.

No obstante, ante la realidad de muchos proyectos de las empresas manufactureras en cuanto a recursos y tiempo limitados, el modelo ofrece dos alternativas. Para los casos en los que el proyecto contemple plazos y recursos que lo permitan, el modelo propone realizar la evaluación desde ambas perspectivas. En cambio, para los casos con recursos y plazos más limitados se podría realizar la evaluación exclusivamente mediante la herramienta HEMEI.

Tras finalizar las evaluaciones se propone crear un informe donde se recoja la información identificada para poder contrastar con los demás miembros del proyecto sobre las acciones a realizar para el rediseño. Una de las ventajas principales que aportan estas evaluaciones es que hacen una especie de diagnóstico sobre la experiencia actual, y permiten implementar rediseños más o menos drásticos según los requerimientos y recursos de cada proyecto.

### 5.1.1.2 Conceptualizar

En esta segunda fase se trata de diseñar el concepto de la aplicación mediante un prototipo sin código. Para ello se proponen cuatro pasos principales: crear la arquitectura de la información, bocetar y definir los wireframes (esquemas de la disposición de los contenidos), elaborar el prototipo interactivo sin código y evaluar empleando de nuevo el método XC y la herramienta HEMEI.

La arquitectura de la información se basa en definir cómo se organiza el contenido de la aplicación, la navegabilidad y los diagramas de flujo sobre los pasos a dar para ejecutar las tareas principales. Posteriormente, se procede con el proceso de creación de bocetos y wireframes. Para realizar este paso se recomienda comenzar con bocetos a mano, donde se visualice la idea de forma conceptual y con pocos detalles, lo suficiente para poder dar a entender qué es lo que se quiere mostrar y cómo. De

esta manera, se pretende fomentar la participación de los diferentes participantes del equipo en la definición del contenido y la manera de mostrar en las funcionalidades deseadas en las diferentes pantallas de la aplicación.

Una vez contrastado el contenido, se realiza el prototipo visual sin código. Para este paso, se propone diseñar un prototipo navegable donde se muestra de forma visual y detallada lo definido en el paso anterior, con la posibilidad de que los usuarios puedan interactuar y así se pueda ejecutar la evaluación sobre la nueva propuesta.

Para realizar la evaluación, como en la primera fase, se ofrecen dos alternativas según la tipología del proyecto, la evaluación empleando únicamente la herramienta HEMEI y la evaluación completa utilizando también el método XC. Durante este paso se recomienda un proceso iterativo de diseñar y evaluar hasta definir un concepto que cumpla con las características necesarias para que los usuarios puedan ejecutar las tareas de forma eficaz y eficiente, y puedan con las necesidades de autonomía, competencia, cercanía, seguridad y estimulación.

### 5.1.1.3 Implementar

En la última fase del procedimiento se trata de desarrollar la aplicación para su lanzamiento final. Para el desarrollo final de la aplicación se recomienda el uso de tecnologías web, como son *HTML5* para la maquetación y estructuración, *JavaScript* (JS) como lenguaje para desarrollar la interacción de las diferentes interfaces y *Cascade Style Sheet* (CSS) para dotar a las interfaces de diseño estético. Se propone el uso de las tecnologías web principalmente por las siguientes tres ventajas que ofrece (Aranburu et al., 2017):

- Multiplataforma: Adaptabilidad a diferentes entornos y sistemas.
- Multidispositivo: Compatibilidad con dispositivos móviles.
- Evolución y mejora continua de las tecnologías web que permiten ser aplicadas a las interfaces.

Durante este proceso de desarrollo se recomienda comprobar la aplicación en su contexto real de uso. Por ejemplo, si se está diseñando la aplicación para su uso en una HMI, al tener una resolución de pantalla mayor a los monitores habituales donde se diseña, puede que no se visualice tal y como se suponía. Asimismo, las condiciones de luz del entorno pueden influir en la manera en que se visualizan ciertos colores y el uso táctil puede cambiar de la experiencia en ordenadores de mesa o portátil. Para estas últimas evaluaciones, se recomienda ejecutarlas con el Producto Mínimo Viable (PMV). Es decir, es preferible comprobar si la aplicación cumple con la

experiencia deseada en cuanto a lo factores indicados antes realizar desarrollos completos de toda la aplicación, puesto que, podría suponer grandes rediseños y pérdidas de tiempo y dinero.

## **5.2 VALIDACIÓN DEL MODELO DE TRABAJO DEMOX**

Tal y como se ha descrito en la introducción del capítulo para llevar a cabo la validación del modelo de trabajo DEMOX se han llevado a cabo dos casos de estudio. En el primer caso de estudio, denominado MHLAB III, el modelo se ha aplicado en un proceso de rediseño de una interfaz industrial de Danobatgroup S.Coop., ejecutado por un equipo externo a la empresa. En el caso de estudio MHLAB IV, se ha aplicado el modelo en los procesos de diseño y evaluación de las empresas Danobat S.Coop., Soraluze S.Coop. e Ideko S.Coop. de Danobatgroup S.Coop.

### **5.2.1 Caso de estudio MHLAB III**

El objetivo de este caso de estudio es validar el modelo de trabajo DEMOX como procedimiento que permite la propuesta de nuevas interfaces industriales que mejoran los aspectos tanto pragmáticos como experienciales de la interacción.

Para llevar a cabo esta validación se ha empleado el modelo DEMOX en un proceso de rediseño de un software industrial de la empresa Ideko S.Coop.

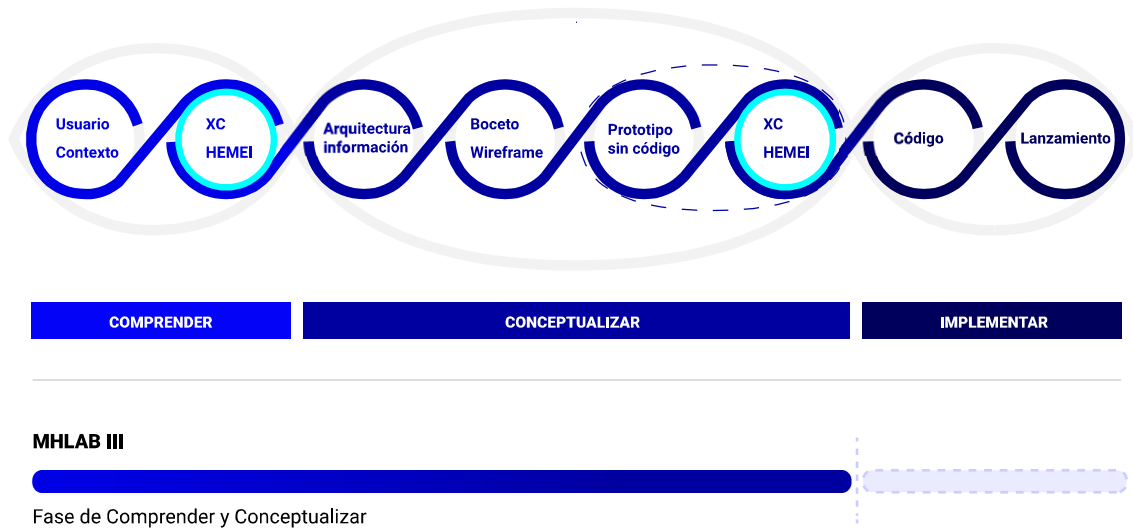
A continuación, se muestra el procedimiento empleado, el contexto del estudio, los participantes, la metodología y los resultados obtenidos.

#### **5.2.1.1 Procedimiento**

En este caso de estudio se han ejecutado las fases Comprender y Conceptualizar del modelo de trabajo DEMOX (Figura 36).

En primer lugar, en la fase de Comprender se ha realizado el análisis sobre el usuario de la aplicación a rediseñar y el contexto en el que se utiliza. Posteriormente, se ha ejecutado la evaluación de la experiencia de la interacción con la aplicación a rediseñar, denominado ikDAS. (Ideko S. Coop., 2019). Este software es una plataforma portátil desarrollada por Ideko S. Coop. para la adquisición de señales. Dispone de cuatro módulos operativos y permite el análisis frecuencial de señales y la obtención de la función de respuesta de frecuencia de los componentes clave, tales como piezas estructurales de la máquina (Figura 37). Para la evaluación de ikDAS se ha empleado tanto la herramienta HEMEI como el método XC.

## 5. Desarrollo y validación del modelo de trabajo DEMOX



**Figura 36:** Fases ejecutadas en el caso de estudio MHLAB III

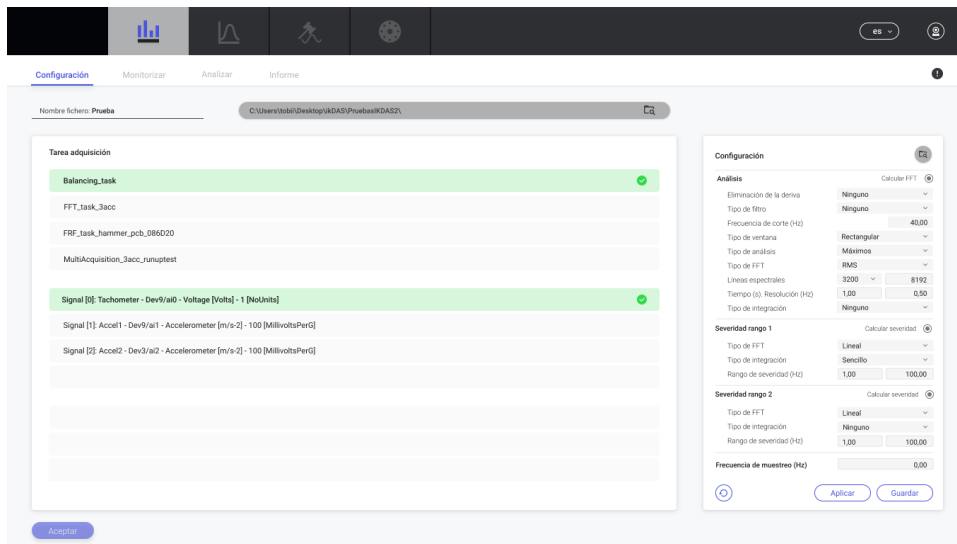
En segundo lugar, en la fase de conceptualización, en base a la evaluación de iKDAS y los factores críticos recogidos se ha diseñado la nueva versión del software, denominado iKDAS2 (Figura 38). Para ello, primero se ha definido la nueva arquitectura de la información. Después se han trabajado los bocetos hasta la definición de un prototipo sin código.

Finalmente, se ha realizado la evaluación de la nueva propuesta iKDAS2, de nuevo con la herramienta HEMEI y el método XC. De esta manera, se pretende analizar si la nueva propuesta creada mediante el modelo de trabajo DEMOX mejora la experiencia de los usuarios, tanto en aspectos pragmáticos como experienciales.



**Figura 37:** La primera versión de la aplicación iKDAS

## 5. Desarrollo y validación del modelo de trabajo DEMOX



**Figura 38:** La nueva versión denominada ikDAS2

### 5.2.1.2 Participantes

Se ha querido ejecutar el estudio con personas de dos perfiles principales. Por un lado, con personas que no habían utilizado el software, y así ver su facilidad de aprendizaje. Por otro lado, con los perfiles experimentados que permiten ver cómo es el uso real del software para así proponer una nueva solución que esté adaptada a las necesidades reales de los operarios.

En la evaluación de la primera versión de ikDAS han participado 8 personas de los dos perfiles mencionados. 5 personas ajenas a la empresa y el sector de uso (dos mujeres y tres hombres), sin experiencia previa con este software específico y 3 operarios de la empresa Danobat S.Coop. (los tres hombres) que eran usuarios habituales del software ikDAS.

La evaluación de la nueva versión ikDAS2 se ha realizado con 16 participantes, 10 personas ajenas a la empresa (3 mujeres y 7 hombres) y 6 operarios (1 mujer y 5 hombres).

### 5.2.1.3 Contexto

Las evaluaciones mediante el método XC tanto de la primera versión como la nueva se han ejecutado en dos contextos diferentes. En el caso de los operarios se ha realizado en una oficina de la empresa y en el caso de los participantes externos en el Laboratorio de Usuario de Mondragon Unibertsitatea.

Este laboratorio es un espacio diseñado para ejecutar experimentaciones centradas en el usuario, tanto individuales como grupales. Está equipado con estructura de una

cámara Gesell, dividido en dos espacios independientes: una sala de ejecución de testeos y una sala de observación. La visibilidad del espacio desde la sala de observación es unidireccional, lo cual ha permitido la presencia indirecta de miembros del equipo de diseño en la sala de observación, más allá del propio facilitador/a de la sesión.

En ambos casos, aunque no sean contextos reales de uso del software ikDAS, se pueden asemejar al modo de uso real, puesto que el software en su día a día se utiliza en ordenador portátil. A su vez, la ejecución en entornos simulados ha permitido emplear los dispositivos de monitorización para el análisis durante la interacción. En el caso del Laboratorio de Usuario, ha permitido también realizar una observación indirecta de la experiencia de los participantes y así extraer conclusiones desde otra perspectiva. Sin embargo, ambos contextos son entornos controlados y preparados específicamente para el estudio, sin las características del entorno físico real. Lo cual, se ha tomado en cuenta a la hora de valorar los resultados de la evaluación de la experiencia.

### 5.2.1.4 Metodología

Como se ha mencionado en la descripción del procedimiento, en las evaluaciones de la primera versión de ikDAS y en la nueva versión ikDAS 2 se han aplicado las evaluaciones de la herramienta HEMEI y el método XC.

Para la evaluación de la herramienta HEMEI, en ambas versiones, se han evaluado 3 de las 6 categorías: General, Setup y Monitoring. Tal y como se ha descrito en el Capítulo 4, la herramienta HEMEI diferencia las categorías en base a las funcionalidades de las aplicaciones, con el objetivo de agilizar las evaluaciones. En el caso de ikDAS, en primer lugar, se ha evaluado la categoría General, al ser una categoría dirigida a cualquier tipo de aplicaciones. En segundo lugar, al posibilitar la introducción de parámetros de configuración se ha evaluado la categoría Setup. Por último, al ser una aplicación donde se visualiza el registro de vibraciones mediante visualizaciones gráficas, se ha evaluado también la categoría Monitoring.

En cuanto al método XC, para la fase “Durante”, donde se evalúa la interacción de los participantes con la aplicación, se han definido las tareas recogidas en la Tabla 40. Estas tareas están relacionadas con las funciones principales que propone la aplicación. En la evaluación de ambas versiones se han ejecutado las mismas versiones.



**Tabla 40:** Tareas a ejecutar en la fase Durante del método XC en ikDAS y ikDAS2

Tarea	Descripción
<b>Tarea 1:</b> Adquisición y análisis frecuencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar la tarea <i>Balancing_task</i> y editar la configuración. Iniciar la adquisición en la pestaña de <i>Monitorizar</i>. Visualizar únicamente la señal de <i>Tachometer</i>, grabar la señal durante 10 segundos y finalizar la adquisición.</li> <li>- En la pestaña de <i>Analizar</i>, abrir el archivo de la carpeta TDMS, abrir el fichero de configuración “aaaa”, realizar el análisis para visualizar la gráfica FFT y guardar los resultados en un fichero.</li> <li>- Por último, en la pestaña de <i>Informe</i>, rellenar los datos generales para realizar el informe y exportarlo como pdf.</li> </ul>
<b>Tarea 2:</b> Análisis para multi-adquisición	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar la tarea <i>FFT_task_3acc</i> y editar el parámetro del tiempo en la periodicidad de cálculos. En la pestaña de Cálculos, seleccionar los cálculos correspondientes a cada señal.</li> <li>- En la pestaña de <i>Monitorizar</i>, seleccionar el modo de parada manual, iniciar la adquisición y analizar la señal.</li> <li>- Por último, en la pestaña de <i>Informe</i>, rellenar los datos generales y realizar el informe.</li> </ul>
<b>Tarea 3:</b> Análisis de respuesta frecuencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar la tarea <i>FRF_task_hammer</i>, Signal [0] y Trigger [0] y editar las líneas espectrales en la pestaña de <i>Configuración</i>.</li> <li>- En la pestaña de <i>Rango Señales</i>, iniciar la adquisición. En la señal de Trigger, seleccionar las marcas 0,1 y 0,4 y validar la selección.</li> <li>- En la pestaña de <i>Monitorizar</i>, iniciar la adquisición. Cambiar la integración de Canales y Curvas y finalizar la adquisición.</li> <li>- Por último, en la pestaña de <i>Informe</i>, rellenar los datos generales y realizar el informe.</li> </ul>
<b>Tarea 4:</b> Equilibrado de máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Seleccionar la tarea de adquisición <i>Balancing_task</i>. Asignar la Señal [0] a <i>Referencia (Tacómetro)</i> y las Señales [1] y [2] a <i>Señales de medición desequilibrio en Plano A</i>.</li> <li>▪ Iniciar la adquisición en la pestaña de <i>Medición</i> y copiar la tabla de resultados. En la pestaña de <i>Método Un Plano Con Fase</i>, realizar el cálculo de coeficientes influencia, con los resultados conseguidos en el apartado anterior.</li> <li>▪ Por último, en la pestaña de <i>Informe</i>, rellenar los datos generales y realizar el informe.</li> </ul>

Con el objetivo de complementar la evaluación de la experiencia de los participantes en la ejecución de las tareas listadas se ha monitorizado la interacción mediante el dispositivo eye-tracker Tobii X2-30 (Tobiipro, 2018).

Finalmente, en la tercera fase del método XC se ha evaluado el cumplimiento de las motivaciones (Figura 25) y la percepción de los usuarios sobre la experiencia mediante la herramienta Attrakdiff 2 (Hassenzahl, n.d.). En el caso de estudio MHLAB I se concluyó que la herramienta PANAS-X no se adaptaba muy bien a las experiencias de los entornos de trabajo industriales, por lo que en esta ocasión se decidió no incluir en la evaluación. Siguiendo el trabajo de Hassenzahl et al. (2015), además de las motivaciones, otro de los factores que proponen para evaluar la

experiencia es la percepción de los usuarios sobre el producto, en base a su calidad pragmática y hedónica y en lo referente a su atractivo. La calidad hedónica, a su vez, la diferencian en dos categorías, la relacionada con la identificación y la relacionada con la estimulación. Además, la herramienta Attrakdiff 2 es uno de los cuestionarios estandarizados más empleados en las evaluaciones de la UX (Díaz-Oreiro et al., 2019)

Por todo ello, en este estudio se decidió incluir también la evaluación mediante la herramienta Attrakdiff 2 y así analizar su comportamiento en las experiencias de los entornos de trabajo industriales. Para encajar mejor en las experiencias al contexto específico de los entornos industriales, se adaptaron ciertos términos del cuestionario. La herramienta está compuesta por pares de adjetivos, donde los participantes deben valorar cada par de adjetivo de -3 a 3. El valor -3 está relacionado con el adjetivo negativo del par, el valor 3, en cambio, con el adjetivo positivo. De esta manera, en este estudio se evaluaron los términos listados en la Tabla 41.

**Tabla 41:** Adaptación de la herramienta Attrakdiff 2, con las cualidades y los términos a evaluar

<b>Cualidad</b>	<b>Términos de evaluación</b>
<b>Pragmática (PQ)</b>	Técnico-Amigable Simple-Complicado Poco práctico-Práctico Impredecible-Predecible Confuso-Claramente estructurado Incontrolable-Controlable Enrevesado-Obvio
<b>Hedónica-Identificación (HQ-I)</b>	Poco profesional-profesional Vulgar-estiloso Low cost-premium No incita a navegar-incita a navegar
<b>Hedónica-Estimulación (HQ-S)</b>	Poco creativo-Creativo Conservador-Innovador Aburrido-Fascinante Poco exigente-Exigente Ordinario-Novedoso
<b>Atracción (ATT)</b>	Desagradable-Agradable Poco atractivo-Atractivo Malo-Bueno Poco motivante-Motivante

### 5.2.1.5 Resultados

A continuación, se muestran los resultados de la evaluación de la herramienta HEMEI y el método XC en la primera versión ikDAS y la nueva versión ikDAS2. Como dicta la tercera hipótesis, el objetivo del caso de estudio es validar el modelo de trabajo DEMOX como procedimiento que permite la propuesta de nuevas interfaces industriales que mejoran los aspectos tanto pragmáticos como experienciales de la interacción. Por tanto, los resultados se muestran en comparación entre la evaluación de la primera versión y la nueva versión, para así valorar si en efecto el procedimiento ha mejorado la UX de los participantes.

En primer lugar, se muestran los resultados de la evaluación de la herramienta HEMEI en ikDAS y ikDAS2 (Tabla 42).

**Tabla 42:** Tabla comparativa de los resultados de HEMEI en ikDAS y ikDAS2

Aspectos a mejorar identificados en HEMEI							
Aplicación	General (59)		Setup (41)		Monitoring (25)		Total
	Prag. (44)	Exp. (15)	Prag. (31)	Exp. (10)	Prag. (15)	Exp. (10)	
ikDAS	13	6	14	7	4	5	49
ikDAS2	3	2	6	2	2	2	17

En la evaluación de la primera versión de ikDAS se han identificado un total de 49 aspectos a mejorar (39,2% de los aspectos totales). En la categoría General se han detectado 19 aspectos (13 pragmáticos y 6 experienciales). Por ejemplo, aspectos pragmáticos como “Cada página está claramente etiquetada con un útil y descriptivo título” y experienciales como “Se emplea un lenguaje cercano y amigable”.

En la categoría Setup se han detectado 21 aspectos considerados a mejorar (14 pragmáticos y 7 experienciales), de los cuales, se han detectado aspectos pragmáticos como “Previsualiza información sobre el elemento de la lista, para poder ver su información sin tener que acceder al elemento” o experienciales como “Durante la edición tengo la seguridad de que mis acciones se han ejecutado correctamente y de la consecuencia de dichas acciones”.

En la categoría Monitoring se han detectado 9 aspectos a mejorar (4 pragmáticos y 5 experienciales). Entre otros, aspectos pragmáticos como “La pantalla de errores tiene acceso a un apartado de ayuda” y experienciales como “Las visualizaciones de la monitorización resultan atractivas”.

En cambio, la evaluación de la nueva versión ikDAS2 ha mostrado un menor número de aspectos detectados a mejorar. Aunque, se han detectado aún 17 aspectos a mejorar (13,6% de los aspectos totales). En la categoría General se han identificado 5 aspectos por mejorar (3 pragmáticos y 2 experienciales). Por ejemplo, aspectos pragmáticos como “Hay distancia suficiente entre botones para no pulsar en el sitio incorrecto” y experienciales como “Puedo personalizar la manera de navegar y puedo adaptarla a mi modo de actuar”.

En la categoría Setup se han detectado 8 aspectos para optimizar (6 pragmáticos y 2 experienciales), de los cuales, entre otros, aspectos pragmáticos como “Ofrece información adicional de los valores” y experienciales como “Siento que el sistema trata de ayudarme en el proceso de edición adaptándose al modo de uso de los usuarios”.

Por último, en la categoría Monitoring únicamente se han detectado 4 aspectos a mejorar (2 pragmáticos y 2 experienciales). Ambos aspectos pragmáticos detectados están relacionados con la falta de un apartado de ayuda que emplee documentación con ejemplos. En cuanto a los experienciales, uno de los dos detectados dicta así: “Puedo personalizar las visualizaciones de la monitorización y de las alarmas a mi manera”.

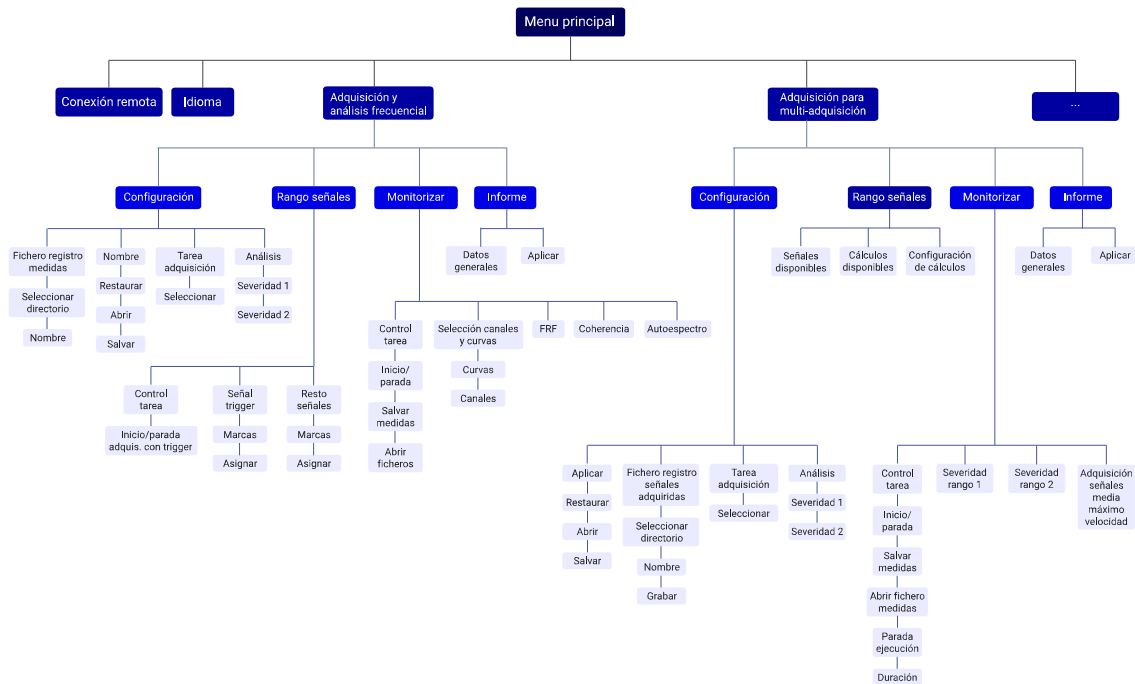
En lo que se refiere a la evaluación del método XC, los resultados se muestran en base a las tres fases del proceso del método. En la primera fase se recogieron los resultados de los cuestionarios sobre los participantes y se definieron los dos perfiles mencionados anteriormente: el operario y el estudiante.

El perfil del operario, es una persona bastante familiarizada con las tecnologías, pero que no dedica mucho tiempo al uso de dispositivos tecnológicos en su día a día. En cuanto a la información profesional, tiene experiencia tanto en el entorno industrial como con el propio software a rediseñar. El perfil del estudiante, en cambio, es una persona muy familiarizada con las tecnologías y con gran uso en su rutina diaria. Tiene conocimientos en el campo de la ingeniería industrial, pero sin experiencia previa el software de ikDAS.

Asimismo, en la primera fase de la evaluación de ikDAS se realizó el análisis del software para ver sus características y las diferentes funcionalidades que ofrece. ikDAS es un software sin demasiadas funcionalidades, y no tiene una navegación muy amplia. Por ello, para la nueva versión ikDAS2 no se ejecutaron demasiados cambios en este aspecto. Para visualizar la navegación del contenido se ha elaborado un diagrama de flujo con la arquitectura de la información (Figura 39).

## 5. Desarrollo y validación del modelo de trabajo DEMOX

### ANÁLISIS ARQUITECTURA DE NAVEGACIÓN



**Figura 39:** Fragmento de la arquitectura de la información de ikDAS

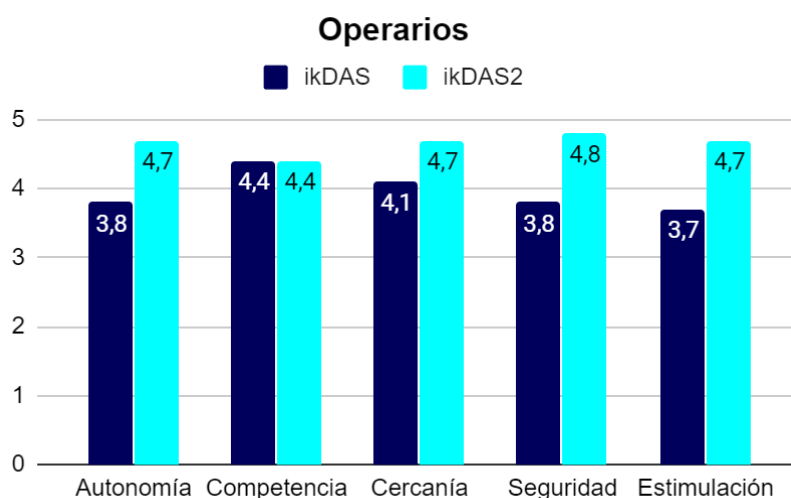
En lo que respecta a la segunda fase del método XC, la evaluación mediante el test de usuario permitió identificar un total de 12 factores críticos en la primera versión de ikDAS y 5 en la nueva versión ikDAS2. Por lo tanto, en la nueva versión se han podido resolver 7 de los 12 factores críticos detectados en la versión previa, pero aún existen problemas para la ejecución de las tareas listadas en la Tabla 43.

**Tabla 43:** Aspectos críticos detectados en la segunda fase de evaluación de XC en ikDAS2

1	<p><b>Grabar la señal</b></p> <p>No entienden diferencian los botones de inicio/final de grabación y de inicio/final de adquisición de datos.</p>
2	<p><b>Abrir fichero de configuración</b></p> <p>Les cuesta identificar el botón a pulsar para abrir el fichero.</p>
3	<p><b>Seleccionar marcas</b></p> <p>No entienden que para seleccionar las marcas pueden pulsar directamente en el gráfico.</p>
4	<p><b>Copiar tabla de resultados</b></p> <p>Tratan de pulsar el botón de copiar, aunque esté inactivo porque todavía se está ejecutando la adquisición de datos.</p>
5	<p><b>Realizar cálculo de coeficientes influencia</b></p> <p>No están seguros de dónde deben pegar los datos para realizar el cálculo.</p>

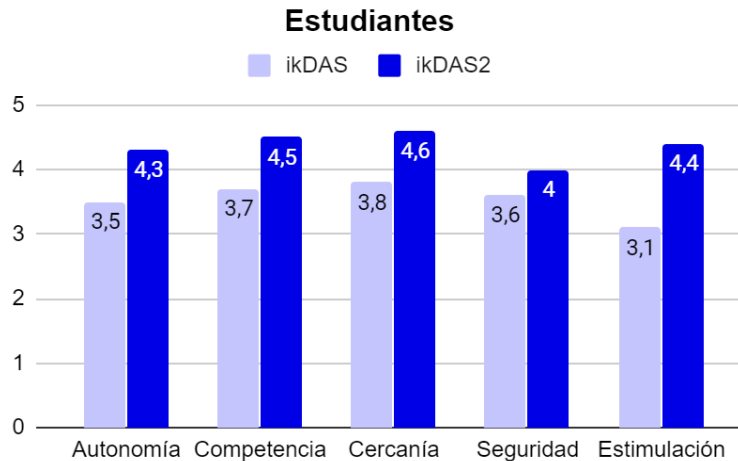
En la tercera fase de la evaluación de XC, los participantes respondieron su valoración sobre la experiencia en la interacción con ikDAS y ikDAS2 mediante el cuestionario del cumplimiento de las motivaciones (Figura 25). Además, valoraron su percepción sobre las aplicaciones ikDAS y ikDAS2 mediante la adaptación de la herramienta Attrakdiff (Tabla 41).

Con el objetivo de mostrar la diferencia en los resultados de la valoración de los participantes entre ikDAS y ikDAS2, se muestra la comparativa de ambas versiones, diferenciando los resultados de los operarios y los estudiantes. En los resultados del cumplimiento de las motivaciones, las medias de los participantes muestran un aumento significativo en la nueva versión ikDAS 2, tanto en los operarios como en los estudiantes. En el caso de los operarios (Figura 40), la autonomía ha aumentado un 18%, la competencia se ha mantenido en la misma media, la cercanía ha aumentado un 12% y la seguridad y la estimulación un 20%. Lo cual muestra que, a pesar de que estaban acostumbrados a la primera versión de ikDAS, se han adaptado fácilmente a la nueva versión, superando así sus expectativas.



**Figura 40:** Comparativa de los resultados de los operarios en el cumplimiento de las motivaciones en ikDAS y ikDAS2

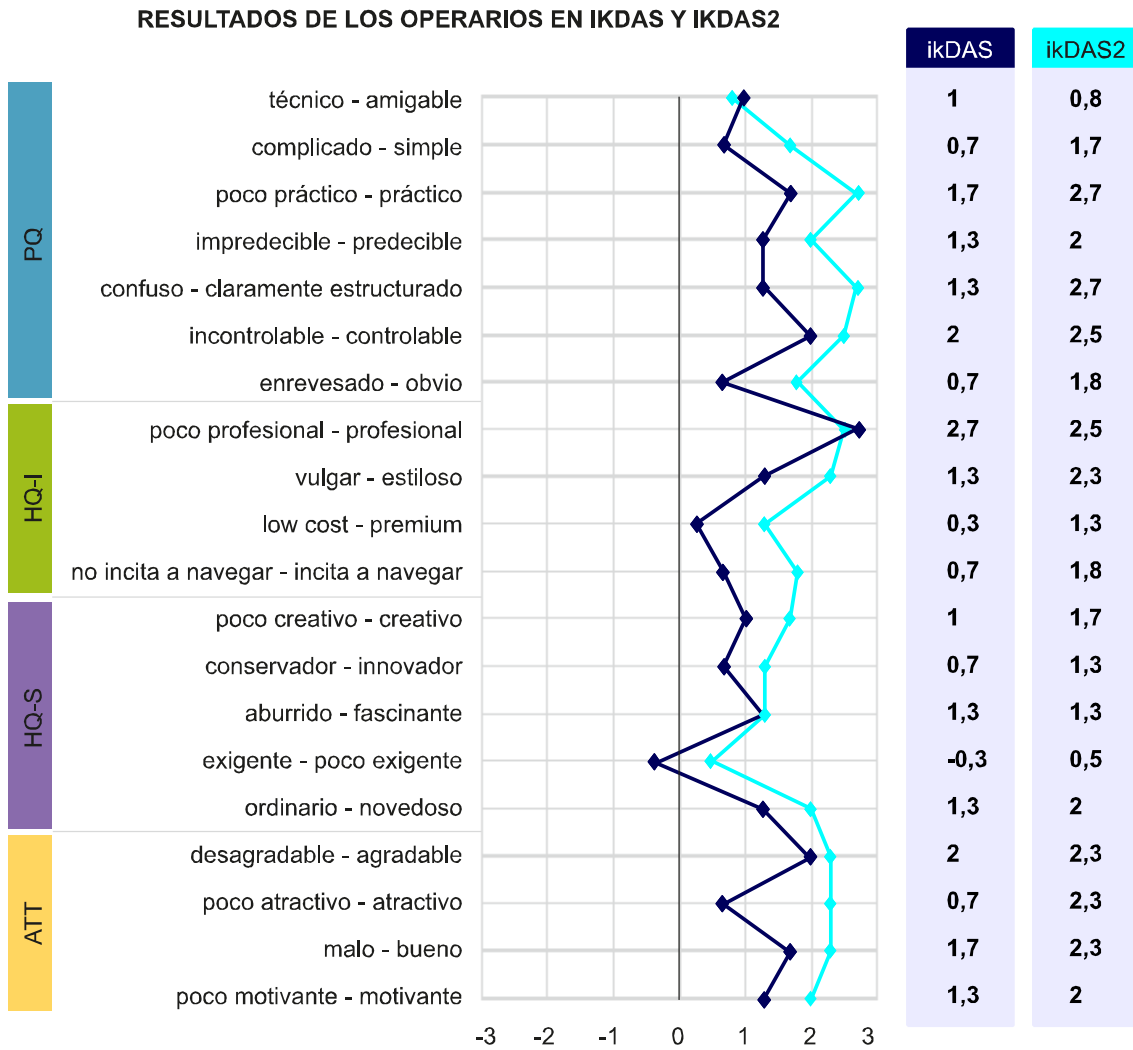
En el caso de los estudiantes (Figura 41), la mejora en la valoración de ikDAS2 respecto a ikDAS se ve reflejado en el cumplimiento de las 5 motivaciones. La autonomía, competencia y cercanía en la nueva versión ha mejorado un 16%, la seguridad un 8% y la estimulación un 26%. Los resultados muestran que en la nueva versión los estudiantes se han adaptado mejor y su valoración acerca de la experiencia en la interacción con ikDAS2 ha mejorado significativamente.



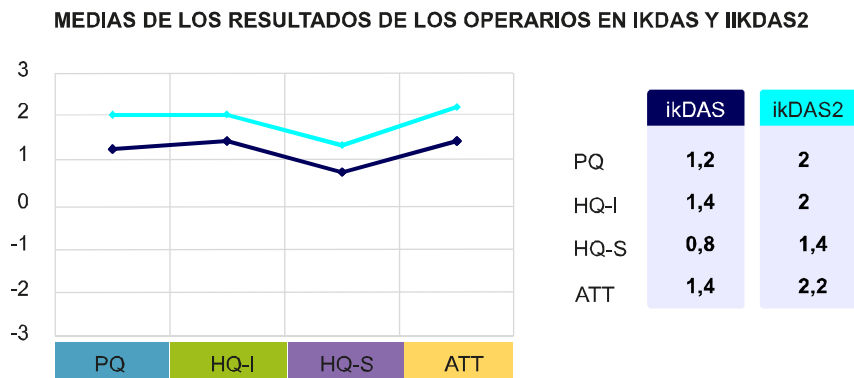
**Figura 41:** Comparativa de los resultados de los estudiantes en el cumplimiento de las motivaciones en ikDAS y ikDAS2

De la misma manera, el resultado de la percepción sobre el producto ha mejorado notablemente con la nueva versión, tanto en los operarios como en los estudiantes. En el caso de los operarios, todos los valores de los pares de adjetivos han mejorado en ikDAS2 (Figura 42). Únicamente los valores de “técnico-amigable” y “poco profesional-profesional” han sido los que han empeorado, pero solamente un 0,2 y aun así manteniéndose en valores positivos. Presumiblemente, el hecho de que la versión antigua fuera percibida como más profesional, está relacionado con la estética de la interfaz, puesto que emplea un código de colores e iconos y una maquetación que en el diseño de las aplicaciones actuales apenas se emplean. A pesar de ello, el valor de profesionalidad de la nueva versión sigue teniendo un valor muy elevado (2,5 en la escala entre -3 y 3). Sin embargo, el resultado más negativo en el valor de amigable ha sido sorprendente, puesto que era un valor que se preveía que mejoraría, tal y como ha sucedido en el caso de los estudiantes.

A pesar de dicho valor concreto, al analizar las medias se puede observar que la percepción de los operarios sobre la calidad pragmática y hedónica y el atractivo del software ikDAS2 ha sido mayor que en la versión anterior (Figura 43). La valoración de la calidad pragmática ha aumentado un 13,3% en ikDAS2, la calidad hedónica relacionada con la identificación y la relacionada con la estimulación un 10% y el atractivo un 13,3%.



**Figura 42:** Resultado de la percepción de los operarios sobre ikDAS y ikDAS2



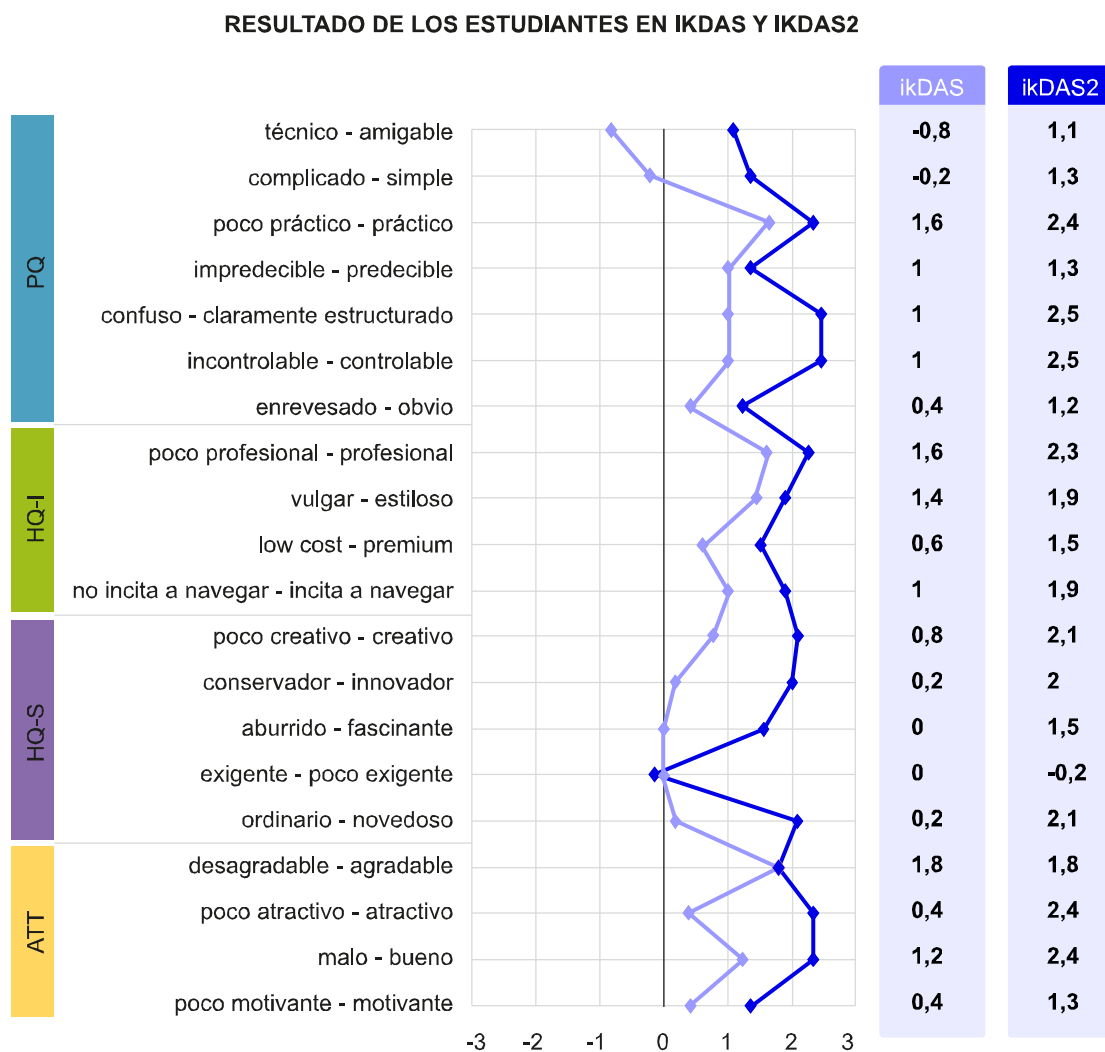
**Figura 43:** Medias de los resultados de la percepción de los operarios sobre ikDAS y ikDAS2

Respecto a los estudiantes, al igual que en los operarios, todos los valores han mejorado en ikDAS2, menos el valor de “desagradable-agradable”, que se ha mantenido en el mismo valor (un 1,8 en la escala entre -3 y 3) y el de “exigente-poco exigente” que ha bajado un 0,2 (de 0 a -0,2 en la escala entre -3 y 3) (Figura 44). En

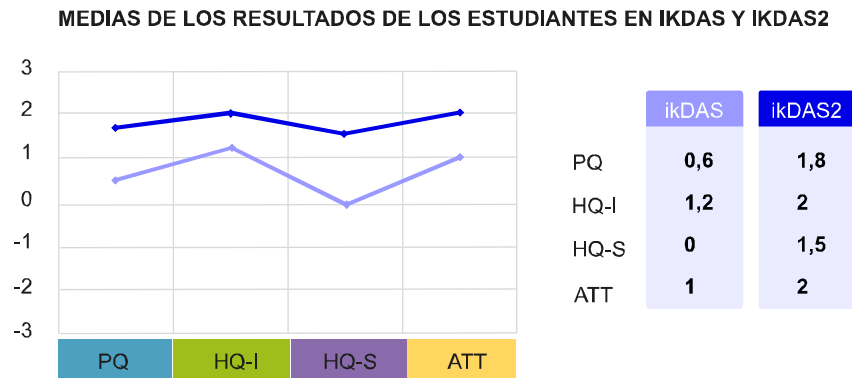


este caso, sorprende la bajada en la evaluación del valor exigente-poco exigente. Aunque, es comprensible que, al ser un software orientado a un uso muy técnico y con una navegabilidad específica y distinta a las de las aplicaciones que este tipo de perfil emplea actualmente, al utilizar por primera vez les resulte exigente.

La media de la percepción sobre el producto ha mejorado significativamente en ikDAS2 respecto a la primera versión, tanto en la calidad pragmática y hedónica como en el atractivo (Figura 45). La valoración de la calidad pragmática ha aumentado un 20% en ikDAS2, la calidad hedónica relacionada con la identificación un 13,3%, la relacionada con la estimulación un 25% y el atractivo un 16,67%.



**Figura 44:** Resultado de la percepción de los estudiantes sobre ikDAS y ikDAS2



**Figura 45:** Medias de los resultados de la percepción de los estudiantes sobre ikDAS y ikDAS2

Se puede apreciar que la diferencia de la nueva versión ikDAS2 respecto a primera versión ikDAS ha sido más grande que en la valoración de los estudiantes. Presumiblemente porque la nueva versión se asemeja más a las aplicaciones que emplea este perfil actualmente, y puede que en la versión anterior no se sintieran muy familiarizados con el software.

#### 5.2.1.6 Conclusiones

Tal y como se ha podido observar en el caso de estudio MHLABIII, el modelo de trabajo DEMOX ha permitido diseñar una nueva solución que ha mejorado la UX de los participantes, tanto en los aspectos pragmáticos como en los experienciales. La nueva versión ikDAS2, además de optimizar los aspectos de usabilidad del sistema, ha mejorado la percepción de los usuarios acerca del software y les ha permitido sentirse más autónomos, competentes, cercanos con sistema, seguros y estimulados durante la interacción. El modelo ha permitido realizar una evaluación holística de la experiencia de los participantes en la interacción con las aplicaciones, combinando la herramienta de evaluación experta HEMEI y el método XC.

La combinación de las evaluaciones mediante HEMEI y XC han proporcionado una información complementaria que ha permitido realizar un análisis completo de la experiencia. Por un lado, gracias a la herramienta HEMEI se han analizado todos y cada uno de los aspectos críticos en la interacción, desde la perspectiva experiencial y de la usabilidad, y en todas las pestañas y funcionalidades del software. Por otro lado, el método XC ha permitido identificar factores concretos basados en el modo de ejecución de las tareas habituales de los operarios. Además, ha posibilitado recoger la valoración de los usuarios acerca de la experiencia y así cuantificar el grado en el que cumplen con las necesidades psicológicas para tener una experiencia positiva en la interacción con interfaces industriales.

Asimismo, el modelo DEMOX ha ofrecido la oportunidad de adaptarse según las necesidades, requisitos y limitaciones del proyecto. En este caso, se ha ejecutado la evaluación empleando tanto la herramienta HEMEI como el método XC, lo cual ha proporcionado un diagnóstico completo de la experiencia de la versión previa y posibilita la decisión de la medida en la que se quiere proceder al rediseño.

### **5.2.2 Caso de estudio MHLAB IV**

El objetivo de este caso de estudio es validar que el modelo de trabajo DEMOX en su conjunto se adapta a los nueve requisitos definidos por Väänänen-Vainio-Mattila et al. (2008) que deben cumplir los métodos y herramientas para la evaluación de la UX en entornos industriales. Para ello, mediante este caso de estudio se pretende integrar el modelo DEMOX en los procesos actuales de diseño y desarrollo de interfaces industriales de las empresas manufactureras. Concretamente, el modelo ha sido empleado en los procesos de las empresas Danobat S.Coop., Ideko S.Coop. y Soraluce S.Coop.

En total, el modelo se ha aplicado para la evaluación de 6 aplicaciones, de distintas características y funcionalidades. La selección de las 6 aplicaciones se ha basado en la categorización de la herramienta HEMEI, donde se dividen 5 tipologías de aplicaciones industriales. De esta manera, el modelo se ha empleado para aplicaciones de las 5 categorías, validando el modelo DEMOX en su totalidad y valorando si se adapta adecuadamente a las tipologías de aplicaciones industriales existentes actualmente en las empresas manufactureras.

#### 5.2.2.1 Procedimiento

En este caso, a diferencia del caso de estudio anterior, el modelo DEMOX no se aplicó a un único software y en un proceso completo de evaluación hasta rediseño final. Se aplicó según las necesidades de las empresas Danobat S.Coop., Ideko S.Coop. y Soraluce S.Coop. y en las diferentes fases en las que se encontraban sus proyectos.

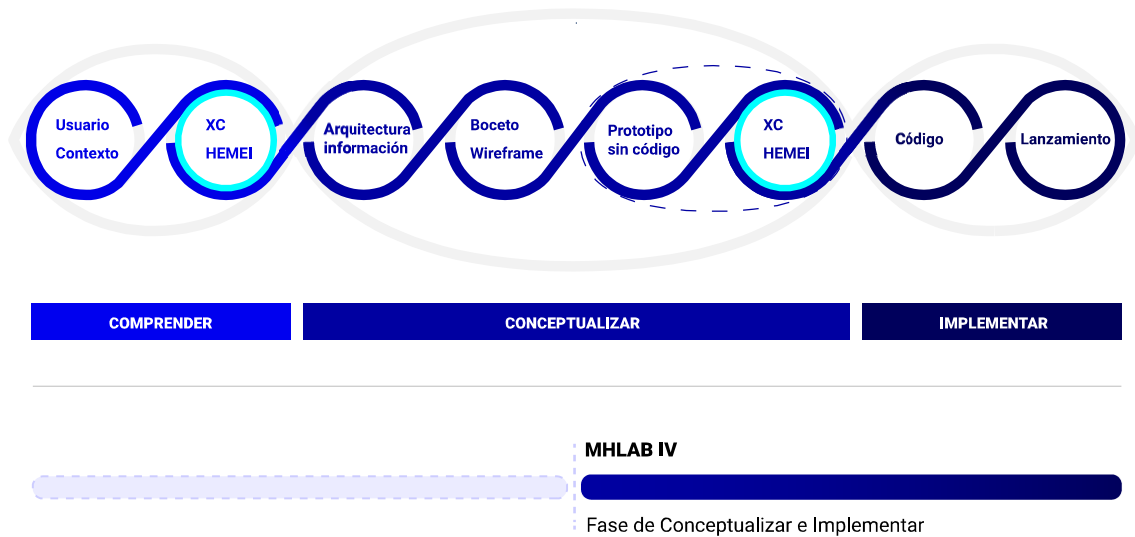
Por un lado, en la empresa Danobat S.Coop., estaban en la fase final del proceso de rediseño del software DoGrind y querían evaluar cómo era la experiencia de los operarios en la interacción con la nueva propuesta, denominada DoGrind 3.0. Por ello, en este proyecto se aplicó la evaluación completa mediante la herramienta HEMEI y el método XC.

Por otro lado, también en Danobat S.Coop., y en las empresas Ideko S.Coop. y Soraluce S.Coop. se estaba trabajando en la creación de nuevas plataformas de aplicaciones para HMI. Dichas plataformas, agrupan diferentes tipologías de

5. Desarrollo y validación del modelo de trabajo DEMOX

aplicaciones en las cuales se interactuaría directamente desde el HMI. Estos proyectos, se encontraban ya en procesos de desarrollo final y con tiempo limitado para su consecución, por tanto, únicamente se realizó la evaluación mediante la herramienta HEMEI.

Por lo tanto, tal y como recoge la Figura 46, el caso de estudio MHLAB IV se centró en la fase final de Conceptualizar y en la fase Implementar.



**Figura 46:** Fases del modelo de trabajo DEMOX aplicadas en el caso de estudio MHLAB IV


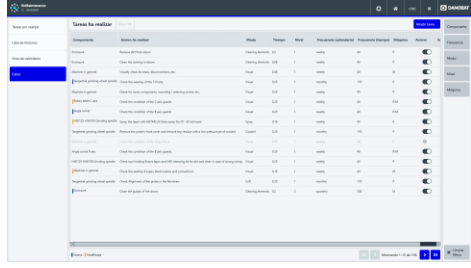
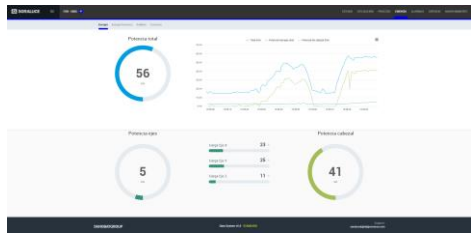
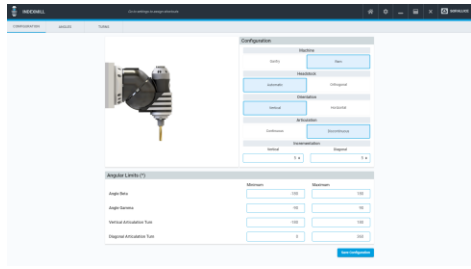
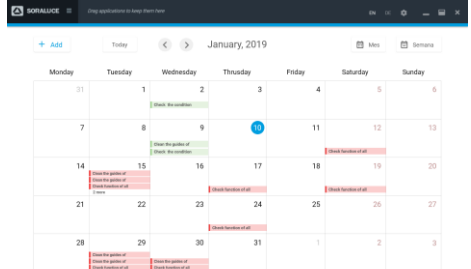
5.2.2.2 Aplicaciones a evaluar

Como se ha mencionado anteriormente, el modelo se ha empleado en la evaluación de aplicaciones de distintas funcionalidades. En total de evaluaron las siguientes 6 aplicaciones de HMI: DoGrind 3.0, Alarms & Troubleshooting, DoMaintenance, Savvy, Indexmill y Organizer. En la siguiente Tabla 44 se recoge la descripción de las aplicaciones, las empresas donde se están desarrollando y el método o herramienta empleada para su evaluación.

**Tabla 44:** Las aplicaciones evaluadas en el caso de estudio MHLAB IV

Nombre	Descripción	Empresa	Captura de la aplicación	Método o herramienta empleada
DoGrind 3.0	Es una aplicación para máquinas rectificadoras. Es un rediseño de la aplicación evaluada en MHLAB I y MHLAB II. Esta aplicación se encuentra aún	Danobat S.Coop.		XC y HEMEI

5. Desarrollo y validación del modelo de trabajo DEMOX

	en fase de prototipo digital sin código.			
Alarms & Troubleshooting	Diseñada para recoger las alarmas de la máquina y sus posibles procesos de resolución de problemas.	Danobat S.Coop.		HEMEI
DoMaintenance	Permite gestionar las tareas de mantenimiento de la máquina, con posibilidad de editar y crear tareas y proporcionando pautas de cómo realizar dichas tareas.	Danobat S.Coop.		HEMEI
Savvy	Plataforma de almacenamiento, organización y tratamiento de los datos en un entorno Big Data seguro, para poder monitorizar el control de alarmas, ciclo de vida de piezas o recambios entre otros.	Ideko S.Coop.		HEMEI
Indexmill	Aplicación para cálculos del plano de trabajo, útil para la generación del programa de mecanizado.	Soraluce S.Coop.		HEMEI
Organizer	Aplicación para la gestión de tareas o eventos relacionados con la producción de la máquina.	Soraluce S.Coop.		HEMEI

### 5.2.2.3 Participantes

En el caso de estudio MHLAB IV en total han participado 16 personas para las evaluaciones de las aplicaciones listadas en el apartado anterior. En la siguiente Tabla 45 se recoge qué participantes han tomado parte en la evaluación de cada aplicación.

**Tabla 45:** Clasificación de participantes por aplicación en el caso de estudio MHLAB IV

Participante	Danobat S.Coop.			Ideko S.Coop.	Soraluce S.Coop.		
	DoGrind 3.0		Alarms & Troubleshooting	DoMaintenance	Savvy	Indexmill	Organizer
	XC	HEMEI					
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

Como se puede observar en la Tabla 45 para la evaluación mediante el método XC de la aplicación DoGrind 3.0 han participado 4 operarios, los cuales eran usuarios actuales de la aplicación (los cuatro hombres, de edad media de 38 años).

Esa misma aplicación, junto con Alarms & Troubleshooting y DoMaintenance han sido evaluadas con la herramienta HEMEI por cuatro personas de diferentes

departamentos de la empresa Danobat S.Coop. (3 hombres y una mujer, de 41 años de edad media).

La aplicación Savvy fue evaluada por 4 trabajadores de Ideko S.Coop., empresa encargada del desarrollo de la aplicación. Los cuatro eran programadores de software y habían trabajado en el desarrollo de la aplicación (3 hombres y una mujer, edad media 36 años).

Finalmente, la evaluación de las aplicaciones *IndexMill* y *Organizer* mediante HEMEI se realizó con cuatro trabajadores de la empresa Soraluce S.Coop., responsables del desarrollo de las aplicaciones. En este caso, tres de ellos eran ingenieros mecánicos y uno desarrollador de software (los cuatro hombres, media de edad de 45 años).

#### 5.2.2.4 Contextos

La evaluación del método XC se realizó en un entorno de oficina de la empresa Danobat S.Coop., puesto que la aplicación aún no había sido instalada en la máquina. Todas las evaluaciones de la herramienta HEMEI fueron ejecutadas en espacios de oficina, cada participante en sus respectivos puestos de trabajo.

#### 5.2.2.5 Metodología

Como se ha mostrado en los apartados anteriores se han aplicado dos tipos de evaluaciones. Por un lado, se ha evaluado la nueva aplicación DoGrind 3.0 mediante el método XC, donde 4 participantes han ejecutado una serie de tareas. Por otro lado, mediante la herramienta HEMEI, 12 participantes han evaluado desde la perspectiva experta las 6 aplicaciones listadas en la Tabla 44.

Para la evaluación de la nueva aplicación DoGrind 3.0 mediante el método XC, en la primera fase del método se completó el cuestionario sobre la persona para entender el perfil de los participantes de la evaluación, pero no se completó el cuestionario del contexto al realizarse en una oficina y no en un entorno real. Tampoco se ejecutó el análisis de la funcionalidad de la aplicación, puesto que ese proceso ya había sido realizado por parte de la empresa en la etapa inicial del proyecto. En la segunda fase, los participantes ejecutaron una serie de tareas, listadas en base a las funcionalidades principales de la aplicación (Tabla 46). Durante la ejecución de tareas se ha monitorizado la actividad mediante el eyetracker Tobii X2-30.

**Tabla 46:** Tareas asignadas para la evaluación de la nueva aplicación DoGrind 3.0 mediante el método XC

Tareas	Descripción
<p><b>Tarea 1:</b> Herramientas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ve a la lista de herramientas y describe lo que ves en pantalla.</li> <li>- Crea una herramienta nueva "Straight wheel" y llámale "PRUEBA". Edita 3 parámetros (suponiendo que el resto de parámetros ya está hecho).</li> <li>- Asigna la herramienta que has creado a la posición 03 de la torreta, y la CESCA 42 a la posición 02.</li> <li>- Haz el Set-up de la herramienta que has creado, introduciendo el valor 15 mm (utiliza el botón que verás para simular el giro del volante).</li> </ul>
<p><b>Tarea 2:</b> Piezas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ve al apartado de piezas y describe lo que ves en pantalla.</li> <li>- Abre la pieza "Pieza 1.4." para editar.</li> <li>- Describe lo que ves en la lista de operaciones.</li> <li>- Habilita la operación 2 "Plunge Inicial".</li> <li>- Elige la operación 3 "Plunge Angular - Ángulo 1" y edita 4 parámetros.</li> <li>- Elige la operación 4 "Diamantado" e importa los valores que tiene la herramienta configuradas.</li> <li>- Añade 3 operaciones.</li> <li>- Pon la operación 7 "MEDICION" al final.</li> <li>- Navega por las diferentes opciones de editar una pieza además de la lista de operaciones y describe lo que ves.</li> <li>- Vuelve a la lista de operaciones y guarda los cambios.</li> <li>- Elige la pieza 5.3. del Grupo 5 para ejecutar.</li> </ul>
<p><b>Tarea 3:</b> Ejecución</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Describe lo que ves en la pantalla de ejecución.</li> <li>- Desactiva 3 operaciones.</li> <li>- Visualiza solo las operaciones activas.</li> <li>- Pon la pieza en ejecución y luego párala (para simular, pulsar en "active" de la barra de estado).</li> <li>- Edita la operación 4 "Plunge - hacia contrapunto".</li> <li>- Añade correcciones de pieza.</li> <li>- Añade correcciones de herramienta.</li> <li>- Vuelve a poner en "marcha la máquina".</li> </ul>

La tercera fase del método XC se realizó, por un lado, mediante el cuestionario de la evaluación del cumplimiento de las necesidades psicológicas (Figura 25) y, por otro lado, recogiendo la percepción sobre el producto con la adaptación de la herramienta Attrakdiff 2 (Tabla 41).

En cuanto a la evaluación mediante HEMEI de las 6 aplicaciones, tal y como propone la herramienta, además de los aspectos generales dirigidos para todo tipo de aplicaciones, para cada aplicación se han tomado en cuenta categorías concretas. A



continuación, en la Tabla 47 se recogen las categorías evaluadas para cada aplicación, en base a sus funcionalidades.

**Tabla 47:** Categorías evaluadas de la herramienta HEMEI para cada aplicación

Aplicaciones	Categorías de la herramienta HEMEI					
	General	Planning	Setup	Operation	Monitoring	Support and Maintenance
DoGrind 3.0						
Alarms & Troubleshooting						
DoMaintenance						
Savvy						
Indexmill						
Organizer						

#### 5.2.2.6 Resultados

Los resultados del caso de estudio MHLAB IV se han dividido en dos apartados. Por un lado, se muestran los resultados del método XC en la evaluación del nuevo DoGrind 3.0. Por otro lado, se muestran las evaluaciones de la herramienta HEMEI para las 6 aplicaciones listadas en la Tabla 47. De esta manera se pretende validar si el modelo DEMOX en su conjunto se adapta a los 9 requisitos definidos por Väänänen-Vainio-Mattila et al. (2008).

- **Evaluación de la nueva aplicación DoGrind mediante el método XC**

Los resultados de la evaluación se muestran en base a las tres fases que componen el método XC. En la primera fase, tal y como se ha mencionado en el apartado de la metodología solo se ha ejecutado el cuestionario sobre el perfil de los participantes, donde han respondido un cuestionario sobre su información general, información profesional y nivel de familiarización tecnológica. Los resultados de dicho cuestionario han posibilitado definir un perfil de los cuatro participantes. El perfil del estudio, es una persona no muy familiarizada con las nuevas tecnologías y que no dedica mucho tiempo al uso de dispositivos tecnológicos en su día a día. En cuanto a la información profesional, tiene experiencia en el entorno industrial y utiliza asiduamente el software a rediseñar.

En la segunda fase los participantes ejecutaron las tareas listadas en el apartado de la metodología en la Tabla 46. Gracias a la observación de la ejecución de las tareas y el

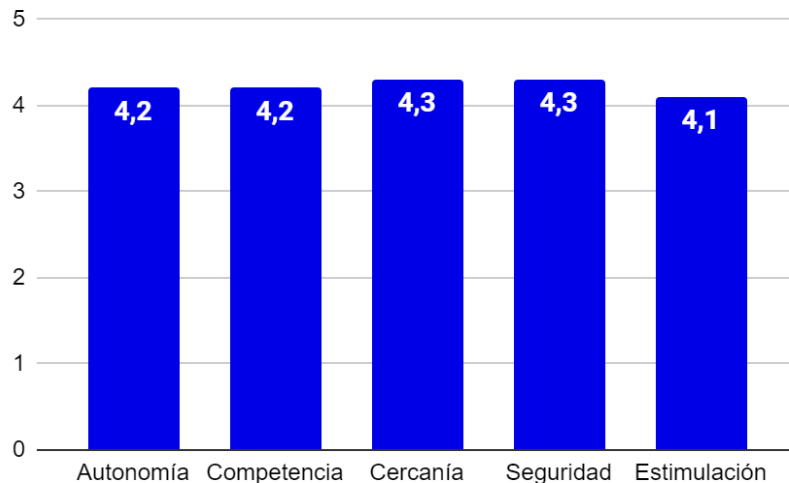
uso del dispositivo de monitorización de la mirada se han identificado un total de 10 aspectos a mejorar. A continuación, se listan los aspectos detectados (Tabla 48).

**Tabla 48:** Aspectos críticos identificados en el nuevo DoGrind 3.0 en la segunda fase del método XC

1	<b>Crear nueva herramienta</b> Les cuesta visualizar el botón de Añadir.
2	<b>Añadir herramienta a la lista</b> Intentan hacer doble click o arrastrar el elemento, pero no ven el botón de Añadir.
3	<b>Mensaje de feedback</b> Los usuarios no visualizan el mensaje de feedback que les comunica que la tarea se ha realizado.
4	<b>Asignar herramienta</b> No visualizan la opción de “Seleccionar para asignar” y no saben cómo hacerlo.
5	<b>Lista de operaciones</b> Los usuarios no entienden el significado del círculo rojo, el círculo verde y la “X” en la lista de operaciones.
6	<b>Lista de herramientas</b> Los usuarios no entienden la función del icono de “herramienta montada”, piensan que es un botón de ajustes.
7	<b>Importar valores de la herramienta</b> Tratan de buscar la opción de “Importar”, pero deben clickar en “Editar”.
8	<b>Añadir operaciones</b> Una vez seleccionada la operación a añadir tienden a pulsar el botón de “Aceptar”, pero primero deben pulsar el botón de “Añadir”, lo cual no les resulta intuitivo.
9	<b>Mover operaciones</b> Tratan de mover las operaciones arrastrando o haciendo click en el elemento, pero no ven las flechas en el menú superior.
10	<b>Editar operación en pantalla de ejecución</b> Tratan de editar la operación desde el botón de editar pieza, en lugar de editar directamente desde el listado de operaciones que aparece en la parte izquierda de la pantalla.

En la tercera fase de la evaluación se recogieron los resultados de los cuestionarios del cumplimiento de las motivaciones (Figura 25) y la percepción sobre el producto mediante la adaptación de la herramienta Attrakdiff 2 (Tabla 41). Por un lado, el cuestionario de las motivaciones muestra resultados positivos, con una media de 4,2 sobre 5 en autonomía y competencia, 4,3 sobre 5 en cercanía y seguridad y 4,1 sobre 5 en estimulación (Figura 47). Para poder valorar los resultados del nivel de cumplimiento de las motivaciones en el DoGrind 3.0, se han comparado con el nivel de cumplimiento de la evaluación de la primera versión de DoGrind ejecutado en el caso

de estudio MHLAB I (Figura 33). En comparación con dichos resultados, la autonomía ha aumentado un 28%, la competencia un 32%, la cercanía un 34%, la seguridad un 28% y la estimulación un 24%. Aunque cabe destacar que los participantes de los dos estudios han sido diferentes.



**Figura 47:** Resultados del cumplimiento de las motivaciones en el nuevo DoGrind 3.0

Por otro lado, el resultado del cuestionario adaptado de Attrakdiff 2 muestra que todos los pares de adjetivos han sido valorados positivamente, con la mayoría por encima del 1,5 en la escala de -3 a 3 (Figura 48). Aunque, se puede apreciar que los valores de “controlable” y “poco exigente” han estado cerca del 0, por lo que se puede intuir que sí han tenido en algún que otro momento situaciones en las que sentían que no controlaban la situación y que les resultaba exigente realizar ciertas tareas. En este sentido, durante la observación en la ejecución de tareas se pudo ver que los operarios, al estar acostumbrados a la versión anterior, en ocasiones les costaba adaptarse a las nuevas formas de actuar. Sin embargo, los resultados de la media de la valoración de las cualidades pragmáticas y hedónicas y el atractivo de la aplicación muestran que los participantes ha valorado el nuevo DoGrind 3.0 de forma muy positiva (Figura 49). La media de la cualidad pragmática (1,7 en la escala entre -3 y 3), la cualidad hedónica relacionada con la identificación (2,3 en la escala entre -3 y 3) y la relacionada con la estimulación (1,6 en la escala entre -3 y 3) y el atractivo (1,9 en la escala entre -3 y 3) han superado el valor de 1,5 en la escala entre -3 y 3.

5. Desarrollo y validación del modelo de trabajo DEMOX

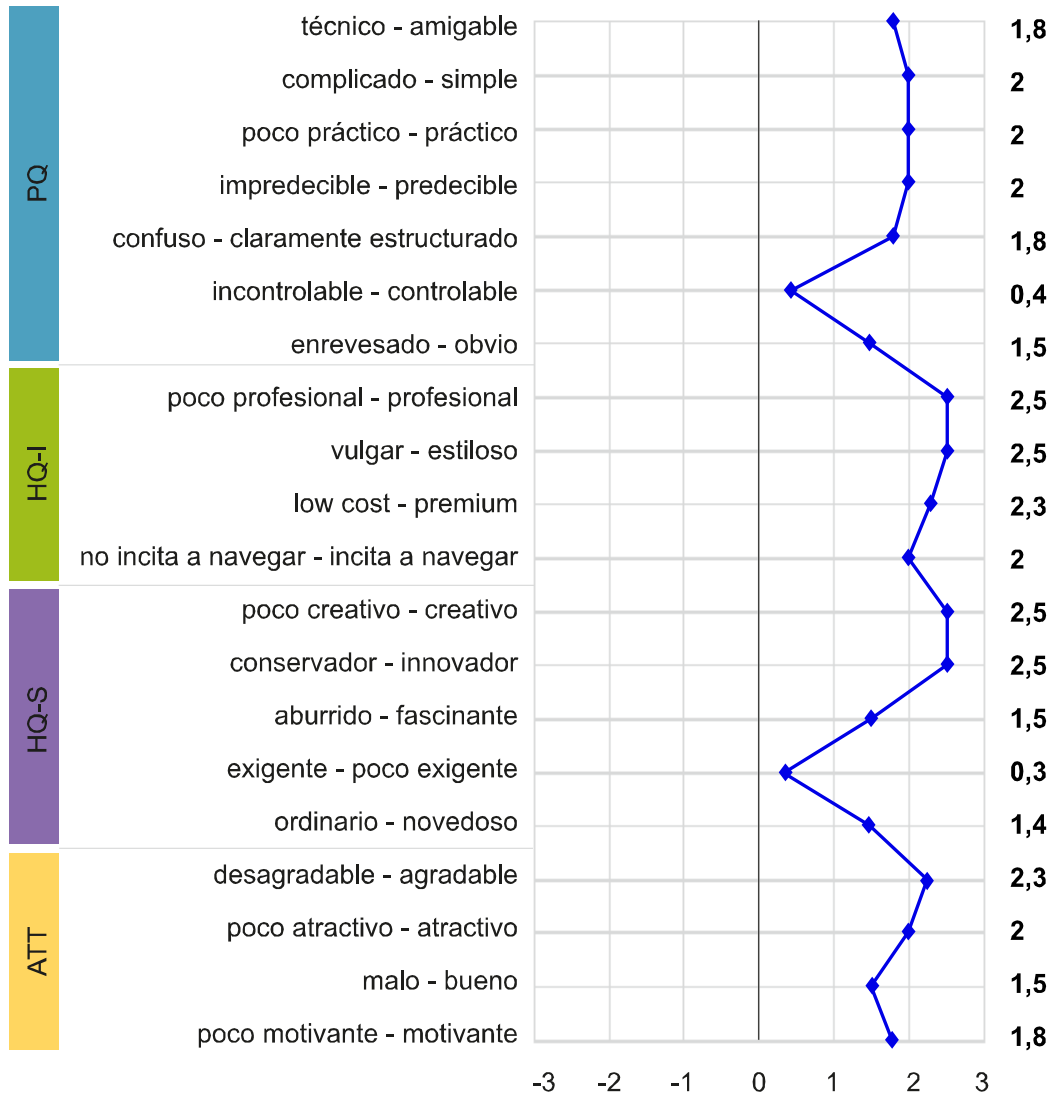


Figura 48: Resultados de la percepción de los usuarios sobre el nuevo DoGrind 3.0

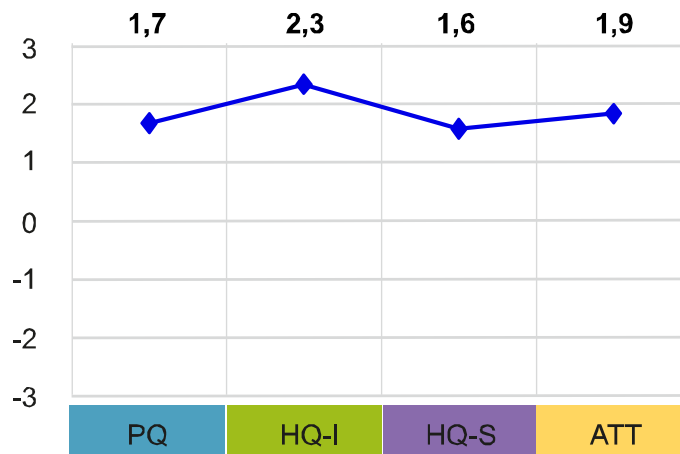


Figura 49: Medias de los resultados de la percepción de los usuarios sobre el nuevo DoGrind 3.0

- **Resultados de la evaluación mediante la herramienta HEMEI en las 6 aplicaciones**

En este apartado se han recogido los resultados de la evaluación mediante la herramienta HEMEI. Como se recoge en la Tabla 45, por un lado, cuatro participantes de la empresa Danobat S.Coop. han evaluado la nueva aplicación DoGrind 3.0, la aplicación Alarms & Troubleshooting y la aplicación DoMaintenance. Por otro lado, 4 participantes de la empresa Ideko S.Coop. han evaluado la aplicación Savvy. Por último, 4 participantes de la empresa Soraluze S.Coop. han evaluado las aplicaciones IndexMill y Organizer.

Los resultados de la evaluación por parte de los participantes de la empresa Danobat S.Coop. se recoge en la Tabla 49. En total, de media se han detectado 14,25 aspectos (de 124 en total) a mejorar en la aplicación DoGrind 3.0, de los cuales 11,25 son pragmáticos (de 89) y 3 experienciales (de 35). En la aplicación Alarms & Troubleshooting se han detectado de media 8,5 aspectos de 84 totales. Entre los aspectos, 7,75 han sido pragmáticos (de 59) y únicamente 0,75 experienciales (de 25). Por último, en la aplicación DoMaintenance, también se han identificado de media 8,5 aspectos (de 81 en total), de los cuales 6,75 era pragmáticos (de 56) y 1,75 experienciales (de 30).

**Tabla 49:** Resultados de la evaluación de los participantes de la empresa Danobat S.Coop.

Participante	DoGrind 3.0						Alarms & Troubleshooting				Domaintenance			
	General (59)		Setup (41)		Operation (24)		General (59)		Monitoring (25)		General (59)		Support (22)	
	Prag. (44)	Exp. (15)	Prag. (31)	Exp. (10)	Prag. (14)	Exp. (10)	Prag. (44)	Exp. (15)	Prag. (15)	Exp. (10)	Prag. (44)	Exp. (15)	Prag. (12)	Exp. (10)
5	9	2	9	2	5	1	5	0	8	1	6	1	7	2
6	1	0	1	1	1	0	2	1	3	0	1	0	2	1
7	3	1	2	1	4	1	3	0	6	1	4	1	3	2
8	5	2	3	0	2	1	2	0	2	0	3	0	1	0
<b>MEDIA</b>	<b>4,5</b>	<b>1,25</b>	<b>3,75</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0,75</b>	<b>3</b>	<b>0,25</b>	<b>4,75</b>	<b>0,5</b>	<b>3,5</b>	<b>0,5</b>	<b>3,25</b>	<b>1,25</b>

En cuanto a la evaluación de la aplicación Savvy, en la Tabla 50 se recogen los resultados de los participantes de la empresa Ideko S.Coop. De media han identificado

5. Desarrollo y validación del modelo de trabajo DEMOX

20 aspectos de los 84 totales, de los cuales 15 eran pragmáticos (de 59) y 5 experienciales (de 25).

**Tabla 50:** Resultados de la evaluación de los participantes de Ideko S.Coop.

Savvy				
Participante	General (59)		Monitoring (25)	
	Pragmáticos (44)	Experienciales (15)	Pragmáticos (15)	Experienciales (10)
9	14	1	5	5
10	6	1	5	3
11	12	1	6	7
12	7	0	5	2
<b>MEDIA</b>	<b>9,75</b>	<b>0,75</b>	<b>5,25</b>	<b>4,25</b>

Finalmente, los resultados de la evaluación de los participantes de la empresa Soraluze S.Coop. se recogen en la Tabla 51. Para la aplicación Indexmill los participantes han detectado, de media, 7,25 aspectos a mejorar de los 100 aspectos totales. Entre ellos 6 era pragmáticos (de 75) y 1,25 experienciales (de 25). Respecto a la aplicación Organizer, de los 87 totales han identificado, de media, 10,25 aspectos a mejorar, de los cuales 8,25 eran pragmáticos (de 62) y 2 experienciales (de 25).

**Tabla 51:** Resultados de la evaluación de los participantes de la empresa Soraluze S.Coop.

Participante	Indexmill				Organizer			
	General (59)		Setup (41)		General (59)		Planning (28)	
	Prag. (44)	Exp. (15)	Prag. (31)	Exp. (10)	Prag. (44)	Exp. (15)	Prag. (18)	Exp. (10)
13	4	1	3	1	4	0	2	1
14	6	0	2	0	4	0	2	1
15	1	2	1	0	8	1	1	3
16	3	0	4	1	6	0	6	2
<b>MEDIA</b>	<b>3,5</b>	<b>0,75</b>	<b>2,5</b>	<b>0,5</b>	<b>5,5</b>	<b>0,25</b>	<b>2,75</b>	<b>1,75</b>

### 5.2.2.7 Conclusiones

Al analizar los resultados de las evaluaciones mediante el método XC y la herramienta HEMEI se han obtenido varias conclusiones.

En la evaluación con el método XC ha permitido identificar un total de 10 factores críticos en la ejecución de las tareas de los operarios. Asimismo, ha permitido recoger su valoración acerca de la experiencia de la interacción con el nuevo DoGrind 3.0, gracias a los cuestionarios del cumplimiento de las motivaciones y el cuestionario de la percepción sobre la aplicación.

La evaluación con 4 participantes ha requerido tiempo para llevar a cabo las sesiones y recursos como el dispositivo de monitorización para ejecutar el proceso completo. No obstante, ha permitido identificar un número elevado de aspectos a mejorar, basados además en usos reales de los operarios, antes de comenzar con la fase de Implementar. Por lo tanto, este tiempo invertido ha permitido que se pueda realizar la resolución de dichos aspectos aun en fases de conceptualización. Lo cual, en comparación con los cambios en fases de programación, optimiza los costes y los tiempos de trabajo (Brhel et al., 2015).

Respecto a la herramienta HEMEI, el caso de estudio muestra que la herramienta ha permitido evaluar 6 aplicaciones de distintas funcionalidades, en tres empresas y con participantes de diferentes campos de conocimiento. El número de aspectos detectados no ha sido muy elevado, lo cual puede hacer indicar que las aplicaciones proporcionan una UX positiva, tanto en aspectos pragmáticos como experienciales. Aunque, para realizar dicha afirmación se requerirá aún de futuras investigaciones, puesto que puede ser a causa de la falta de comprensión o criterio para la evaluación de ciertos aspectos.

Asimismo, se puede apreciar que hay mucha disparidad en el número de aspectos detectados entre los diferentes participantes. Este hecho puede resultar previsible al estar en gran medida compuesto por aspectos subjetivos, cuyo cumplimiento depende del criterio de cada evaluador. Por ello, se propone que, tal y como lo plantean Lasa et al. (2017), las evaluaciones se realicen por parte de más de un evaluador, para así complementar diferentes perspectivas y criterios y a posteriori realizar sesiones para la puesta en común de cada evaluación.

A su vez, los resultados muestran que los participantes han tenido más dificultades a la hora de valorar el cumplimiento de los aspectos experienciales, siendo estos más subjetivos y abstractos a la hora de valorar. Aunque en todas las aplicaciones hayan sido identificados como mínimo 2 aspectos experienciales a mejorar, se considera que

en algunos casos el número de aspectos identificados podría ser mayor. Por ello, para futuros trabajos sería interesante investigar la posibilidad de reformular las frases o agregar ejemplos que ayuden a los evaluadores entender mejor cómo se plasman estos aspectos experienciales en el diseño de las aplicaciones.

Finalmente, mediante la ejecución de este caso de estudio MHLAB IV se ha podido observar que el modelo de trabajo cumple con los requisitos establecidos para la integración herramientas de evaluación UX en empresas, descritas por Väänänen-Vainio-Mattila et al. (2008):

- **Válido, seguro y replicable para gestionar la experiencia de usuario en grandes empresas.** Como se ha podido ver en el caso de estudio MHLAB IV, se ha podido aplicar en tres diferentes empresas y para la evaluación de aplicaciones de distintas funcionalidades y con participantes de diferentes campos de conocimiento.
- **Rápido, ligero y económico para desarrollos iterativos ágiles.** Los participantes han necesitado de media unos 30 minutos para completar la evaluación, por lo que se muestra que gracias a la herramienta HEMEI, han podido evaluar la UX intencionada de las aplicaciones de forma ágil y sin destinar o invertir grandes recursos.
- **Nivel bajo de especialización para aplicarlo de forma fácil sin necesidad de formaciones exhaustivas.** En este caso de estudio HEMEI ha sido aplicado por perfiles diferentes con conocimientos diferentes, pero sin ninguna experiencia previa con la herramienta, ni con ninguna herramienta de evaluación UX. Los participantes no han tenido dificultades para comprender los aspectos de evaluación. Aunque, como se ha mencionado anteriormente, el número de aspectos detectados, y en especial los aspectos experienciales detectados no ha sido muy elevado. Por lo tanto, para futuras investigaciones se propone analizar la posibilidad de reformulación de las frases o de añadir ejemplos que facilite a los evaluadores comprender cómo se plasman dichos aspectos en el diseño de las aplicaciones.
- **Aplicable en diferentes tipos de productos para poder comparar y hacer el seguimiento de la evolución.** En este estudio el modelo de trabajo ha sido aplicado en total en 6 aplicaciones, todas con funcionalidades diferentes y para usos de diferente tipo. Se ha podido ver, por tanto, que el modelo muestra una gran capacidad de adaptabilidad para diferentes empresas manufactureras.



- **Aplicable para ideas conceptuales, prototipos y productos para poder analizar evoluciona la experiencia de usuario a lo largo del proceso.** El modelo se ha aplicado en aplicaciones en fases finales de diseño como el DoGrind, aplicaciones en procesos de desarrollo final como Alarms & Troubleshooting, DoMaintenance, IndexMill y Organizer y en una aplicación hoy en día en marcha en las empresas como es Savvy. Asimismo, aunque en este caso el modelo y en concreto HEMEI se haya utilizado únicamente como método de evaluación, observando la estructura y contenido de la herramienta, se podría analizar el uso de la herramienta también como herramienta de diseño. Es decir, los aspectos definidos podrían ejercer como directrices que se irían aplicando durante el diseño de la aplicación.
- **Adecuado para diferentes grupos de usuarios para un resultado equitativo.** El modelo, en concreto la herramienta HEMEI, ha sido aplicado por usuarios de diferentes perfiles y conocimientos, adaptándose a todos ellos. Aunque, como plantean Lasa et al. (2017), proponemos que en cada proyecto lo emplee más de un usuario para así poder complementar evaluaciones con puntos de vista y criterios diferentes.
- **Adecuado para diferentes fases del ciclo de vida del producto.** Como se ha indicado en uno de los puntos anteriores, el modelo ha sido aplicado en productos en distintas fases del ciclo de vida. Proponemos que las empresas sigan aplicando el modelo en futuros rediseños o en la incorporación de nuevas funcionalidades a las aplicaciones actuales.
- **Creación de datos comparables (cuantitativos y cualitativos) para la experiencia deseada y el progreso iterativo.** El modelo DEMOX, gracias a la combinación del método XC y la herramienta HEMEI, permite recoger resultados de distintas características. Por un lado, gracias al enfoque multimétodo de XC se recogen datos cualitativos de las características del contexto y la persona, así como la observación de los evaluadores sobre cómo ejecutan las tareas y cómo se sienten durante esa interacción. Asimismo, permite recoger datos cuantitativos gracias a los cuestionarios del cumplimiento de las motivaciones y la percepción sobre el producto, logrando así cuantificar la valoración de los usuarios sobre la experiencia. Por otro lado, gracias a HEMEI se recoge cuantitativamente el número de aspectos a mejorar en la aplicación, logrando incluso definir una nota de valoración para cada aplicación.

- **Útil para los diferentes agentes para poder utilizarlo en los equipos multidisciplinares.** El modelo DEMOX está pensado especialmente para aplicarlo en equipos multidisciplinares y con conocimientos diferentes. Las evaluaciones propuestas en el modelo dan lugar a la subjetividad a la hora de valorar las aplicaciones y las experiencias generadas, por lo que el uso por parte de los usuarios de distintos perfiles aportará un análisis más completo.

Por lo tanto, tras la verificación del cumplimiento de los requisitos establecidos, se puede concluir que se valida la cuarta hipótesis de la investigación. El modelo de trabajo DEMOX ofrece a las empresas manufactureras un procedimiento de trabajo que facilita la incorporación de los conocimientos de la UX en los procesos de diseño y desarrollo de interfaces industriales. La incorporación del modelo, facilitará a las empresas la creación de nuevas aplicaciones que, además de mejorar la usabilidad, generarán experiencias que aumenten la autonomía, competencia, cercanía, seguridad y estimulación de los operarios, influyendo así en su bienestar y productividad.

## Capítulo 6

# Conclusiones y líneas futuras





## 6 Conclusiones y líneas futuras

Este sexto capítulo se divide en cuatro apartados principales. En primer lugar, se recogen las conclusiones principales obtenidas a lo largo de la investigación, haciendo una lectura global de los resultados de la investigación y sus casos de estudio. En segundo lugar, se revisa la validación de las hipótesis marcadas al comienzo del proyecto. En tercer lugar, se listan las aportaciones más relevantes de este trabajo de investigación. Finalmente, se marcan las líneas futuras en base a las oportunidades identificadas.

### 6.1 CONCLUSIONES GENERALES

Con la llegada de la nueva era industrial, el fenómeno de la digitalización, el Internet de las cosas y las nuevas tecnologías inteligentes transformarán los procesos productivos y sus entornos de trabajo en las empresas manufactureras. Gracias a las grandes cantidades de datos obtenidos, se empoderará a los operarios permitiendo que adquieran roles de toma de decisiones y resolución de problemas, evolucionando hacia el denominado Operario 4.0. No obstante, para ello, los actuales entornos de trabajo deberán adecuarse a las necesidades y características de las personas, para que puedan emplear la información obtenida de las nuevas tecnologías para explotar sus virtudes y capacidades al máximo.

En estos nuevos entornos de trabajo, uno de los elementos clave serán las interfaces industriales, donde los operarios trabajarán para controlar las nuevas funcionalidades, gestionar las tareas de producción o visualizar los progresos durante los procesos de fabricación. Sin embargo, para que los operarios puedan sacar el máximo provecho a las funcionalidades mencionadas, es esencial que las interfaces industriales estén adaptadas a sus necesidades, diseñados de forma que les permita emplear sus habilidades innovadoras y creativas. Por consiguiente, sus entornos de trabajo serán más satisfactorias y gratificantes, influyendo positivamente en su bienestar y rendimiento.

En este proceso de transformación de los entornos de trabajo y las interfaces industriales, la UX se presenta como disciplina clave. Las interfaces que generen experiencias positivas en los operarios, lograrán optimizar su eficiencia y eficacia en el trabajo, pero a su vez aumentarán su sensación de autonomía, competencia, cercanía hacia el sistema, seguridad y estimulación durante el trabajo. Por ello, se identifica la

necesidad de crear nuevos métodos y procesos que faciliten la integración de dichos conocimientos en los procesos actuales de diseño y desarrollo de las interfaces industriales de las empresas de máquina-herramienta.

Ante esta oportunidad, se ha creado el modelo DEMOX, un procedimiento de evaluación y diseño UX de interfaces industriales. Este modelo permite evaluar la experiencia actual de los operarios con las aplicaciones, y además facilita la propuesta de nuevas soluciones que además de mejorar los aspectos funcionales y pragmáticos, satisfacen las necesidades experienciales y emocionales de los operarios. Asimismo, propone un enfoque multimétodo, que aúne un método de evaluación basado en el usuario y una herramienta de evaluación experta, para así poder adaptarse a los diferentes realidades, requisitos, recursos y limitaciones de las empresas manufactureras.

Durante este documento, se ha ido describiendo el proceso de definición de dicho modelo, mostrando el análisis del contexto industrial actual, la revisión bibliográfica de métodos de evaluación UX, la descripción del método XC y la herramienta HEMEI que componen el modelo y la definición del procedimiento del propio modelo. A continuación, se recogen las conclusiones principales de la investigación, recogidas en base a los capítulos que componen el trabajo.

En el primer capítulo esta es la conclusión principal obtenida:

- Tras analizar el nuevo contexto creado principalmente por la llegada de la Industria 4.0 y el cambio del paradigma socio-económico hacia la era de la experiencia, se ha concluido que existe la necesidad de introducir nuevos métodos de diseño y evaluación UX en las empresas de máquina-herramienta. Lo cual, les permitirá hacer frente a este nuevo proceso de transformación de los entornos de trabajo y rediseño de las interfaces industriales.

En el segundo capítulo, tras la revisión bibliográfica, estas son las conclusiones principales que se han obtenido:

- La disciplina del diseño de interfaces digitales ha evolucionado de centrarse únicamente en la usabilidad a enfocarse en aspectos experienciales y emocionales. Actualmente existen varias definiciones y enfoques sobre el concepto de la experiencia a causa de su carácter dinámico y subjetivo. No obstante, todos los enfoques consensuan en la relevancia de los aspectos hedónicos, afectivos y emocionales además de los aspectos pragmáticos. Por ello, se concluye que para entender y evaluar la interacción entre humano y máquina es

necesario analizar la experiencia desde las siguientes tres dimensiones: funcionalidad, usabilidad y experiencial.

- Tras analizar revisiones sobre definiciones de la UX, se concluye que los elementos a tener en cuenta en la experiencia dependen de cada contexto o proyecto. Por ello, en este trabajo se define el concepto de la UX como “La forma en la que los operarios satisfacen las necesidades pragmáticos y experienciales al interactuar con las interfaces industriales para mejorar su rendimiento y bienestar en el trabajo.”
- Una vez analizado los marcos actuales aplicados en el entorno industrial, se visualiza que carecen del enfoque holístico necesario para evaluar la experiencia de los operarios en la interacción con interfaces industriales. Asimismo, no especifican procedimientos estructurados ni herramientas concretas adaptadas a este entorno para facilitar la integración de la UX en los procesos de las empresas manufactureras.
- Para la creación de nuevos métodos y herramientas de evaluación de la UX se identifican las siguientes claves: (i) evaluar todos los elementos de la experiencia, como el contexto, el usuario, la interfaz industrial, las tareas de los operarios y la propia interacción; (ii) evaluar teniendo en cuenta las tres dimensiones de la experiencia, es decir, enfocándose en los aspectos funcionales, de usabilidad y experienciales; (iii) analizar las tres fases de la experiencia (antes, durante y después de la interacción); (iv) emplear un enfoque multimétodo que combine métodos cuantitativos, cualitativos y de monitorización y (v) crear una herramienta de evaluación experta adaptada a las características de las interfaces que evalúe los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción.

En el tercer capítulo se presenta el método XC, un método basado en la evaluación de usuario, que analiza los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción, en las tres fases de la experiencia y combinando herramientas cualitativas, cuantitativas y de monitorización. El método se aplica en el caso de estudio denominado MHLAB I, donde se evalúa y se rediseña el software DoGrind (Danobatgroup S.Coop., 2012) y se obtienen las siguientes conclusiones:

- En el proceso de tres fases, en la fase previa el método ha permitido analizar la persona usuaria del estudio (información demográfica, conocimientos y experiencia previa con el software, la familiarización tecnológica y sus intereses y valores), el contexto donde se ejecuta el estudio (la valoración de los usuarios sobre el entorno) y el software (sus funcionalidades y arquitectura de la información).

## 6. Conclusiones y líneas futuras

- En la segunda fase, la ejecución de tareas ha posibilitado la identificación de 12 factores críticos en la interacción con el software DoGrind. Además, estos factores se han recogido mediante la información adicional de la monitorización con el eye-tracker, lo cual facilitado la propuesta de posibles soluciones al problema.
- En la tercera fase, el cuestionario del cumplimiento de las motivaciones (Figura 25) ha proporcionado información cuantitativa sobre la medida en la que los usuarios han cumplido las necesidades psicológicas de autonomía, competencia, cercanía, seguridad y estimulación.
- La herramienta PANAS-X (Watson & Clark, 1999) ha permitido ver que las emociones negativas han disminuido en la nueva versión, pero no ha ofrecido mucha información acerca de otras emociones. Se ha concluido que la herramienta no encaja adecuadamente para evaluar las experiencias del entorno industrial. Muchas de las emociones a valorar no tenían relación con la experiencia a evaluar, por lo que los usuarios no han sabido qué responder y se han obtenido resultados poco relevantes en muchos casos. Por lo tanto, se plantea el hecho de adaptar la herramienta o crear una nueva para medir las emociones de los usuarios en las experiencias del contexto de esta investigación.
- Finalmente, se ha podido concluir que el método XC ha permitido evaluar la experiencia actual de los usuarios con el software DoGrind y ha facilitado un nuevo rediseño que, por un lado, ha disminuido los errores de los usuarios en la ejecución de tareas y, por otro lado, ha aumentado el cumplimiento de las motivaciones y ha disminuido las emociones negativas.

En el cuarto capítulo se presenta la herramienta HEMEI, una herramienta basada en la evaluación experta para evaluar los aspectos específicos de las interfaces industriales, contemplando tanto aspectos pragmáticos como experienciales. Para la validación de la herramienta se ha ejecutado el caso de estudio MHLAB II, donde profesionales de perfiles de diseñador y programador evalúan el software DoGrind (Danobatgroup S.Coop., 2012) mediante la herramienta HEMEI. A continuación, se muestran las conclusiones obtenidas tras el caso de estudio:

- Todos los participantes del estudio han sido capaces de identificar un número significativo de aspectos a evaluar (de media 70 aspectos, 46 el participante que menos aspectos detectó).
- En cuanto a los perfiles de los participantes, en la media de los resultados apenas hay diferencia entre diseñadores (72 aspectos de media) y desarrolladores (67 aspectos de media). Por tanto, se puede concluir que, en términos generales, la



herramienta se adapta al conocimiento de ambos perfiles, sin la necesidad además de formación previa para su evaluación.

- Entre los aspectos pragmáticos, el 42% debía ser mejorado, en los experienciales, en cambio, un 75% de los aspectos. Consecuentemente, se concluye que el software DoGrind cumple mejor con los aspectos de usabilidad, aunque con un margen de mejora notable. En cuanto a los experienciales, se puede observar que la gran mayoría de los aspectos no se cumplen, lo cual indica que debería ser un factor muy a tener en cuenta para un posible desarrollo de una nueva versión.
- Por lo tanto, se concluye que la herramienta ha permitido evaluar desde la perspectiva del diseñador y/o desarrollador los aspectos pragmáticos y experienciales intencionados en el software. Además, mediante una evaluación rápida y económica, sin los recursos y tiempo que exigen las evaluaciones basadas en testeos con usuarios o similares.
- No obstante, se ha observado que los participantes en algunas ocasiones no han sabido identificar qué categorías de las 7 listadas en la versión inicial, debían analizar concretamente para la evaluación de DoGrind. Dichas categorías, estaban divididas en base a diferentes funcionalidades, pero los participantes al no saber cómo es la aplicación y para qué sirve no sabían qué categorías debían tomar en cuenta. Asimismo, en algunos momentos no sabían cómo valorar los aspectos, porque había veces que parte de lo que formulaba la frase se cumplía, pero no completamente. En consecuencia, se ha desarrollado una nueva versión de la herramienta, con seis nuevas categorías (General, Planning, Setup, Operation, Monitoring, Support and Maintenance), divididas por tipos de aplicaciones, y con un nuevo modo de evaluar los aspectos (únicamente deben marcar si ese aspecto debe ser considerado para mejorarlo en futuros rediseños).

Finalmente, en el quinto capítulo se presenta el modelo de trabajo DEMOX. El modelo muestra un procedimiento de evaluación y diseño para interfaces industriales, dividido en tres fases (Comprender, Conceptualizar e Implementar) y combinando el método de evaluación XC y la herramienta de evaluación HEMEI. Con el fin de validar el modelo, se han desarrollado dos casos de estudio: MHLAB III y MHLAB IV. En MHLAB III, el modelo se ha aplicado para la evaluación y el rediseño del software ikDAS (Ideko S. Coop., 2019). En el MHLAB IV, se ha aplicado el modelo en los procesos actuales de diseño y desarrollo de aplicaciones de HMIs en las empresas Danobat S.Coop., Ideko S.Coop. y Soraluze S.Coop. Estas son las conclusiones principales obtenidas en este capítulo:

## 6. Conclusiones y líneas futuras

- El modelo DEMOX ha permitido realizar una evaluación holística de la experiencia de los usuarios en la interacción con ikDAS, combinando el método XC y la herramienta HEMEI. Asimismo, ha posibilitado un nuevo diseño que, además de disminuir el número de aspectos pragmáticos y factores de usabilidad críticos a mejorar, ha aumentado el cumplimiento de las motivaciones y la percepción de los usuarios sobre la aplicación.
- La combinación del método XC y la herramienta HEMEI ha proporcionado una información complementaria. Gracias a HEMEI, se han analizado todas las características y funcionalidades del software. Mediante XC, en cambio, se han identificado errores concretos sobre la manera en la que los usuarios realmente interactúan con el software.
- El modelo ha permitido evaluar un total de 7 aplicaciones, en 3 empresas diferentes, en contextos reales y con usuarios de perfiles distintos. Se ha concluido que se adapta correctamente a los procesos de cada empresa y a los conocimientos de sus integrantes sin necesidad de formación previa.
- Sin embargo, se ha observado que en la evaluación de HEMEI ha habido grandes diferencias en cuanto al número de aspectos a mejorar identificados. Por tanto, se propone que las evaluaciones, al ser en gran medida subjetivas, se realicen por más de un miembro del equipo de desarrollo o proyecto, para así tener evaluaciones más contrastadas y reuniendo diferentes criterios y perspectivas.
- Asimismo, se ha visto que, aunque como mínimo en todas las aplicaciones se han identificado 2 aspectos experienciales a mejorar, el número de aspectos identificados podría haber sido mayor. Por lo tanto, se propone investigar cómo se debería facilitar el proceso de identificación de este tipo de aspectos.
- Finalmente, en base a los casos de estudio se puede concluir que el modelo DEMOX cumple con los requisitos establecidos para la integración de herramientas de evaluación UX en empresas, descritas por Väänänen-Vainio-Mattila et al. (2008).

Por lo tanto, tras listar las conclusiones principales de la investigación, se observa que la presente tesis doctoral proporciona un nuevo modelo de trabajo que se adapta a las necesidades actuales de la industria, proponiendo un procedimiento estructurado que ayude a las empresas manufactureras incorporar los conocimientos de la UX y el bienestar psicológico de los operarios en sus procesos actuales. De esta manera, se

facilita a las empresas hacer frente a los retos de la transformación de los entornos de trabajo hacia los conceptos del Operario 4.0 (Kaasinen et al., 2019).

Para ello, el modelo DEMOX propone un procedimiento que combina el método XC centrado en el usuario y la herramienta HEMEI basada en la evaluación experta. Lo cual, permite realizar una evaluación holística que analiza los elementos principales en la experiencia y contempla tanto los aspectos pragmáticos como los experienciales de la interacción entre operario y máquina. A su vez, muestra una metodología completa, basada en equipos multidisciplinares y procesos iterativos, con las fases y pasos principales a ejecutar en el proceso de diseño y desarrollo de las interfaces industriales. Asimismo, el modelo DEMOX, al ofrecer la alternativa del método XC y la herramienta HEMEI, permite a las empresas adaptarse en base a sus realidades, recursos, requisitos y/o limitaciones.

Tal y como han mostrado los casos de estudio, el modelo DEMOX facilita a las empresas la creación de interfaces industriales que, por un lado, optimicen la eficacia y eficiencia de los operarios en la ejecución de tareas y, por otro lado, permitan evocar experiencias que aumenten su autonomía, competencia, cercanía con el sistema, seguridad y estimulación. Estas experiencias, posteriormente, podrían tener un impacto directo en el rendimiento y bienestar psicológico de los operarios, influenciando así la productividad de las empresas manufactureras y el nivel de satisfacción de sus trabajadores.

### 6.2 VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

Durante este trabajo de investigación se ha tratado de validar las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis 1:** el método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer (XC), permite evaluar los principales elementos que influyen en la UX en la interacción con interfaces industriales, considerando tanto los aspectos pragmáticos como los experienciales.
- **Hipótesis 2:** la herramienta de evaluación experta HEMEI, permite evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con interfaces industriales.
- **Hipótesis 3:** la aplicación del modelo de trabajo DEMOX, permite la propuesta de nuevas interfaces industriales que mejoran los aspectos tanto pragmáticos como experienciales de la interacción.

- **Hipótesis 4:** el modelo de trabajo DEMOX en su conjunto, se adapta a los nueve requisitos que deben cumplir los métodos y herramientas de evaluación de la UX en entornos industriales.

A continuación, se profundiza en la argumentación de la validación de cada hipótesis:

**Hipótesis 1:** el método de evaluación centrado en el usuario eXperience Capturer (XC), permite evaluar los principales elementos que influyen en la UX en la interacción con interfaces industriales, considerando tanto los aspectos pragmáticos como los experienciales.

Tal y como se ha mostrado en el caso de estudio MHLAB I, se ha validado que mediante el método XC se han podido evaluar los elementos principales que influyen en la experiencia de los operarios. Por un lado, en la primera fase, se ha podido recolectar información sobre la persona usuaria, el contexto donde se sucede el estudio y las funcionalidades, características y arquitectura de la información del software. Por otro lado, en la segunda fase, mediante la observación y monitorización de la ejecución de tareas de los usuarios, se han podido detectar factores críticos reales sobre la manera de interactuar de los usuarios. Finalmente, en la tercera fase ha sido posible recoger la valoración de los usuarios sobre en qué medida han cumplido las motivaciones, es decir, cuál ha sido su nivel de autonomía, competencia, cercanía, seguridad y estimulación en la experiencia con el software.

**Hipótesis 2:** la herramienta de evaluación experta HEMEI, permite evaluar los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción con interfaces industriales.

Mediante el caso de estudio MHLAB II se ha podido validar que la herramienta ha permitido a los participantes identificar un número significativo de aspectos pragmáticos y experienciales. Además, la herramienta ha sido aplicada tanto por diseñadores expertos como desarrolladores sin conocimientos sobre la disciplina, y ambos perfiles han sido capaces de realizar la evaluación sin formación previa y de forma ágil y económica.

**Hipótesis 3:** la aplicación del modelo de trabajo DEMOX, permite la propuesta de nuevas interfaces industriales que mejoran los aspectos tanto pragmáticos como experienciales de la interacción.

El modelo de trabajo DEMOX describe un procedimiento de diseño y la evaluación de interfaces industriales, con un proceso dividido en las fases de Comprender, Conceptualizar e Implementar. Además, propone el método XC y la herramienta

HEMEI para la evaluación de la UX en la interacción con las interfaces. Para poder validar esta hipótesis, se ejecutó el caso de estudio MHLAB III, donde se aplicó el modelo para el rediseño de una aplicación de la empresa Ideko S.Coop. El estudio muestra que la combinación del método basado en el usuario y la herramienta experta permite evaluar los elementos de la experiencia con la versión actual la aplicación y proporciona una información complementaria que facilita la creación de una nueva solución que mejora los resultados en los aspectos pragmáticos y experienciales de la interacción.

**Hipótesis 4:** el modelo de trabajo DEMOX en su conjunto, se adapta a los nueve requisitos que deben cumplir los métodos y herramientas de evaluación de la UX en entornos industriales.

El modelo de trabajo DEMOX tiene como objetivo definir un procedimiento de diseño y evaluación UX de aplicaciones para interfaces industriales y así facilitar la integración de los conocimientos de la UX en los procesos actuales de las empresas manufactureras. Por lo tanto, para poder validar esta hipótesis se introdujo el modelo en los proyectos de las empresas Danobat S.Coop., Ideko S.Coop. y Soraluze S.Coop. Fue aplicado por un total de 16 trabajadores de diferentes perfiles (ingenieros mecánicos, programadores y experto de marketing) para la evaluación de 6 aplicaciones. Tras analizar los resultados, se ha podido observar que el modelo DEMOX está adaptado a los conocimientos de perfiles con conocimientos diferentes y a aplicaciones de distintas funcionalidades. A su vez, al proporcionar alternativas para realizar evaluaciones completas y exhaustivas (método XC) y evaluaciones económicas y ágiles (herramienta HEMEI) se cumple adecuadamente con los 9 requisitos definidos por Väänänen-Vainio-Mattila et al. (2008) para la creación de métodos y herramientas de evaluación para su integración en los procesos de empresas industriales.

### 6.3 APORTACIONES MÁS RELEVANTES

Dentro del marco de investigación de esta tesis doctoral se ha profundizado en los conocimientos de la UX, y las aportaciones más relevantes están relacionadas con el diseño y evaluación de la UX en los entornos industriales y su aplicación en las empresas manufactureras.

Más en concreto, y en línea con los objetivos marcados para la presente tesis doctoral, se muestran las aportaciones más relevantes de la investigación y las publicaciones realizadas en relación a dichas contribuciones.

- Nuevo procedimiento de diseño y desarrollo de interfaces digitales, denominado User Centered Agile Design (UCAD).

#### **Publicaciones relacionadas:**

Aranburu-Zabalo, E., Lasa-Erle, G., Iruretagoiena-Irazusta, G., Reguera-Bakhache, D., & Gerrikagoitia-Arrien, J.-K. (2017). New user centered methodologies for software development in the industry 4.0 era. *Dyna (Spain)*, 92(5) (I.F.: 0,629; Q4). <https://doi.org/10.6036/8447>

Aranburu-Zabalo, E., Lasa-Erle, G., Reguera-Bakhache, D., Gerrikagoitia, J. K., & Iruretagoiena-Irazusta, G. (2017). Metodología UCAD: nuevo procedimiento de diseño de interfaces centrado en el usuario para la industria 4.0. *Dyna new technologies*, 4(1).

Aranburu-Zabalo, E., Lasa-Erle, G., & Reguera-Bakhache, D. (2017). Metodología UCAD: principios para garantizar el desarrollo de soluciones digitales que tienen en cuenta a los usuarios. *CIDIP 2017 Cádiz (Spain)*.

- Nueva tabla de clasificación de métodos y herramientas de evaluación UX.

#### **Publicaciones relacionadas:**

Aranburu, E., Lasa, G., Gerrikagoitia, J. K., & Mazmela, M. (2019). Revisión y nueva clasificación de métodos de evaluación de la experiencia de usuario para los HMI industriales. *CIDIP 2019 Málaga (Spain)*

Aranburu Zabalo, E., Lasa Erle, G., & Justel Lozano, D. (2017). Revisión de metodologías de desarrollo de software y su evolución hacia la experiencia de usuario. *CIDIP 2017 Cádiz (Spain)*.

- Nuevo método eXperience Capturer (XC), un método de evaluación de la UX en la interacción con HMIs industriales, tomando en cuenta los aspectos

pragmáticos y experienciales en las tres fases de la interacción, con un enfoque multimétodo que combina herramientas cuantitativas, cualitativas y de monitorización.

**Publicaciones relacionadas:**

Aranburu, E. & Lasa, G. (2017). EIEH: Industriako interakzio digitalak diseinatzeko erraminta berria. En *Ikerkagazte 2017*. Pamplona, Spain.

Aranburu, E., Lasa, G., Mazmela, M. & Gerrikagoitia, J.K. (2017). Experience Context Capturer (ECC): new approach to analyse the user experience context within the industrial HMI environments. *XXVI. International RESER Conference*. Bilbao, Spain.

Aranburu, E., Lasa, G. & Gerrikagoitia, J.K. (2018). Evaluating the Human Machine Interface Experience in Industrial Workplaces. *Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference (HCI 2018)*. Belfast, UK, 4 - 6 July 2018. <http://dx.doi.org/10.14236/ewic/HCI2018.93>

Aranburu, E., Lasa, G., Gerrikagoitia, J.K. & Mazmela, M. (aceptado). Caso de estudio de la herramienta de evaluación experience Capturer en el proceso de diseño de un HMI industrial. *Sustainability (I.F.:2,592; Q2)*.

- HEMEI: nueva herramienta de evaluación experta de la UX en HMIs industriales, evaluando tanto los aspectos pragmáticos como experienciales de la interacción.

**Publicaciones relacionadas:**

Aranburu, E., Lasa, G., & Gerrikagoitia, J. K. (2019, June). HEMEI: new user experience evaluation tool for Human-Machine Interfaces. In *Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction* (pp. 1-2).

- Modelo DEMOX, un nuevo procedimiento de evaluación y diseño de la UX en HMIs industriales, para facilitar la integración de dichos conocimientos en los procesos actuales de las empresas manufactureras.

**Publicaciones relacionadas:**

Aranburu, E., Lasa, G, & Gerrikagoitia, J.K. (En revisión). Assessing the Human Machine Interfaces beyond the usability: a new approach to decode the interaction in workplaces. *Cognition, Technology and Work (I.F.:1,188; Q3)*.

Aranburu, E., Mazmela, M. y Lasa, G. (aceptado). Factores críticos de las interfaces industriales para la digitalización de la industria. Capítulo de libro en

*Industria 4.0 y la Dirección e Ingeniería de Proyectos* del Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, en coedición con la Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos (AEIPRO).

Finalmente, mencionar que también se ha trabajado como coautor en los siguientes artículos:

Lasa-Erle, G., González-Ochoantesana, I., Justel-Lozano, D., Beitia-Amondarain, A., & Aranburu-Zabalo, E. (2017). UX toolkit: una nueva guía de herramientas para la evaluación de la experiencia de usuario. *CIDIP 2017* Cádiz (Spain)

Mazmela-Etxabe, M., Lasa-Erle, G., Aranburu-Zabalo, E., Gonzalez-Ochoantesana, I., & Val-Jauregi, E. (2018). La influencia de los entornos interactivos adaptados en la aceptación de interfaces industriales actuales. *CIDIP 2018* Madrid (Spain)

Lasa-Erle, G., Aranburu-Zabalo, E., Mazmela-Etxabe, M., Justel-Lozano, D., & Reguera-Bakhache, D. (2018). Nuevos planteamientos para integrar aspectos emocionales en la evaluación heurística de las soluciones digitales. *CIDIP 2018* Madrid (Spain)

Mazmela, M., Lasa, G., Aranburu, E., Gonzalez, I., & Reguera, D. (2018, September). TAMUX model for industrial HMI evaluation from UX and task performance perspective. In *Proceedings of the XIX International Conference on Human Computer Interaction* (pp. 1-2).

Mazmela Etxabe, M., Lasa Erle, G., Aranburu Zabalo, E., Tomás Malón, P., & Anaya Rodríguez, M. (2019). La evaluación de la ejecución de tareas por parte de los usuarios en interfaces industriales mediante el cuestionario USE. *CIDIP 2019* Málaga (Spain)

Mazmela-Etxabe, M., Lasa-Erle, G. & Aranburu-Zabalo, E. (2019). El componente experiencial para la apropiación tecnológica. *DYNA*, 94(5) (I.F.: 0,629; Q4).

Mazmela-Etxabe, M., Lasa-Erle, G. & Aranburu-Zabalo, E. (2019). Revisión del componente experiencial en los modelos de aceptación tecnológica y teorías de ajuste durante las interacciones con sistemas digitales. *DYNA New Technologies*, 6(1).



## 6.4 LÍNEAS FUTURAS

En la presente tesis doctoral se ha podido cumplir con los objetivos establecidos y validar las hipótesis planteadas. No obstante, al ser uno de los primeros trabajos que tratan de integrar los conocimientos de la UX en los entornos de máquina-herramienta, en este contexto, se han identificado otras nuevas líneas de investigación que merecen ser analizadas y trabajadas en un futuro próximo. Con este objetivo, se proponen las siguientes líneas futuras:

**Línea futura 1:** En el caso de estudio MHLAB I, al emplear la herramienta PANAS-X en la evaluación de las emociones de los usuarios, se ha interpretado que los adjetivos de valoración no estaban adaptados a las experiencias que suceden en los entornos de trabajo industriales. Por ello, una posible línea de investigación podría centrarse en la adaptación de dichos adjetivos de valoración, en analizar otra herramienta de evaluación o incluso en crear una nueva que permitiera a los usuarios plasmar de forma más identificable las emociones vividas durante la interacción con interfaces industriales.

**Línea futura 2:** Siguiendo la línea del uso del dispositivo de eye-tracker y viendo el potencial que muestran este tipo de dispositivos (Peruzzini et al., 2018), se vislumbra una línea de trabajo muy prometedora relacionada con el análisis y la integración del dispositivo de monitorización EEG (electroencefalograma). Este dispositivo permite monitorizar la actividad emocional y cognitiva de los usuarios, lo cual nos permitiría recoger información más objetiva sobre cómo los usuarios están viviendo la experiencia, en lugar de únicamente recoger su percepción una vez la experiencia haya finalizado.

**Línea futura 3:** En relación con el trabajo a publicar en el capítulo de libro sobre Industria 4.0 y la Dirección e Ingeniería de Proyectos, se propone una posible línea de investigación que tuviera como objetivo analizar la relación entre el diseño UX de las interfaces industriales y su influencia en el rendimiento de los operarios. Sería interesante poder mostrar y argumentar que, en la experiencia con el nuevo diseño, además de reducir el número de errores en la ejecución de tareas y aumentar el cumplimiento de las motivaciones, existe una mejora cuantitativa en el rendimiento de los operarios.

**Línea futura 4:** En el caso de estudio MHLAB IV se ha detectado que la evaluación de los aspectos experienciales mediante la herramienta HEMEI debe estar acompañado de otro tipo de recursos para facilitar su identificación. A pesar de que en todas las aplicaciones se detectaron como mínimo 2 aspectos experienciales a mejorar, se ha

intuido que el número de aspectos detectados podría ser mayor. Por lo tanto, se propone investigar como posibles líneas de trabajo la reformulación de las frases de los aspectos de evaluación o la incorporación de ejemplos sobre cómo se plasmarían los aspectos experienciales en el diseño de las aplicaciones, con el fin de facilitar la comprensión sobre cómo realizar la evaluación.

**Línea de futuro 5:** Con el objetivo de facilitar al máximo la introducción del proceso de diseño y evaluación de la UX en los procesos de las empresas de máquina-herramienta, se visualiza como posible línea futura la creación de una guía que recoja el procedimiento del modelo DEMOX. En esta guía, además de la explicación del método XC y la herramienta HEMEI, se mostraría el proceso paso a paso junto con las herramientas necesarias para ejecutar el diseño y evaluación de interfaces industriales.

## Capítulo 7

# Bibliografía

---



## 7 Bibliografía

- Agarwal, R., & Venkatesh, V. (2002). Assessing a firm's web presence: a heuristic evaluation procedure for the measurement of usability. *Information Systems Research*, 13(2), 168–186.
- 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*, 93–102.
- Anderson, S. P. (2006). Creating Pleasurable Interfaces: Getting from Tasks to Experiences. Retrieved September, 15, 2009.
- Aranburu-Zabalo, E., Lasa-Erle, G., Iruretagoiena-Irazusta, G., Reguera-Bakhache, D., & Gerrikagoitia-Arrien, J.-K. (2017). New user centered methodologies for software development in the industry 4.0 era. *Dyna (Spain)*, 92(5). <https://doi.org/10.6036/8447>
- 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. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2689–2698.
- 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)
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49–59.
- Brhel, M., Meth, H., Maedche, A., & Werder, K. (2015). Exploring principles of user-centered agile software development: A literature review. *Information and Software Technology*, 61, 163–181. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.01.004>
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189(194), 4–7.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age : work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.
- Buchner, R., Kluckner, P. M., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2013). Assisting maintainers in the semiconductor factory: iterative co-design of a mobile interface and a situated display. *Proceedings of the 12th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, 1–2.
- Buchner, R., Wurhofer, D., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2013). Robots in time: How user experience in human-robot interaction changes over time. *International Conference on Social Robotics*, 138–147.
- Burmester, M., Zeiner, K. M., Laib, M., Hermosa Perrino, C., & Queßeleit, M.-L. (2015). Experience Design and Positive Design as an alternative to classical human factors approaches. *INTERACT 2015 Adjunct Proceedings*, 153–160.
- Cherniss, C., Extein, M., Goleman, D., & Weissberg, R. P. (2006). Emotional intelligence: what

## 7. Bibliografía

- does the research really indicate? *Educational Psychologist*, 41(4), 239–245.
- Dagenais-Desmarais, V., & Savoie, A. (2012). What is psychological well-being, really? A grassroots approach from the organizational sciences. *Journal of Happiness Studies*, 13(4), 659–684.
- Danobatgroup S.Coop. (2012). *DoGrind*.
- Davidson, R. J., Kabat-Zinn, J., Schumacher, J., Rosenkranz, M., Muller, D., Santorelli, S. F., Urbanowski, F., Harrington, A., Bonus, K., & Sheridan, J. F. (2003). Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine*, 65(4), 564–570.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 319–340.
- DBZ. (2014). *Metodología para la innovación centrada en el usuario*. Programa para la promoción de Gipuzkoa como un territorio que aprende 2013. Diputación de Gipuzkoa.
- del Val Román, J. L. (2016). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. *Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII*.
- Desmet, P. M. a., & Hekkert, P. (2007). Framework of Product Experience. *International Journal of Design*, 1(1), 57–66. <https://doi.org/10.1162/074793602320827406>
- Desmet, P., Overbeeke, K., & Tax, S. (2001). Designing products with added emotional value: Development and application of an approach for research through design. *The Design Journal*, 4(1), 32–47.
- Dežmar-Krainz, K. (2015). Enhancing wellbeing of employees through corporate social responsibility context. *Megatrend Revija*, 12(2), 137–153.
- Díaz-Oreiro, I., López, G., Quesada, L., & Guerrero, L. A. (2019). Standardized Questionnaires for User Experience Evaluation: A Systematic Literature Review. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 31(1), 14.
- Edwards, K., & Jensen, P. L. (2014). Design of systems for productivity and well being. *Applied Ergonomics*, 45(1), 26–32.
- EFFRA European Factories of the Future Research Association. (2019). *EFFRA Vision for a manufacturing partnership in Horizon Europe*.
- ENGAGE. (2006). *Report on the evaluation of generative tools and methods for 'emotional design'*. Deliverable D15.3.
- Fallman, D., Kruzeniski, M., & Andersson, M. (2005). Designing for a collaborative industrial environment: the case of the ABB Powerwall. *Proceedings of the 2005 Conference on Designing for User EXperience*, 41-es.
- Forlizzi, J., & Battarbee, K. (2004). Understanding experience in interactive systems. *Proceedings of the 2004 Conference on Designing Interactive Systems Processes, Practices, Methods, and Techniques - DIS '04*, 261. <https://doi.org/10.1145/1013115.1013152>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26.
- Froehlich, J., Chen, M. Y., Consolvo, S., Harrison, B., & Landay, J. A. (2007). MyExperience: a system for in situ tracing and capturing of user feedback on mobile phones. *Proceedings of the 5th International Conference on Mobile Systems, Applications and Services*, 57–70.
- Garrett, J. J. (2010). *Elements of user experience, the: user-centered design for the web and beyond*. Pearson Education.
- Ghazizadeh, M., Lee, J. D., & Boyle, L. N. (2012). Extending the Technology Acceptance Model to assess automation. *Cognition, Technology & Work*, 14(1), 39–49.
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zuhlke, D. (2014). Human-machine-interaction in the industry 4.0 era. *2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics*

## 7. Bibliografia

- (INDIN), 289–294. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2014.6945523>
- Harbich, S., & Hassenzahl, M. (2008). Beyond task completion in the workplace: execute, engage, evolve, expand. In *Affect and Emotion in Human-Computer Interaction* (pp. 154–162). Springer.
- Harbich, S., & Hassenzahl, M. (2011). Using behavioral patterns to assess the interaction of users and product. *International Journal of Human-Computer Studies*, 69(7–8), 496–508.
- 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.
- Hassenzahl, M. (n.d.). *Attrakdiff*. Retrieved March 27, 2020, from <http://www.attrakdiff.de/>
- Hassenzahl, M. (2005). *Funology*. 3(April). <https://doi.org/10.1007/1-4020-2967-5>
- Hassenzahl, M. (2010). Experience Design: Technology for All the Right Reasons. *Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics*, 3(1), 1–95. <https://doi.org/10.2200/S00261ED1V01Y201003HCI008>
- Hassenzahl, M. (2018). The thing and I: understanding the relationship between user and product. In *Funology 2* (pp. 301–313). Springer.
- Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In *Mensch & Computer 2003* (pp. 187–196). Springer.
- Hassenzahl, M., Eckoldt, K., Diefenbach, S., Laschke, M., Len, E., & Kim, J. (2013). Designing moments of meaning and pleasure. Experience design and happiness. *International Journal of Design*, 7(3).
- Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006). User experience—a research agenda. *Behaviour & Information Technology*, 25(2), 91–97.
- Hassenzahl, M., Wiklund-Engblom, A., Bengs, A., Hägglund, S., & Diefenbach, S. (2015). Experience-oriented and product-oriented evaluation: psychological need fulfillment, positive affect, and product perception. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31(8). <https://doi.org/10.1080/10447318.2015.1064664>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 3928–3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Hertzum, M., & Jacobsen, N. E. (2001). The evaluator effect: A chilling fact about usability evaluation methods. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13(4), 421–443.
- Horvath, I. (2008). Differences between 'research in design context' and 'design inclusive research' in the domain of industrial design engineering. *Journal of Design Research*, 7(1), 61–83.
- HUMAINE D9j: Final report on WP9. (2008).
- Ideko S. Coop. (2019). *ikDAS*.
- Ikonen, V., Kaasinen, E., & Niemelä, M. (2009). Defining Ethical Guidelines for Ambient Intelligence Applications on a Mobile Phone. *Intelligent Environments (Workshops)*, 261–268.
- Isen, A. M. (2001). An influence of positive affect on decision making in complex situations: Theoretical issues with practical implications. *Journal of Consumer Psychology*, 11(2), 75–85.
- ISO/IEC 9126:1991. (1991). *Software engineering -- Product quality*.
- ISO 9241-11:1998. (1998). *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability*.
- ISO 9241-11:2019. (2019). *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.*
- Jordan, P. W. (2002). *Designing pleasurable products: An introduction to the new human factors.* CRC press.
- Kaasinen, E., Liinasuo, M., Schmalfu, F., Mach, S., & Malm, T. (2019). *A Worker-Centric Design and Evaluation Framework for Operator 4.0 Solutions that Support Work Well-Being.* 544, 263–282. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05297-3>
- Kaasinen, E., Roto, V., Hakulinen, J., Heimonen, T., Jokinen, J. P. P., Karvonen, H., Keskinen, T., Koskinen, H., Lu, Y., & Saariluoma, P. (2015). Defining user experience goals to guide the design of industrial systems. *Behaviour & Information Technology*, 34(10), 976–991.
- Kaasinen, E., Schmalfuß, F., Öztürk, C., Aromaa, S., Boubekour, M., Heilala, J., Heikkilä, P., Kuula, T., Liinasuo, M., Mach, S., Mehta, R., Petäjä, E., & Walter, T. (2019). Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions. *Computers and Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.052>
- Karapanos, E., Zimmerman, J., Forlizzi, J., Martens, J., Greenberg, S., & Hudson, S. E. (2009). User experience over time: an initial framework. *27th Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2009).*
- Khalid, H. M., & Helander, M. G. (2006). Customer emotional needs in product design. *Concurrent Engineering*, 14(3), 197–206.
- Klapperich, H., Laschke, M., & Hassenzahl, M. (2018). The positive practice canvas: gathering inspiration for wellbeing-driven design. *Proceedings of the 10th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, 74–81.
- Kluckner, P. M., Buchner, R., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2013). Collaborative reporting tools: an analysis of maintainance activities in a semiconductor factory. *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 508–515.
- Kluckner, P. M., Buchner, R., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2012). Repair now: Collaboration between maintainers, operators and equipment in a cleanroom. *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work Companion*, 143–146.
- Kort, B., Reilly, R., & Picard, R. W. (2001). An affective model of interplay between emotions and learning: Reengineering educational pedagogy-building a learning companion. *Advanced Learning Technologies, 2001. Proceedings. IEEE International Conference On*, 43–46.
- Lallemand, C., Gronier, G., & Koenig, V. (2015). User experience: A concept without consensus? Exploring practitioners' perspectives through an international survey. *Computers in Human Behavior*, 43(November 2016), 35–48. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.048>
- Lallemand, C., & Koenig, V. (2017). Lab testing beyond usability: challenges and recommendations for assessing user experiences. *Journal of Usability Studies*, 12(3), 133–154.
- 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>
- Larson, R., & Csikszentmihalyi, M. (2014). The experience sampling method. In *Flow and the foundations of positive psychology* (pp. 21–34). Springer.
- Lasa Erle, G., González Ochoantesana, I., Reguera Bakhache, D., & Etxebeste Larrañaga, U. (2017). *UXER: Nueva herramienta para la evaluación heurística de la experiencia en entornos interactivos digitales.*
- Lasa, G., Justel, D., & Retegi, A. (2015). Eyeface: A new multimethod tool to evaluate the perception of conceptual user experiences. *Computers in Human Behavior*, 52, 359–363. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.06.015>



## 7. Bibliografía

- Laschke, M., Uhde, A., & Hassenzahl, M. (2020). Positive Work Practices. Opportunities and Challenges in Designing Meaningful Work-related Technology. *ArXiv Preprint ArXiv:2003.05533*.
- 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.
- Laugwitz, Bettina, Held, T., & Schrepp, M. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. *Symposium of the Austrian HCI and Usability Engineering Group*, 63–76.
- Lavie, T., & Tractinsky, N. (2004). Assessing dimensions of perceived visual aesthetics of web sites. *International Journal of Human-Computer Studies*, 60(3), 269–298.
- Law, E. L.-C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. P. O. S., & Kort, J. (2009). Understanding, scoping and defining user experience. *Proceedings of the 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI 09, April 2016*, 719. <https://doi.org/10.1145/1518701.1518813>
- Lee, J., Kao, H.-A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- 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>
- Lenz, E., Hassenzahl, M., & Diefenbach, S. (2017). Aesthetic interaction as fit between interaction attributes and experiential qualities. *New Ideas in Psychology*, 47, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2017.03.010>
- Lu, Y., & Roto, V. (2015). Evoking meaningful experiences at work—a positive design framework for work tools. *Journal of Engineering Design*, 26(4–6), 99–120.
- Maia, C. L. B., & Furtado, E. S. (2016). A systematic review about user experience evaluation. *International Conference of Design, User Experience, and Usability*, 445–455.
- Mankoff, J., Dey, A. K., Hsieh, G., Kientz, J., Lederer, S., & Ames, M. (2003). Heuristic evaluation of ambient displays. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 169–176.
- Masip Ardévol, L. (2013). User experience methodology for the design and evaluation of interactive systems. *TDX (Tesis Doctorals En Xarxa)*.
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370.
- Mead, G. H., Murphy, A. E., & Dewey, J. (1934). *The philosophy of the present*.
- Merete, H., & Slette, F. (2016). *Interactivity attributes – controlling the ‘feeling’ of an interactive product Perspectives on designing interactivity*. 1–12.
- Meschtscherjakov, A., Kluckner, P., Pöhr, F., Reitberger, W., Weiss, A., Tscheligi, M., Hohenwarter, K. H., & Oswald, P. (2011). Ambient persuasion in the factory: The case of the Operator Guide. *2011 IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference*, 1–6.
- Meschtscherjakov, A., Reitberger, W., Pöhr, F., & Tscheligi, M. (2010). The operator guide: An ambient persuasive interface in the factory. *International Joint Conference on Ambient Intelligence*, 117–126.
- Meza-Kubo, V., Morán, A. L., Carrillo, I., Galindo, G., & García-Canseco, E. (2016). Assessing the user experience of older adults using a neural network trained to recognize emotions from brain signals. *Journal of Biomedical Informatics*, 62, 202–209.
- Miaskiewicz, T., & Kozar, K. A. (2011). Personas and user-centered design: How can personas benefit product design processes? *Design Studies*, 32(5), 417–430. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.03.003>

## 7. Bibliografia

- Minge, M., Thüring, M., Wagner, I., & Kuhr, C. V. (2017). The meCUE Questionnaire: A Modular Tool for Measuring User Experience. In *Advances in Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations* (pp. 115–128). Springer.
- Mogensen, K. Æ. (2006). Creative Man. In *Copenhagen Institute for Futures Studies*.  
<https://fwsymnetics.com.br/wp-content/uploads/2017/04/CreativeMan.pdf>
- Mori, D. (n.d.). *Celos by DMG Mori*. <https://celos.dmgmori.com/en.html>
- Nenonen, S., Rasila, H., Junnonen, J.-M., & Kärnä, S. (2008). Customer Journey—a method to investigate user experience. *Proceedings of the Euro FM Conference Manchester*, 54–63.
- Nielsen, J. (1994). Enhancing the explanatory power of usability heuristics. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 152–158.
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 249–256.
- Nilsson-Witell, L., & Fundin, A. (2005). Dynamics of service attributes: a test of Kano's theory of attractive quality. *International Journal of Service Industry Management*.
- Norman and Nielsen Group. (n.d.). *The definition of User Experience*.
- Norman, D. (2002). Emotion & design: attractive things work better. *Interactions*, 9(4), 36–42.
- Norman, D. A. (2004). *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. Basic Civitas Books.
- Nykänen, E., Tuomaala, P., Laarni, J., Dhinakaran, K., Saarinen, K., Yli-Karhu, T., Hämäläinen, K., Koskela, T., Eerikäinen, H., & Salminen-Tuomaala, M. (2016). *A user-oriented, evidence-based design project of the first Finnish single room ICU: Results of EVICURES project*.
- O'Brien, H. L. (2010). The influence of hedonic and utilitarian motivations on user engagement: The case of online shopping experiences. *Interacting with Computers*, 22(5), 344–352.
- Obrist, M., Reitberger, W., Wurhofer, D., Förster, F., & Tscheligi, M. (2011). User experience research in the semiconductor factory: A contradiction? *IFIP Conference on Human-Computer Interaction*, 144–151.
- Osswald, S., Buchner, R., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2012). Using participatory design to investigate technology usage in the cleanroom of a semiconductor factory. *Workshop The Message in the Bottle: Best Practices for Transferring the Knowledge from Qualitative User Studies at DIS*, 12.
- Osswald, S., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2013). Designing wearable devices for the factory: Rapid contextual experience prototyping. *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 517–521.
- Park, B. (2009). Psychophysiology as a tool for HCI research: promises and pitfalls. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 141–148.
- Peruzzini, M., Grandi, F., & Pellicciari, M. (2017). Benchmarking of tools for User eXperience analysis in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 806–813.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.182>
- Peruzzini, M., Grandi, F., & Pellicciari, M. (2018). Exploring the potential of Operator 4.0 interface and monitoring. *Computers & Industrial Engineering*, 105600.
- Petrie, H., & Bevan, N. (2009). The evaluation of accessibility, usability and user experience. *The Universal Access Handbook*, 299–315.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org.ezproxy1.lib.asu.edu/10.1037/1082-989X.7.3.338>
- Pettersson, I., Lachner, F., Frison, A.-K., Riener, A., & Butz, A. (2018). A Bermuda Triangle?: A Review of Method Application and Triangulation in User Experience Evaluation. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 461.
- Pfeiffer, T., Hellmers, J., Schon, E.-M., & Thomaschewski, J. (2016). Empowering User Interfaces for Industrie 4.0. *Proceedings of the IEEE*, 104(5), 986–996.  
<https://doi.org/10.1109/JPROC.2015.2508640>

## 7. Bibliografía

- Pierotti, D. (1995). Heuristic evaluation-a system checklist. *Xerox Corporation*, 12.
- Pine, B. J., & Gilmore, J. H. (1998). Welcome to the experience economy. *Harvard Business Review*, 76, 97–105.
- Poole, A., & Ball, L. J. (2006). Eye tracking in HCI and usability research. In *Encyclopedia of human computer interaction* (pp. 211–219). IGI Global.
- Rauschenberger, M., Schrepp, M., Perez-Cota, M., Olschner, S., & Thomaschewski, J. (2013). Efficient Measurement of the User Experience of Interactive Products. How to use the User Experience Questionnaire (UEQ). Example: Spanish Language Version. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2(1), 39. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2013.215>
- Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Å., & Gorecky, D. (2016). Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies. *International Conference on Computers and Industrial Engineering (CIE46) Proceedings*.
- Roto, V., Kaasinen, E., Heimonen, T., Karvonen, H., Jokinen, J. P. P., Mannonen, P., Nousu, H., Hakulinen, J., Lu, Y., & Saariluoma, P. O. (2017). Utilizing experience goals in design of industrial systems. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 6993–7004.
- Roto, V., Kaasinen, E., Heimonen, T., Karvonen, H., Jokinen, J. P. P., Mannonen, P., Nousu, H., Hakulinen, J. S., Lu, Y., Saariluoma, P. O., Kymäläinen, T., Keskinen, T., Turunen, M., Maria, H., & Koskinen, K. (2017). *Utilizing Experience Goals in Design of Industrial Systems*.
- S.Coop., S. (n.d.). *HMI inteligente*. <https://www.soraluce.com/es/interfaz-inteligente>
- Savioja, P., & Norros, L. (2008). Systems usability—promoting core-task oriented work practices. In *Maturing Usability* (pp. 123–143). Springer.
- Segura, Á., Diez, H. V., Barandiaran, I., Arbelaiz, A., Álvarez, H., Simões, B., Posada, J., García-Alonso, A., & Ugarte, R. (2018). Visual computing technologies to support the Operator 4.0. *Computers and Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.060>
- Shedroff, N. (2001). *Experience design 1*. New Riders Publishing.
- 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>
- Shneiderman, B. (2010). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Pearson Education India.
- Shove, E., Pantzar, M., & Watson, M. (2012). *The dynamics of social practice: Everyday life and how it changes*. Sage.
- Siemens. (2019). *HMI Design Workbook*. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/hmi-design-workbook.html>
- Stadler, S., Mirnig, N., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2012). Feedback is like Cinderella! The important role of feedback when humans and robots are working together in the factory. *Workshop "Feedback in HRI" at RO-MAN*.
- Stadler, S., Weiss, A., Mirnig, N., & Tscheligi, M. (2013). Anthropomorphism in the factory—a paradigm change? *2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, 231–232.
- Stadler, S., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2014). I trained this robot: the impact of pre-experience and execution behavior on robot teachers. *The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 1030–1036.
- Stollnberger, G., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2012). *The effect of input modalities and different levels of task complexity on feedback perception in a human-robot collaboration task*.

## 7. Bibliografia

- Stollnberger, G., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2013a). "The harder it gets" Exploring the interdependency of input modalities and task complexity in human-robot collaboration. *2013 IEEE RO-MAN*, 264–269.
- Stollnberger, G., Weiss, A., & Tscheligi, M. (2013b). Input modality and task complexity: Do they relate? *2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, 233–234.
- Strasser, E., Weiss, A., Grill, T., Osswald, S., & Tscheligi, M. (2012). Combining implicit and explicit methods for the evaluation of an ambient persuasive factory display. *International Joint Conference on Ambient Intelligence*, 113–128.
- Sward, D., & Macarthur, G. (2007). Making user experience a business strategy. *E. Law et Al.(Eds.), Proceedings of the Workshop on Towards a UX Manifesto*, 3, 35–40.
- Thüring, M., & Mahlke, S. (2007). Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction. *International Journal of Psychology*, 42(4), 253–264. <https://doi.org/10.1080/00207590701396674>
- Tiusanen, R. (2014). An approach for the assessment of safety risks in automated mobile work-machine systems. *VTT Science*; 69.
- Tobiipro.* (2018). [www.tobiipro.com](http://www.tobiipro.com)
- Tuch, A. N., Schaik, P. Van, & Hornbæk, K. (2016). Leisure and work, good and bad: The role of activity domain and valence in modeling user experience. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 23(6), 1–32.
- User Experience Network.* (n.d.). Retrieved January 22, 2014, from <http://www.uxnet.org/>
- Väänänen-Vainio-Mattila, K., Roto, V., & Hassenzahl, M. (2008). Towards practical user experience evaluation methods. *Meaningful Measures: Valid Useful User Experience Measurement (VUUM)*, 19–22.
- Väänänen-vainio-mattila, K., & Wäljas, M. (2009). *Developing an Expert Evaluation Method for User eXperience of Cross-Platform Web Services*. 162–169.
- 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. *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, 521–530.
- Von Saucken, C., & Gomez, R. (2014). Unified user experience model enabling a more comprehensive understanding of emotional experience design. *Proceedings of the 9th International Conference on Design and Emotion: The Colors of Care*, 631–640.
- Vyas, D., Veer, G. C. Van Der, & van der Veer, G. C. (2006). Experience as Meaning : Some Underlying Concepts and Implications for Design. *13th European Conference on Cognitive Ergonomics*, 1, 81–91. <https://doi.org/10.1145/1274892.1274906>
- Watson, D., & Clark, L. A. (1999). *The PANAS-X: Manual for the positive and negative affect schedule-expanded form*.
- Weiss, A, Kluckner, P. M., Buchner, R., & Tscheligi, M. (2012). Contextual researches: Challenges and approaches in the factory context. *Workshop at CSCW*.
- Weiss, Astrid, Buchner, R., Tscheligi, M., & Fischer, H. (2011). Exploring human-robot cooperation possibilities for semiconductor manufacturing. *2011 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 173–177.
- Wilson, C. (2013). *Interview techniques for UX practitioners: A user-centered design method*. Newnes.
- Wright, P., & McCarthy, J. (2010). Experience-Centered Design: Designers, Users, and Communities in Dialogue. *Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics*, 3(1), 1–123. <https://doi.org/10.2200/S00229ED1V01Y201003HCI009>
- Wurhofer, D., Buchner, R., & Tscheligi, M. (2014). Research in the semiconductor factory: Insights into experiences and contextual influences. *2014 7th International Conference on*

## 7. Bibliografía

*Human System Interactions (HSI)*, 129–134.

Wurhofer, D., Fuchsberger, V., Meneweger, T., Moser, C., & Tscheligi, M. (2015). Insights from user experience research in the factory: What to consider in interaction design. *IFIP Working Conference on Human Work Interaction Design*, 39–56.

ZABALO, E. A., ERLE, G. L., REGUERA, D., GERRIKAGOITIA, J. O. N. K., & IRURETAGOIANA, G. (2017). METODOLOGÍA UCAD: NUEVO PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE INTERFACES CENTRADO EN EL USUARIO PARA LA INDUSTRIA 4.0. *DYNA New Technologies*, 4(1).

Zeiner, K. M., Burmester, M., Haasler, K., Henschel, J., Laib, M., & Schippert, K. (2018). Designing for Positive User Experience in Work Contexts – Experience Categories and their Applications. *Human Technology*, 14(1), 140–175.



## Capítulo 8

# Anexos







## 8 Anexos

En este apartado se recogen los anexos relacionados con los trabajos desarrollados durante la tesis doctoral.

### 8.1 TABLA DE CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE LA UX

A continuación, se muestra la tabla mencionada en el apartado 2.6.2. del estudio críticos del estado del arte. Esta tabla tiene como objetivo identificar carencias y oportunidades en el campo del HCI sobre métodos y herramientas de evaluación de la UX (Tabla 52). Para ello, se han clasificado los métodos y herramientas identificados bajo los siguientes 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 interfaz industrial (Int.I).
- **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.).

**Tabla 52:** Tabla comparativa de métodos y herramientas de evaluación de la UX

Métodos	Tipo de aplicación				Fuente		Dimensión		Periodo tiempo			de Tipo de estudio		Tipo de método		
	Web/PC	Móv.	Pr.	Int.I.	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																

8. Anexos

ESD															
Experience cards															
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															

8. Anexos

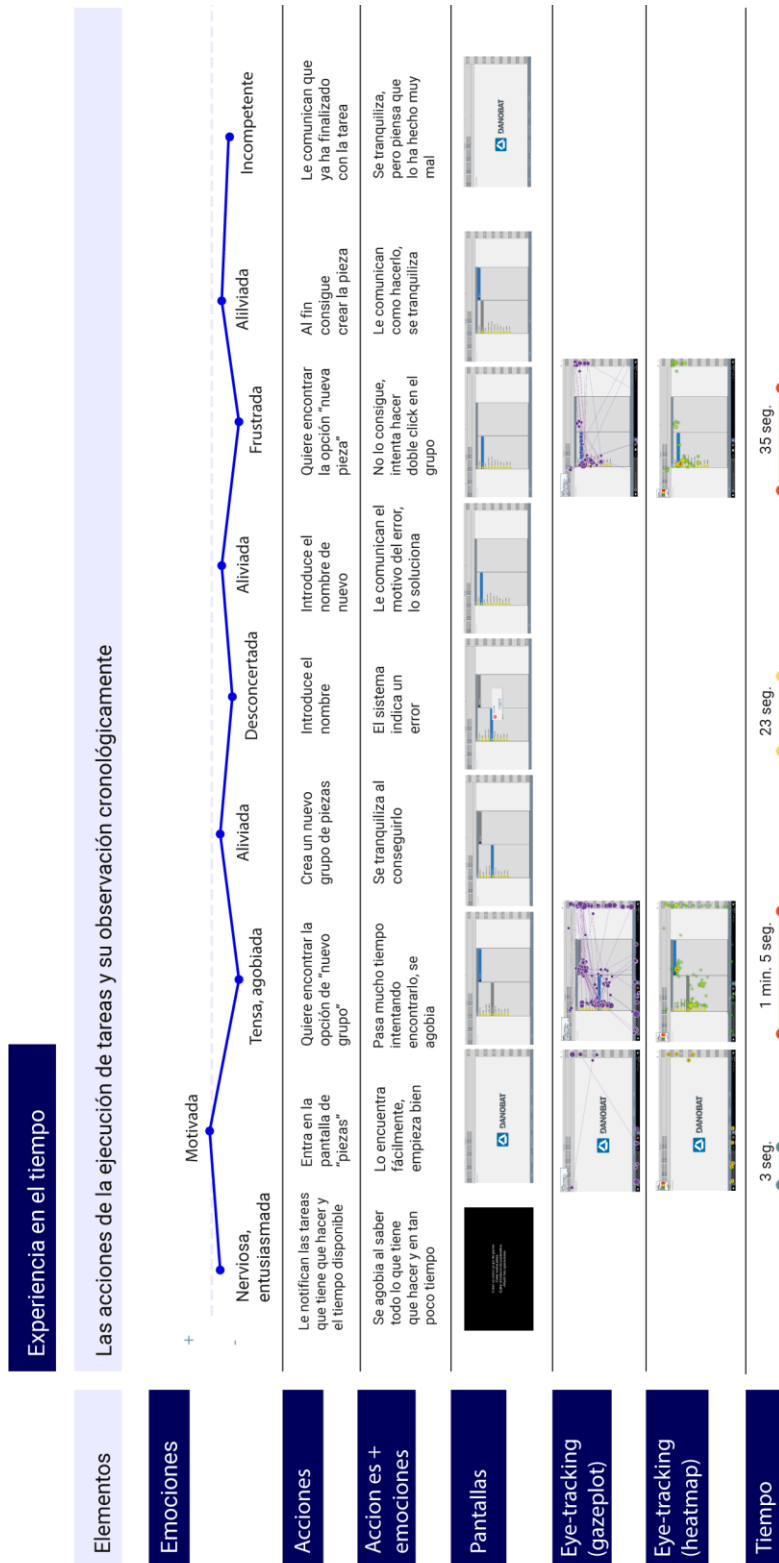
Mental effort															
Mental mapping															
Mindmap															
MSM															
NASA-TLX															
Open-heredeux															
OPOS															
PAD															
Paired comparison															
PCA															
PBI															
PAVEA															
Playability heuristics															
PANAS															
PrEmo															
Presence questionnaire															
PCC															
PAS															
PET															
PPA															
PSA															
Property checklist															
Psychopsys. measurement															
QSA GQM															
Reaction checklist															
RGT															

8. Anexos

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 goals															
UX Heuristics															
UX laddering															
Valance method															
WAMMI															
Workshops + probe															
XGoals															

## 8.2 VISUALIZACIÓN GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DE MHLAB I

En la siguiente Figura 50 se muestra parte de la visualización gráfica de los resultados de MHLAB I, relacionada a la fase “Durante” del método XC.



**Figura 50:** Parte de la visualización gráfica de los resultados de MHLAB I, relacionado con las fase “Durante” del método XC

### 8.3 HERRAMIENTA HEMEI

En este anexo se muestra de forma completa la primera versión de la herramienta HEMEI. En total se constituye por 173 aspectos de evaluación, de los cuales 127 son de carácter pragmático y 46 experienciales. Dichos aspectos están divididos en las siguientes 7 categorías: Navegación, Introducción de parámetros, Ejecución, Gestión de ficheros, Diagnóstico, GUI y General.

#### 8.3.1 Navegación

Aspectos relacionados con la navegación entre los elementos y las pantallas de las aplicaciones. 26 aspectos en total, de los cuales 19 son pragmáticos y 7 experienciales (Tabla 53).

**Tabla 53:** Aspectos de evaluación en la categoría Navegación de la primera versión de HEMEI

Navegación
<b>Aspectos pragmáticos</b>
El menú de navegación está presente en todas las pantallas.
El menú de navegación permite el acceso directo a las pestañas principales y con un único click (sin menú hamburguesa).
La aplicación es amplia y sencilla (muchos ítems en el menú) en vez de un menú profundo (con varios niveles).
La información que necesitan los usuarios es fácil de navegar y accesible en todas las páginas.
Cada pantalla ofrece la información necesaria para ejecutar la tarea en la primera página o a un solo click.
Las pantallas facilitan a los usuarios la realización de acciones frecuentes (atajos o elementos que destaquen, por ejemplo, para crear una nueva herramienta).
Existe una manera obvia y conveniente para moverse entre las páginas relacionadas y secciones y es fácil retornar a la página de inicio.
Las opciones de navegación (p.ej. el menú) están ordenadas en la manera más lógica y orientada a las tareas (en base al orden en la ejecución de tareas).
La ubicación y la navegación de las pestañas es intuitiva (se encuentran donde el usuario espera encontrarlas).
Cada página está claramente etiquetada con un útil y descriptivo título.
Los elementos de navegación contienen palabras clave que los usuarios necesitan para alcanzar su objetivo.
El accionamiento de los elementos y las micro interacciones tienen el mismo funcionamiento en las diferentes pantallas (son consistentes) (por ejemplo, se mantiene una misma sección en la pantalla donde se accionan las tareas).

## 8. Anexos

Hacer click en el botón “Regresar” siempre lleva al usuario de vuelta a la página de donde vino.
El logo de la organización está ubicado en el mismo lugar en todas las páginas y hacer click en el logo retorna al usuario a la página más lógica (e.j. página de inicio).
Existe una salida de la pantalla, del proceso y de la aplicación.
Es posible cancelar una acción finalizada o en proceso siempre que sea una opción funcional y operativa.
Si se usan menús desplegables, orden coherente o alfabético.
Para navegar en listas ofrece diferentes opciones como scroll pulsando en la propia lista o con flechas.
Emplea popups o ventanas emergentes para dirigir la atención de los operarios.
<b>Aspectos experienciales</b>
La navegación entre pantallas resulta fluida y agradable
Me siento capaz de acceder a las pantallas/pestañas deseadas con facilidad.
Puedo personalizar la manera de navegar y puedo adaptarla a mi manera de actuar.
Tengo el control sobre las acciones que se están ejecutando.
Tengo la seguridad de saber en qué pantalla y pestaña estoy en cada momento.
La navegación y el modo en el que se interactúa está adaptada a mis hábitos y tareas del día a día.
La navegación entre diferentes pantallas y elementos resulta estimulante.

### 8.3.2 Introducción de parámetros

Aspectos relacionados a la introducción de los parámetros para la ejecución de las piezas. En total contiene 25 aspectos, de los cuales 18 son pragmáticos y 7 experienciales (Tabla 54).

**Tabla 54:** Aspectos de evaluación de la categoría Introducción de Parámetros de la primera versión de HEMEI

<b>Introducción de parámetros</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
Facilitar el proceso de introducción de parámetros (por ejemplo, permitir progresar de una casilla a otra mediante las flechas, sin tener que quitar y poner de nuevo el teclado digital).
Se muestran cuáles son los parámetros necesarios a rellenar, los ya rellenados y los que están inactivos.
Los parámetros están agrupados de manera lógica y cada grupo tiene un título descriptivo.
En las casillas para introducir los valores el cursor es ubicado donde es necesario.
Facilidad de relacionar cada término con su casilla (poca distancia entre ambas).
Las cajas de texto y las casillas en los formularios tienen el tamaño adecuado para el dato que se debe



## 8. Anexos

introducir.
Los usuarios no necesitan introducir datos unitarios como mm o m/s.
Que se rellenen de forma automática los valores predeterminados.
Anticipación de los posibles parámetros, en base a acciones anteriores o habituales.
Se evita memorizar información de un lugar a otro (posibilidad de copiar y pegar o importar).
Se ofrecen listas de opciones para facilitar la introducción de parámetros cuando son preferibles.
Indicar medidas de los parámetros.
Que se indiquen los máximos y mínimos de cada valor.
El sitio permite a los usuarios personalizar los valores predeterminados y las variables de los parámetros.
Información adicional de los valores (dibujo, gráfico, texto, etc.)
Feedback al introducir un parámetro erróneo, indicando su motivo y proponiendo una solución.
Que exija validar (aceptar/guardar) al finalizar el proceso, con un feedback posterior que indique si se ha guardado.
Ofrecer acceso a la ayuda ante dudas en el proceso.
<b>Aspectos experienciales</b>
Se emplean visualizaciones que facilitan el proceso y estimulan al usuario.
La introducción de parámetros resulta fluido y puedo finalizar el proceso de forma rápida.
El sistema me aporta la ayuda necesaria para poder realizar el proceso por mi cuenta.
El sistema anticipa mis necesidades y facilita el proceso de introducción de parámetros.
Los términos empleados están adaptados a mis conocimientos y me siento capaz de rellenarlo.
Tengo la seguridad de que los parámetros se han guardado o enviado correctamente.
El proceso de introducción de parámetros me resulta agradable.

### 8.3.3 Ejecución

Aspectos relacionados con la muestra la información del estado de la ejecución de la máquina. Contiene 13 aspectos, 7 pragmáticos y 6 experienciales (Tabla 55).

**Tabla 55:** Aspectos de evaluación en la categoría Ejecución de la primera versión de HEMEI

<b>Ejecución</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
Mostrar de forma más clara posible el estado de la ejecución.
Facilitar diferentes visualizaciones.

## 8. Anexos

Ofrecer toda la información necesaria para mantener el control de la máquina y el proceso.
Categorizar la información de más a menos importante (que lo que más llame la atención sea lo más importante, que no sea una visualización plana y sin contrastes).
Atajos desde la pantalla para editar elementos que formen parte del proceso de ejecución.
La barra de progreso muestra el tiempo que lleva desde el inicio y cuánto falta por finalizar.
Mostrar en todas las pantallas el estado de ejecución para que el operario tenga el control de la situación.
<b>Aspectos experienciales</b>
Tengo el control de lo que está sucediendo en la máquina.
Siento la seguridad de que la pieza se está ejecutando correctamente.
La pantalla de ejecución incita a acceder a la información mostrada.
La pantalla e información mostrada me resulta atractiva.
Me siento capaz de comprender la información y entender el estado de ejecución con facilidad.
Puedo personalizar la información mostrada a mi manera.

### 8.3.4 Gestión de ficheros

Aspectos relacionados con la gestión de ficheros como las piezas, herramientas u operaciones. Esta categoría está formada por 28 aspectos, de los cuales 20 son pragmáticos y 8 experienciales (Tabla 56).

**Tabla 56:** Aspectos de evaluación en la categoría Gestión de Ficheros de la primera versión de HEMEI

<b>Gestión de ficheros</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
Facilita la creación y edición de ficheros mediante procesos intuitivos y con el mínimo de clicks (con botones que destaquen en la interfaz y pensados para ejecutarlos de la forma más rápida).
Mantiene un mismo procedimiento para la creación y edición de ficheros (mostrar de la misma manera los elementos como nuevo grupo, editar pieza, abrir herramienta, etc.).
Permite crear nuevos elementos partiendo de otros ya creados.
Para finalizar el proceso de creación/edición el operario debe validar la operación (aceptar/guardar).
El feedback informa cuando una acción está en proceso y cuando ha sido realizado con éxito o no.
Los ítems de una lista están categorizados según las necesidades de los usuarios a la hora de ejecutar las tareas.
Posibilidad de agrupar los elementos de la lista (por ejemplo, favoritos).
Acceso a los elementos habituales/favoritos de forma rápida.

## 8. Anexos

Previsualizar información sobre el elemento de la lista, para poder ver su información sin tener que acceder al elemento.
Información acerca del estado del elemento (sin configurar, ejecutando, etc.)
Posibilidad de personalizar la información que se ofrece.
Posibilidad de seleccionar múltiples elementos a la vez.
Permitir a los usuarios renombrar objetos y acciones en la interfaz (ej. Carpetas, ficheros, direcciones).
La opción de búsqueda es fácilmente reconocible como tal y está ubicada en donde los usuarios esperan encontrarla.
La búsqueda se encuentra accesible en las páginas necesarias.
A la hora de realizar una búsqueda la aplicación facilita opciones para mejorar la búsqueda.
El motor de búsqueda muestra las búsquedas anteriores.
La página de resultados de una búsqueda indica claramente cuántos resultados tuvo la búsqueda y el número de resultados que se muestran por página es configurable por el usuario.
La página de resultados de una búsqueda despliega meta-información que es útil, como el tamaño del documento, la fecha de creación y el tipo de documento (Word, pdf, etc.).
El espacio de búsqueda es suficientemente grande para manejar la longitud de las consultas más comunes.
<b>Aspectos experienciales</b>
Puedo gestionar los ficheros/elementos a mi manera (favoritos en una lista de elementos, etc.).
Me siento capaz de editar/crear ficheros/elementos con facilidad.
Tengo el control del estado en el que se encuentran los elementos.
El proceso de creación/edición de elementos resulta fluida y agradable.
Siento que el sistema me facilita el proceso de creación/edición adaptándose a mi modo de uso.
Muestra visualizaciones que además de facilitar el proceso estimulan al usuario.
La información que acompaña a cada elemento está basada en mis conocimientos.
En la creación/edición de elementos tengo la seguridad de la consecuencia de mis acciones.

### 8.3.5 Diagnóstico

Aspectos relacionados con la muestra de alarmas, errores y mantenimiento de la máquina. Contiene 19 aspectos, 12 pragmáticos y 7 experienciales (Tabla 57).

**Tabla 57:** Aspectos de evaluación en la categoría Diagnóstico de la primera versión de HEMEI

Diagnóstico
<b>Aspectos pragmáticos</b>
Las alarmas o mensajes de error indican cuál es el motivo del error.
Las alarmas o mensajes de error facilitan el arreglo de los problemas indicados.
Las confirmaciones y los avisos al usuario son breves y claros.
La notificación ofrece la oportunidad de acceder a más información u ocultarla momentáneamente.
La notificación está representada en la pantalla mediante un icono, para que el operario recuerde que el mensaje está ahí.
Pulsar en el icono de la alerta muestra información básica de la alerta, con un enlace a más información y a la pantalla de alertas/diagnóstico/alarmas.
Recoge las alarmas por fecha de creación.
La pantalla de errores tiene acceso a un apartado de ayuda.
Posibilidad de gestionar las alarmas y errores, para clasificarlas, eliminarlas, etc.
Es fácil contactar a alguien para asistencia.
La documentación de ayuda utiliza ejemplos.
La ayuda provee instrucciones paso a paso que ayudan a los usuarios a llevar cabo las tareas más importantes.
<b>Aspectos experienciales</b>
La alarma llama la atención y consigue que me dé cuenta que algo ha ocurrido.
El mensaje me aporta seguridad y reduce la sensación de inquietud y nerviosismo.
Soy capaz de entender la causa del problema y sé cómo solucionarlo.
La alarma trata de facilitar la solución del problema.
El mensaje trata de no culparme por el error ocurrido.
Soy capaz de entender la problemática.
Los mensajes tienen un lenguaje cercano y siento que el sistema trata de ayudarme.

### 8.3.6 GUI

Aspectos relacionados con la interfaz gráfica de las aplicaciones industriales, como la estética y la visualización del contenido. Reúne un total de 44 aspectos, de los cuales 37 son pragmáticos y 7 experienciales (Tabla 58).

**Tabla 58:** Aspectos de evaluación en la categoría GUI de la primera versión de HEMEI

GUI
<b>Aspectos pragmáticos</b>
La estética corresponde a los objetivos, características, contenidos y servicios de la aplicación.
El diseño visual de la aplicación corresponde a la marca de la compañía.
La estética se mantiene de forma consistente en la aplicación.
Los elementos con el mismo objetivo mantienen el mismo funcionamiento y estética durante todas las pantallas.
El sitio puede ser usado sin desplazamiento horizontal.
Es una interfaz limpia, sin ruido visual (márgenes suficientes, espacios en blanco, contrastes, etc.)
Existe un buen balance entre la densidad de la información y el uso del espacio en blanco.
Las páginas están libres de información irrelevante.
La información que muestra la página está ordenada.
La página está libre de información irrelevante.
La información está organizada y es mostrada de manera similar en cada página.
La información está organizada jerárquicamente, de lo general a lo específico, y la organización es clara y lógica.
La aplicación está pensada también para su uso táctil (botones con tamaño suficiente, menor cantidad posible de movimientos de brazos, etc.)
Que haya distancia suficiente entre botones para no pulsar en el sitio incorrecto.
El usuario debe percibir cuando se ha pulsado un botón (por ejemplo, con cambio de color).
Las páginas han sido diseñadas en una cuadrícula, es decir, con ítems y objetos alineados tanto horizontalmente como verticalmente.
Las etiquetas significativas, los colores usados en los fondos y el apropiado uso de bordes y espacios en blanco ayudan a los usuarios a identificar un conjunto de ítems como un bloque funcional.
Mostrar de forma clara qué elementos son pulsables.
Se distinguen los elementos con funciones diferentes (abrir una nueva pantalla o descargar algo).
Ofrecer feedbacks mediante simples animaciones para mostrar que se ha ejecutado la acción.
Los iconos y gráficos son intuitivos, concretos y familiares.

## 8. Anexos

La aplicación utiliza mapas, diagramas, gráficos, diagramas de flujo y otros componentes visuales en vez de puros bloques de texto.
La iconografía es relevante para la tarea a la que se refiere.
Minimizar los cambios continuos entre pulsar y escribir (mostrar escritorio y desaparecer).
Los elementos necesarios a pulsar para completar las acciones tratan de disminuir grandes movimientos de brazo alrededor de la pantalla.
Disminuir en medida de lo posible el uso de los teclados digitales.
Los teclados digitales no deben ser demasiado grandes, mejor hacer movimientos solo con los dedos que los brazos.
La colocación de los elementos evita tapar información importante con la mano.
Evita el uso de sliders (deslizadores) para concretar valores exactos.
En las sliders, la información de valores se expone en la parte superior, evitando tapparla con la mano.
Las fotografías tienen una correcta resolución.
Las características que atraen la atención (animaciones, negrita, elementos de diferente tamaño) son usadas adecuadamente (cuando son relevantes y para destacar contenido).
El interlineado es suficiente para leer sin problemas.
Las fuentes son legibles y tienen un tamaño suficiente.
Las imágenes "clickeables" tienen textos aclaratorios.
El texto está bien organizado, con títulos grandes, subtítulos, párrafos cortos y frases no demasiado largas.
El uso de texto en mayúscula es adecuado (se emplea para destacar títulos concretos pero el uso es moderado).
<b>Aspectos experienciales</b>
La aplicación me resulta atractiva.
La información visualizada me resulta comprensible y soy capaz de utilizarla para la ejecución de tareas.
Puedo personalizar la visualización del contenido e información.
Las visualizaciones me resultan estimulantes e incitan a conocer más sobre ellos.
Tengo el control de la situación de los elementos de la interfaz mediante visualizaciones indicativas.
Las diferentes visualizaciones me dan la sensación de que el sistema se preocupa por mí y trata de mejorar mi experiencia.
La visualización del contenido trata de facilitar mis tareas y ejecutarlas sin la ayuda de los demás.

### 8.3.7 General

Aspectos generales de la interacción con interfaces industriales, dirigidos a cualquier tipo de aplicación. En esta categoría se recogen 19 aspectos, 14 pragmáticos y 5 experienciales (Tabla 59).

**Tabla 59:** Aspectos de evaluación en la categoría General de la primera versión de HEMEI

General
<b>Aspectos pragmáticos</b>
La confirmación del usuario es requerida antes de llevar a cabo acciones potencialmente peligrosas (borrar algo).
La terminología es consistente en el uso de la aplicación.
El sitio pregunta antes de realizar acciones como cancelar, borrar o desconectarse.
Los diferentes usuarios tienen accesos diferentes (por ejemplo, si hay usuarios responsables del mantenimiento de la máquina).
La terminología del software no es ambigua ni específica de una región.
El formato de los datos es culturalmente apropiado (ej. millas para el Reino Unido)
La aplicación ofrece un feedback inmediato ante las acciones del usuario. (más específico según el tipo de tarea).
La aplicación mantiene al usuario informado de retrasos inevitables en la respuesta de alguna acción.
Es fácil obtener ayuda en la forma y momento oportuno.
Lenguaje amigable, familiar y cercano.
Los detalles del procesamiento interno de la aplicación se evita que sean expuestos al usuario.
Se emplea un lenguaje claro y conciso.
Cuando es pertinente la aplicación permite al usuario personalizar acciones frecuentes.
La aplicación facilita a incorporación de nuevas funcionalidades a través del tiempo.
<b>Aspectos experienciales</b>
Siento seguridad durante la ejecución de tareas mediante feedbacks continuos tras realizar mis acciones.
Cada usuario tiene la oportunidad de interactuar a su manera.
Me siento capaz y cualificado de ejecutar las tareas y las ejecuto de forma intuitiva.
Se emplea un lenguaje cercano y el sistema trata de ayudarme y anticiparse a mis necesidades.
La aplicación me resulta atractiva y las diferentes microinteracciones estimulan durante el uso del sistema.

## 8.4 NUEVA VERSIÓN DE LA HERRAMIENTA HEMEI

En este apartado se muestra la nueva versión de la herramienta HEMEI, con un total de 199 aspectos de evaluación, de los cuales 134 son de carácter pragmático y 65 experienciales. En la nueva versión de HEMEI, se ha decidido que, en vez de dividir por las funcionalidades, se agrupen los aspectos para cada tipo de aplicación. De esta manera, se han diferenciado 6 categorías, una categoría general y 5 categorías que están orientadas cada una a un tipo de aplicación. Éstas son las nuevas categorías definidas: General, Planning, Setup, Operation, Monitoring y Support y Maintenance.

### 8.4.1 General

En esta categoría se recogen los aspectos relevantes para cualquier tipo de aplicación. Por lo que los aspectos de esta categoría siempre deben ser evaluados sea cual sea la aplicación. Contiene 59 aspectos de evaluación, 44 pragmáticos y 15 experienciales (Tabla 60).

**Tabla 60:** Aspectos de evaluación de la categoría General de la nueva versión de HEMEI

General
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. El menú de navegación está presente en todas las pantallas.
2. El menú de navegación permite el acceso directo a las pestañas principales y con un único click
3. La aplicación es amplia y sencilla en vez de un menú profundo (con varios niveles).
4. Las pantallas facilitan a los usuarios la realización de acciones frecuentes (atajos o elementos que destaquen, por ejemplo, para crear una nueva herramienta).
5. Se puede retornar a la pantalla de inicio desde cualquier pestaña y de la misma forma.
6. Cada página está claramente etiquetada con un útil y descriptivo título.
7. El modo de navegación es consistente
8. El botón regresar siempre lleva al usuario de vuelta a la página de donde vino.
9. Existe una salida de la página, del proceso y de la aplicación.
10. Las confirmaciones y los avisos son breves y claros.
11. La notificación ofrece la oportunidad de acceder a más información u ocultarla momentáneamente.
12. La estética corresponde a los objetivos, características, contenidos y servicios de la aplicación.
13. El diseño visual de la aplicación corresponde a la marca de la compañía y sigue la guía de estilos.
14. La estética se mantiene de forma consistente en la aplicación.



## 8. Anexos

15. Los elementos con el mismo objetivo mantienen el mismo funcionamiento y estética durante todas las pantallas.
16. El sitio puede ser usado sin desplazamiento horizontal.
17. Es una interfaz limpia, sin ruido visual (márgenes suficientes, espacios en blanco, contrastes, etc.)
18. La información está organizada y es mostrada de manera similar en cada página.
19. La aplicación está pensada también para su uso táctil (botones con tamaño suficiente, menor cantidad posible de movimientos de brazos, etc.)
20. Hay distancia suficiente entre botones para no pulsar en el sitio incorrecto.
21. El usuario percibe cuando se ha pulsado un botón (por ejemplo, con cambio de color).
22. Las páginas han sido diseñadas en una cuadrícula, es decir, con ítems y objetos alineados tanto horizontalmente como verticalmente.
23. Las etiquetas significativas, los colores usados en los fondos y el apropiado uso de bordes y espacios en blanco ayudan a los usuarios a identificar un conjunto de ítems como un bloque funcional.
24. Muestra de forma clara qué elementos son pulsables en cada momento.
25. Se distinguen los elementos con funciones diferentes (abrir una nueva pantalla o descargar algo).
26. Ofrece feedbacks mediante simples animaciones para mostrar que se ha ejecutado la acción.
27. Los iconos y gráficos son intuitivos, concretos y familiares.
28. La aplicación utiliza mapas, diagramas, gráficos, diagramas de flujo y otros componentes visuales en vez de puros bloques de texto.
29. Las fotografías tienen una correcta resolución.
30. Las características que atraen la atención (animaciones, negrita, elementos de diferente tamaño) son usadas adecuadamente (cuando son relevantes y para destacar contenido).
31. El interlineado es suficiente para leer sin problemas.
32. Las fuentes son legibles y tienen un tamaño suficiente.
33. Las imágenes "clickeables" tienen textos aclaratorios.
34. El texto está bien organizado, con títulos grandes, subtítulos, párrafos cortos y frases no demasiado largas.
35. El uso de texto en mayúscula es adecuado (se emplea para destacar títulos concretos, pero los botones en minúscula).
36. La confirmación del usuario es requerida antes de llevar a cabo acciones potencialmente peligrosas (borrar algo).
37. La terminología es consistente en el uso de la aplicación (cancelar, aceptar, guardar, aplicar, etc.)
38. Los diferentes usuarios tienen accesos diferentes (por ejemplo, si hay usuarios responsables del mantenimiento de la máquina).
39. Evita el uso de términos ambiguos y específicos de una región.

## 8. Anexos

40. La aplicación ofrece un feedback inmediato ante las acciones del usuario.
41. La aplicación mantiene al usuario informado de retrasos inevitables en la respuesta de alguna acción.
42. Los detalles del procesamiento interno de la aplicación se evita que sean expuestos al usuario.
43. Emplea elementos con color de forma moderada, solamente para los elementos clave de la pantalla
44. Se emplea un lenguaje claro y conciso.
<b>Aspectos experienciales</b>
45. Puedo personalizar la manera de navegar y puedo adaptarla a mi modo de actuar.
46. La navegación y el modo de en el que se interactúa está adaptada a los hábitos y tareas del usuario.
47. Puedo ejecutar las tareas de forma autónoma sin ayuda de otros porque el software me aporta la ayuda necesaria.
48. Me siento capaz de acceder a las pantallas/pestañas con facilidad.
49. La navegación me resulta intuitiva.
50. Siento que la aplicación me permite navegar/ejecutar las tareas de forma rápida y eficaz.
51. Se emplea un lenguaje cercano y amigable.
52. Siento que el sistema trata de ayudarme y se anticipa a mis necesidades.
53. Trata de no culpar al usuario ante errores.
54. Tengo el control sobre en qué pantalla estoy y qué acciones se están ejecutando en el software
55. No siento incertidumbres o amenazas en la interacción con la interfaz.
56. Ante errores el software ofrece información necesaria y puedo controlar la situación y gestionar el problema.
57. La navegación entre pantallas resulta fluida y agradable.
58. La aplicación me resulta atractiva.
59. La aplicación emplea diferentes visualizaciones gráficas y microinteracciones que me estimulan durante el uso.

### 8.4.2 Planning

En esta categoría se recogen los aspectos relacionados con aplicaciones para la planificación de tareas. Contiene 28 aspectos en total, 18 pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 61).

**Tabla 61:** Aspectos de evaluación de la categoría Planning de la nueva versión de HEMEI

Planning
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. Facilita la creación y edición de ficheros mediante procesos intuitivos y con el mínimo de clicks (con botones que destaquen en la interfaz y pensados para ejecutarlos de la forma más rápida).
2. Mantiene un mismo procedimiento para la creación y edición de ficheros (mostrar de la misma manera los elementos como nueva tarea, editar tarea, abrir herramienta, etc.).
3. Permite crear nuevos elementos partiendo de otros ya creados.
4. Para finalizar el proceso de creación/edición el operario debe validar la operación (aceptar/guardar).
5. El feedback informa cuando una acción está en proceso y cuando ha sido realizado con éxito o no.
6. Información acerca del estado del elemento (sin configurar, ejecutando, finalizado, etc.)
7. Permitir a los usuarios renombrar objetos y acciones en la interfaz (ej. Carpetas, ficheros, direcciones).
8. Se muestran cuáles son los parámetros necesarios por rellenar, los ya rellenados y los que están inactivos.
9. Los parámetros están agrupados de manera lógica y cada grupo tiene un título descriptivo.
10. Las cajas de texto y las casillas en los formularios tienen el tamaño adecuado para el dato que se debe introducir.
11. Se rellenan de forma automática los valores predeterminados.
12. Anticipa los posibles parámetros, en base a acciones anteriores o habituales.
13. Se ofrecen listas de opciones para facilitar la introducción de parámetros cuando son preferibles.
14. Ofrece un feedback al introducir un parámetro erróneo, indicando su motivo y proponiendo una solución.
15. Exige validar (aceptar/guardar) al finalizar el proceso, con un feedback posterior que indique si se ha guardado.
16. Utiliza colores distintivos para reflejar el estado de la tarea.
17. Ofrece información para entender la causa del color empleado en el estado del elemento
18. Muestra previsualización de la información de la tarea para entender el estado general de las tareas/eventos/alarmas.
<b>Aspectos experienciales</b>
19. Puedo organizar y gestionar las tareas/eventos/alarmas de forma independiente, sin ayuda de otros.

20. Puedo planificar las tareas/eventos/alarmas a mi manera y de forma personalizada.
21. Creo y edito las tareas/eventos/alarmas de forma intuitiva.
22. Me siento capaz de crear y editar las tareas/eventos/alarmas de forma eficaz y en el menor tiempo posible.
23. El software se anticipa a mis necesidades y ofrece información predeterminada en base a mis acciones anteriores o hábitos.
24. Emplea mensajes con lenguaje cercano y siento que trata de ayudarme durante el proceso de creación y edición de tareas/eventos/alarmas.
25. Tengo el control completo del estado en el que se encuentran todas las tareas/eventos/alarmas.
26. Tengo la seguridad de tener la planificación controlada y estructurada y que no va a haber sorpresas.
27. La aplicación emplea visualizaciones gráficas atractivas para mostrar el estado de la planificación.
28. El proceso de creación y edición de tareas/eventos/alarmas me resulta agradable y estimulante

### 8.4.3 Setup

En esta categoría se agrupan los aspectos relacionados con las aplicaciones para edición y configuración de las piezas, herramientas u operaciones. Se listan 41 aspectos, de los cuales 31 son pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 62).

**Tabla 62:** Aspectos de evaluación de la categoría Setup de la nueva versión de HEMEI

Setup
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. Facilita la creación y edición de ficheros mediante procesos intuitivos y con el mínimo de clicks (con botones que destaquen en la interfaz y pensados para ejecutarlos de la forma más rápida).
2. Mantiene un mismo procedimiento para la creación y edición de ficheros (mostrar de la misma manera los elementos como nuevo grupo, editar pieza, abrir herramienta, etc.).
3. Permite crear nuevos elementos partiendo de otros ya creados.
4. Para finalizar el proceso de creación/edición el operario debe validar la operación (aceptar/guardar).
5. El feedback informa cuando una acción está en proceso y cuando ha sido realizado con éxito o no.
6. Previsualiza información sobre el elemento de la lista, para poder ver su información sin tener que acceder al elemento.
7. Información acerca del estado del elemento (sin configurar, ejecutando, etc.)
8. Ofrece la posibilidad de seleccionar múltiples elementos a la vez.
9. Permite a los usuarios renombrar objetos y acciones en la interfaz (ej. Carpetas, ficheros, direcciones).
10. Se muestran cuáles son los parámetros necesarios por rellenar, los ya rellenados y los que están

## 8. Anexos

inactivos.
11. Los parámetros están agrupados de manera lógica y cada grupo tiene un título descriptivo.
12. Las cajas de texto y las casillas en los formularios tienen el tamaño adecuado para el dato que se debe introducir.
13. Se rellenan de forma automática los valores predeterminados.
14. Anticipa los posibles parámetros en base a acciones anteriores o habituales.
15. Se evita memorizar información y datos de un lugar a otro (posibilidad de copiar y pegar o importar).
16. Se ofrecen listas de opciones para facilitar la introducción de parámetros cuando es conveniente.
17. Indica medidas de los parámetros.
18. Indica los máximos y mínimos de cada valor.
19. Ofrece información adicional de los valores (dibujo, gráfico, texto, etc.)
20. Muestra un feedback al introducir un parámetro erróneo, indicando su motivo y proponiendo una solución.
21. Exige validar (aceptar/guardar) al finalizar el proceso, con un feedback posterior que indique si se ha guardado.
22. Ofrece acceso a la ayuda ante dudas en el proceso.
23. Muestra de forma clara los programas/operaciones a ejecutar.
24. Emplea visualizaciones que muestran lo que va a hacer el programa.
25. Para la introducción de valores exactos, evita el uso de sliders o permite también otros modos como teclado o botones "plus" y "minus".
26. Propone fechas y horas habituales para evitar el proceso de introducción (hoy, esta semana, últimas 8 horas, etc.)
27. Propone listas de fecha y hora con intervalos para agilizar el proceso (13:00, 13:30, 14:00, etc.)
28. En la medida de lo posible evita el uso de scrolls en pantallas táctiles.
29. Al añadir elementos a una lista, permite seleccionar múltiples elementos a la vez y una vez añadidos, vuelve a la página anterior.
30. En caso de salir de una pantalla sin guardar el proceso muestra un aviso.
31. El sistema ofrece procesos paso a paso para la creación de programas/operaciones/herramientas/piezas.
<b>Aspectos experienciales</b>
32. Puedo gestionar las listas de operaciones/piezas/herramientas/programas a mi manera (favoritos, etc.)
33. El sistema me ofrece la ayuda/información necesaria para la edición de operaciones/herramientas/programas de forma independiente.
34. Me siento capaz de editar las operaciones/piezas/herramientas/programas con facilidad y la

## 8. Anexos

aplicación me resulta intuitiva, con términos adaptados a mis conocimientos.
35. El proceso de edición e introducción de parámetros resulta fluido y puedo finalizar el proceso de forma rápida y eficaz.
36. Siento que la aplicación trata de ayudarme en el proceso de edición/creación adaptándose al modo de uso de los usuarios.
37. El software anticipa mis necesidades y completa automáticamente los parámetros en base a mis acciones anteriores o habituales.
38. Tengo el control del estado en el que se encuentran las operaciones/piezas/herramientas/programas.
39. Durante la creación y edición de operaciones/piezas/herramientas/programas tengo la seguridad de que mis acciones se han ejecutado correctamente y de la consecuencia de dichas acciones.
40. Durante la edición muestra visualizaciones gráficas que además de facilitar el proceso me estimulan.
41. Los procesos de edición resultan fluidas y agradables

### 8.4.4 Operation

En esta categoría se agrupan los aspectos relacionados con las aplicaciones de ejecución y donde se realizan las acciones respectivas a la producción de piezas. Se recogen en total 24 aspectos, 14 pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 63).

**Tabla 63:** Aspectos de evaluación de la categoría Operation de la nueva versión de HEMEI

<b>Operation</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. Previsualiza información sobre el elemento de la lista, para poder ver su información sin tener que acceder al elemento.
2. Muestra información acerca del estado del elemento (sin configurar, ejecutando, etc.)
3. Muestra de forma más clara posible el estado de la ejecución.
4. Ofrece toda la información necesaria para mantener el control de la máquina y el proceso.
5. Categoriza la información de más a menos importante (que lo que más llame la atención sea lo más importante, que no sea una visualización plana y sin contrastes).
6. Muestra atajos desde la pantalla para editar elementos que formen parte del proceso de ejecución.
7. La barra de progreso muestra el tiempo que lleva desde el inicio y cuánto falta por finalizar.
8. Las alarmas o mensajes de error indican cuál es el motivo del error y cómo solucionar.
9. Las confirmaciones y los avisos al usuario son breves y claros.
10. La notificación ofrece la oportunidad de acceder a más información u ocultarla momentáneamente.
11. Facilita el proceso de inicio de programa.

12. Visualiza lo que va a hacer el programa.
13. Ofrece el acceso a visualizaciones 3D simplificadas
14. Facilita la edición y creación de notas durante la ejecución.
<b>Aspectos experienciales</b>
15. Puedo personalizar la información mostrada en la ejecución a mi manera.
16. La edición de los procesos de producción está adaptada a mis conocimientos y puedo realizarla sin ayuda de otros.
17. Me siento capaz de comprender la información y entender el estado de la ejecución a primera vista y con facilidad.
18. La edición de los aspectos de la ejecución me resulta fácil e intuitiva.
19. Siento que el sistema trata de ayudarme con textos o visualizaciones informativas adaptadas a mis conocimientos para mostrar el estado de la ejecución.
20. Los mensajes de las notificaciones emplean un lenguaje amigable y cercano y siento que tratan de ayudarme.
21. El software ofrece feedbacks que me aportan seguridad, muestran la consecuencia de mis acciones y reducen la sensación de nerviosismo.
22. Tengo el control sobre el estado de la ejecución y la aplicación me aporta ayudas/información que hacen sentirme seguro de que la pieza se ejecutará correctamente.
23. Las visualizaciones sobre el estado de la ejecución son atractivas y estimulantes.
24. Los procesos de edición de los aspectos de la ejecución son fluidos y agradables.

### 8.4.5 Monitoring

Esta categoría está dirigida a las aplicaciones relacionadas con la monitorización de la máquina y la visualización de dicha información. Está formada por 25 aspectos de evaluación, de los cuales 15 son pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 64).

**Tabla 64:** Aspectos de evaluación de la categoría Monitoring de la nueva versión de HEMEI

<b>Monitoring</b>
<b>Aspectos pragmáticos</b>
1. Se muestra información acerca del estado del elemento (sin configurar, ejecutando, etc.)
2. Las alarmas o mensajes de error indican cuál es el motivo del error y facilitan su arreglo.
3. Recoge las alarmas por fecha de creación.
4. La pantalla de errores tiene acceso a un apartado de ayuda.
5. Posibilidad de gestionar las alarmas y errores, para clasificarlas, eliminarlas, etc.

## 8. Anexos

6. La documentación de ayuda utiliza ejemplos.
7. Ofrece la posibilidad de ocultar o añadir gráficos de visualización.
8. Emplea gráficos e informaciones simplificadas, comprensibles a primera vista.
9. Emplea códigos estéticos (colores, iconos, etc.) que permiten comprender el estado a simple vista.
10. Permite emplear filtros de búsqueda
11. Se pueden quitar y restablecer los filtros con facilidad
12. Se puede filtrar la visualización del gráfico con facilidad
13. Para la introducción de valores exactos, evita el uso de sliders o permite también otros modos como teclado o botones "plus" y "minus".
14. Propone fechas y horas habituales para evitar el proceso de introducción (hoy, esta semana, últimas 8 horas, etc.)
15. Propone listas de fecha y hora con intervalos para agilizar el proceso (13:00, 13:30, 14:00, etc.)
<b>Aspectos experienciales</b>
16. Puedo personalizar las visualizaciones de la monitorización y de las alarmas a mi manera.
17. Los términos y visualizaciones empleadas están adaptadas a mis conocimientos y puedo comprenderlos sin ayuda de otros.
18. Soy capaz de comprender la información de las visualizaciones y mensajes y sé cómo actuar ante ellas.
19. Puedo editar y gestionar las visualizaciones y mensajes de forma rápida e intuitiva.
20. Siento que el sistema trata de ayudarme con textos y visualizaciones informativas para comprender el estado de la monitorización.
21. Los mensajes de las alarmas emplean un lenguaje cercano y amigable y siento que el software trata de ayudarme a comprender la causa del problema y facilitar su solución.
22. Siento que tengo el estado de la máquina bajo control y que no existen incidencias sin detectar.
23. Los mensajes de las alarmas me ayudan a comprender las incidencias y me aportan seguridad.
24. Las visualizaciones de la monitorización resultan atractivas.
25. Las visualizaciones permiten interacciones fluidas, agradables y estimulantes.

### 8.4.6 Support and maintenance

En esta última categoría se recogen los aspectos respectivos a las aplicaciones de mantenimiento de la máquina. Se listan 22 aspectos en total, 12 pragmáticos y 10 experienciales (Tabla 65).



**Tabla 65:** Aspectos de evaluación de la categoría Support and Maintenance de la nueva versión de HEMEI

<b>Support and maintenance</b>
<b>Aspectos de evaluación</b>
1. Se muestra información acerca del estado de la alarma/nota/mensaje (activa, en mantenimiento, etc.)
2. Las alarmas/notas/mensajes indican cuál es el motivo del error y facilitan su arreglo.
3. Recoge las alarmas/notas/mensajes por fecha de creación.
4. Posibilidad de gestionar las alarmas/notas/mensajes, para clasificarlas, eliminarlas, etc.
5. Ofrece acceso a la ayuda ante dudas en el proceso.
6. Es fácil contactar a alguien para asistencia.
7. La documentación de ayuda utiliza ejemplos.
8. Muestra procesos paso a paso para poder solucionar el problema.
9. Da acceso a contactar con personas especializadas.
10. Ofrece la posibilidad de agrupar elementos en base a preferencias del usuario
11. Muestra un esquema general de las acciones sin realizar, las ya realizadas o las urgentes.
12. Se emplean visualizaciones (colores, iconos) para definir el estado de la acción
<b>Aspectos experienciales</b>
13. La aplicación me aporta la ayuda necesaria para poder realizar el mantenimiento por mi cuenta.
14. Puedo planificar y gestionar las tareas a mi manera.
15. Soy capaz de comprender la información mostrada y está adaptada a mis conocimientos.
16. El software me aporta instrucciones necesarias para poder realizar el mantenimiento de forma rápida y eficaz
17. Siento que la aplicación trata de ayudarme con visualizaciones o texto informativos para comprender el proceso y facilitarlo.
18. Emplea un lenguaje amigable, cercano e instructivo para acompañarme durante el proceso de mantenimiento.
19. Tengo bajo control el estado de las acciones a tomar para completar el mantenimiento.
20. El software me aporta seguridad mostrando la información necesaria para saber qué pasos dar y cómo.
21. Emplea visualizaciones atractivas y estimulantes para mostrar los procesos de mantenimiento (videos, imágenes, etc.).
22. El proceso de gestión de las tareas de mantenimiento resulta fluida y agradable.

