

**Actas del XXII Congreso Internacional de Interacción
Persona-Ordenador
(Interacción 2022)**



INTERACCIÓN 2022



AIPO

<https://interaccion2022.unizar.es/>

Teruel, España, del 7 al 9 de septiembre de 2022

Editores:

Jesús Gallardo Casero

Presidente del Comité de Programa de Interacción 2022

Sergio Albiol Pérez

Sandra Baldassarri

Silvia M^a Hernández Muñoz

Raquel Lacuesta Gilaberte

Arcadio Reyes-Lecuona

Copresidentes del Comité de Programa de Interacción 2022

© Los autores

Diseño y maquetación: Los autores

Diseño gráfico del logotipo: Nadia Marín Asensio

ISBN: 978-84-09-46611-5



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:

Reconocimiento - No comercial - SinObraDerivada (cc-by-nc-nd):

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores. No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Evaluación heurística de la interacción persona-robot en entornos industriales

Ainhoa Apraiz Iriarte
Mondragon Unibertsitatea
Spain
aapraizi@mondragon.edu

Ganix Lasa Erle
Mondragon Unibertsitatea
Spain
glasa@mondragon.edu

Maitane Mazmela Etxabe
Mondragon Unibertsitatea
Spain
mmazmela@mondragon.edu

ABSTRACT

En la nueva industria cada vez son más los robots utilizados. Para aprovechar al máximo los beneficios que los robots pueden ofrecer, es necesario generar una interacción fluida y satisfactoria persona-robot, de modo que se refuerce una relación simbiótica entre ambos. Un aspecto clave para el éxito de la Interacción Persona-Robot (HRI) es centrarse en la experiencia de usuario (UX). En este sentido, la evaluación heurística se presenta como una herramienta eficaz, ya que permite identificar problemas de diseño mediante una aplicación sencilla y de bajo coste. El objetivo de este trabajo es desarrollar un nuevo listado de heurísticos para evaluar la HRI en entornos industriales. Se han considerado una serie de dimensiones para constituir el nuevo listado: (i) seguridad, confianza y seguridad percibida, (ii) ergonomía física, (iii) ergonomía cognitiva y emociones, (iv) inclusividad, (v) tipos de interfaces y (vi) tipos de robots y funcionalidades. Para ello, se ha realizado una búsqueda de la literatura y una agrupación de los heurísticos identificados. Finalmente se propone un listado de heurísticos compuesto de los siguientes apartados y que considera en cada una de ellas las dimensiones mencionadas (i) aspectos generales, (ii) funcionalidades y (iii) tipos de interfaces.

CCS CONCEPTS

Human-centered computing • Human computer interaction (HCI) • HCI design and evaluation methods • Heuristic evaluations

KEYWORDS

Human Robot Interaction (HRI), Heuristic Evaluation, User Experience (UX)

1 Introducción

La Industria 4.0 está dirigiendo a un nivel completamente nuevo la automatización de los procesos, redefiniendo así el papel de las personas y alterando los actuales puestos de trabajo hacia formatos aún desconocidos [1]. Aunque el número de robots en la industria manufacturera ha aumentado de forma constante durante varias décadas, la tendencia actual de crecimiento es notable dado el número y la variedad de industrias que utilizan robots. En este contexto, el operador seguirá teniendo gran importancia, por lo que será crucial optimizar la interacción entre

la persona y el robot. A diferencia de la automatización estándar, los robots colaborativos (cobots) permiten una interacción más estrecha y segura entre los seres humanos y las máquinas, aprovechando las ventajas de ambas partes.

Para que los robots se conviertan en aliados de los operadores en su día a día, es necesario que obtengan experiencias positivas y de adecuadas atendiendo a su propósito mediante una interacción fluida y satisfactoria. Prati et al. [2] destacan que un aspecto clave para el éxito de la interacción persona-robot (HRI) es centrarse en la Experiencia de Usuario (UX). En efecto, una experiencia negativa podría impedir aprovechar las características de los robots o rechazar la interacción con ellos. Según Prati et al. [2] solo el estudio preciso de la UX desde la fase inicial del diseño puede garantizar una HRI aceptable y agradable, capaz de mejorar también la eficiencia y la eficacia de la interacción. Considerar la forma en que la persona operaría interactúa con el robot y entender su UX es difícil, especialmente en el sector industrial. Para ello, es conveniente adoptar un enfoque estructurado centrado en las personas que ayude a los diseñadores a resolver las cuestiones técnicas teniendo en cuenta las necesidades y capacidades del usuario, utilizando técnicas basadas en la UX.

En un estudio realizado en UXEM (User eXperience Evaluation Methods) por Väänänen-Vainio-Mattila et al. [3], proponen una serie de requisitos necesarios para realizar una buena evaluación de la UX en entornos industriales. A pesar de que afirman que no es posible tener un solo método que cumpla todos los requisitos porque algunos de ellos pueden ser contradictorios o incluso poco realistas, la evaluación heurística cumple con gran parte de ellos. Se trata de una técnica común para identificar rápidamente problemas de diseño por su sencillez, bajo coste y amplia aplicabilidad. El uso iterativo de la heurística es clave para la mejora de espacios de trabajo de HRI [4].

Como se indica en la literatura, es esencial desarrollar métodos de evaluación específicos y detallados para optimizar el diseño de estos puestos de trabajo con robótica colaborativa [5]–[8], teniendo en cuenta las condiciones industriales, las características de los trabajadores y los cobots, así como el nivel de interacción colaborativa. Por ello, en el presente trabajo se recopilan y reagrupan un listado de heurísticos.

2 Evaluación heurística en HRI

La evaluación heurística experta permite conocer si se da un ajuste entre las características de la persona, las características del robot y las características del contexto. Esta evaluación consiste en una lista de verificación que debe rellenarse por un experto en evaluación de interfaces o en robótica.

Las ventajas que ofrece una evaluación heurística son [9]: i) bajo coste, ii) no es necesario una planificación extensa, iii) su amplia aplicación, sobre todo en las fases previas del proceso de diseño, y iv) capacidad de identificar problemas de usabilidad sin necesidad de usuarios.

Existen diferentes listados de heurísticos, como los heurísticos de Nielsen [10] o UXER de Lasa et al. [11] centrados en el campo de Human Computer Interaction (HCI). Por otro lado, también hay estudios que han desarrollado listados de heurísticos específicos para su aplicación en las Human Machine Interface (HMI) industriales. Mazmela [12] y Aranburu [13] proponen listados de heurísticos basándose en las funciones que cumple el HMI.

En el caso de la robótica Qbilat et al. [14] presentan una propuesta de directrices de accesibilidad para la interacción persona-robot (HRI). En el estudio de Gualtieri et al. [15] se desarrolla una recopilación y clasificación de requisitos previos y directrices de diseño. Estas directrices de diseño podrían ayudar a los diseñadores de aplicaciones a desarrollar y evaluar adecuadamente workstations colaborativos de ensamblaje seguras, centradas en las personas y eficientes. Murphy et al. [16] proponen 32 directrices para construir de forma proactiva una buena interfaz persona-robot. Frijns et al. [17] proponen una serie de directrices para el diseño UI de los cobots.

A pesar de que hay diversos listados de heurísticos para evaluar la robótica o los HMIs desde diferentes puntos de vista. En la literatura, no se ha identificado ningún listado de heurísticos específico para la HRI industrial y que considere i) aspectos de seguridad, confianza y seguridad percibida, ii) ergonomía física, iii) ergonomía cognitiva y emociones, iv) inclusividad, v) tipos de robot, y vi) tipo de robot y funcionalidades. En la HRI, el comportamiento del robot influye en la seguridad, la comodidad y la aceptación de la persona del sistema robótico. A continuación, se describen las dimensiones a considerar para un Nuevo listado de heurísticas para evaluar la HRI en entornos industriales.

2.1 Seguridad, confianza y seguridad percibida

La seguridad es el principal reto que se ha de afrontar en HRI [18]. En el contexto de interacción con un robot, la seguridad y el riesgo percibido es un factor determinante, puesto que impacta directamente en el desempeño y en las emociones de la persona. El objetivo intrínseco de la colaboración persona-robot es permitir un contacto directo entre persona y robot eliminando las barreras. Esto debe lograrse de manera segura.

La confianza desempeña un papel importante para la aceptación del robot. Para que un equipo persona-robot logre su objetivo, las personas deben confiar en que el robot protegerá los intereses y el bienestar de todos los demás individuos del equipo [19]. La confianza es importante en este contexto industrial dado que afecta directamente a la disposición de las personas a aceptar la

información producida por los robots, a seguir sus sugerencias y a beneficiarse de las ventajas ofrecidas por los sistemas robóticos. En relación con la confianza, la seguridad percibida es un factor importante a tener en cuenta.

2.2 Ergonomía física

Los nuevos entornos robóticos deben ser capaces de prevenir la incomodidad de los trabajadores, así como el agravamiento de las enfermedades relacionadas con las condiciones posturales o físicas en los espacios de trabajo, ya que los trastornos musculoesqueléticos constituyen la mayor categoría de enfermedades relacionadas con el trabajo en muchos países industriales [20].

2.3 Ergonomía cognitiva y emociones

Además de las características de la persona, robot y contexto y el ajuste entre sí, los aspectos experienciales impactan en la aceptación del sistema, es decir, en la usabilidad, en la seguridad y el riesgo percibido, en las emociones y en la percepción de la apariencia. Se han de tener en cuenta aspectos como la carga mental, el estrés físico mental, la aprendibilidad, la utilidad, la eficiencia y el uso intuitivo. La seguridad y el riesgo percibido, a pesar de ser emociones, cobran gran importancia en este contexto, ya que se consideran primordiales para que la satisfacción se dé de la manera óptima [18], [21]. En cuanto a las emociones, se deben tener en cuenta la fiabilidad, la estimulación y la confianza [21]. Finalmente, en cuanto a la apariencia, se debe tener en cuenta el atractivo y la estética visual. Todo ello impacta en el desempeño en términos de eficiencia y en la satisfacción de la persona.

2.4 Inclusividad

Actualmente no todos los robots son accesibles para todas las personas usuarias. Esto se debe a las diferentes características de las personas, ya que los usuarios con discapacidades visuales, auditivas, motrices o cognitivas no se han tenido en cuenta durante la fase de diseño, implementación o interacción, lo que provoca barreras de accesibilidad para las personas que tienen limitaciones [14].

2.5 Tipos de interfaces

Los robots colaborativos pueden ser multimodales, es decir, habitualmente se componen de más de un tipo de interfaz. Por este motivo, el nuevo listado de heurísticos debe estar compuesto de ellos. Las interfaces pueden generar diferentes tipos de comunicación, desde el lenguaje gráfico hasta la comunicación basada en la voz, pasando por el diálogo basado en gestos. Además, los tipos de interfaces cambian teniendo en cuenta lo anterior. Por ejemplo, la comunicación gráfica puede tener lugar utilizando dispositivos específicos (por ejemplo, un monitor o una pantalla táctil), mientras que la comunicación basada en la voz puede utilizar interfaces de lenguaje natural y la comunicación basada en gestos puede utilizar cámaras adecuadas para seguir las manos del ser humano. Tal y como indican Prati et al. [2], según

la tipología de la comunicación, las interfaces persona-robot pueden clasificarse en cuatro categorías principales:

- (1) Pantallas visuales (por ejemplo, interfaces gráficas de usuario, interfaces de realidad aumentada).
- (2) Gestos (por ejemplo, movimientos faciales y de la mano).
- (3) Habla y lenguaje natural (por ejemplo, respuestas auditivas y basadas en texto).
- (4) Interacciones físicas y hápticas.

Adicionalmente, existe una falta de directrices establecidas para el control multimodal.

2.6 Tipo de robot y funcionalidades

Al tratarse de un contexto industrial, los robots pueden desarrollar diferentes tipos de funcionalidades. Tal y como plantean Mazmela [12] y Aranburu [13] en sus listados de heurísticos para HMI's industriales, diferencian los mismos según las funcionalidades que realiza el software concreto. En este sentido, se observa la posibilidad de extrapolarlos al contexto robótico industrial. Siendo así, sería adecuado que el listado se constituyera de diferentes tipologías de robot y funcionalidades.

3 Procedimiento para la elaboración del nuevo listado

Quiñones y Rusu [9] recomiendan establecer qué características del dominio objetivo son específicas de la aplicación, identificar las heurísticas existentes que pueden reutilizarse, especificar las heurísticas según la plantilla y validar las heurísticas. La metodología para establecer el listado de heurísticos es la siguiente.

3.1 Búsqueda de la literatura

Para determinar qué directrices de diseño se han propuesto previamente en la literatura, se han recopilado artículos que proponen directrices para el diseño de HRI mediante la búsqueda en las bases de datos (ACM digital library, IEEE Xplore y SpringerLink). Los criterios de inclusión han sido que la publicación estuviera en inglés o español y el marco temporal que se limitó fue 2002-2022. A continuación, se han revisado el título del artículo, el abstract y las palabras clave teniendo en cuenta los criterios de inclusión y de exclusión, y se han recogido las heurísticas de cada uno de los listados identificados.

3.2 Agrupación de las directrices

Tras realizar la búsqueda, se ha realizado la agrupación de las directrices y heurísticos identificados. Estos aspectos de evaluación estarán divididos y clasificados según la funcionalidad, para que así puedan adaptarse a las diferentes variables de control como pueden ser el tipo de interfaz (visual, gestual o voz), el proceso de fabricación, la tipología del robot, etc.

3.2.1 Aspectos generales. Se ha realizado una primera agrupación de los aspectos generales que todos los entornos robóticos industriales deben cumplir. Se identifican los siguientes subaspectos: (i) perceptible, (ii) operable, (iii) ayuda, (iv) seguridad, (v) ergonomía cognitiva e (vi) interfaz.

3.2.2 Funcionalidades. Para definir el listado de heurísticos según las funcionalidades se han agrupado los listados propuestos por Mazmela [12] y Aranburu [13]. Se identifican de este modo los siguientes subaspectos: (i) planning, (ii) setup, (iii) introducción de parámetros, (iv) ejecución, (v) gestión de ficheros, (vi) operation, (vii) monitoring y (viii) soporte y mantenimiento.

3.2.3 Tipo de interfaz. Para definir los heurísticos por tipo de interfaz se han realizado las siguientes agrupaciones: (i) interfaces de voz (ii) interfaces gestuales, e (iii) interfaces gráficas.

4 Conclusiones y líneas futuras

En este estudio proponemos y describimos una agrupación de heurísticos exhaustivo. Se describe un listado que constituye el primer paso a realizar en las experimentaciones. Se propone seleccionar primero las categorías que proceden en cada uno de los casos, y posteriormente ejecutar una serie de tareas para poder conocer mejor el sistema y empatizar con el rol del usuario [22]. Una vez ejecutadas las tareas, el evaluador experto debe responder a cada uno de los aspectos descritos en cada categoría bajo los términos "Aspecto a mejorar" y "No procede". De acuerdo con Aranburu [23], este procedimiento basado en ítems permitirá cuantificar el resultado de la evaluación y medir el grado de mejora de la UX.

El objetivo de la HRI es generar interacciones lo más naturales y efectivas posibles. En este sentido, la HRI habitualmente se suele dar en un entorno multimodal. La interacción se puede dar mediante diferentes canales e interfaces al mismo tiempo, según la dirección de la comunicación, pudiendo ser persona-robot (input) o robot-persona (output). A diferencia de los listados de heurísticos creados hasta el momento, que usualmente tienen en cuenta la interacción mediante una interfaz gráfica, en el entorno HRI se han de tener en cuenta distintos tipos de interfaces considerando que se utilizan de manera conjunta y son complementarias.

El siguiente paso, tal y como indican Quiñones y Rusu [9], es realizar una experimentación para validar el listado que se propone. Se recogerán datos de los participantes para verificar la fiabilidad y validar el listado. Por lo tanto, aunque este artículo se centra en un método subjetivo, los trabajos futuros tienen como objetivo la elaboración y la validación del listado.

REFERENCIAS

- [1] S. Waschull, J. A. C. Bokhorst, E. Molleman, and J. C. Wortmann, "Work design in future industrial production: Transforming towards cyber-physical systems," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 139, p. 105679, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.053>.
- [2] E. Prati, M. Peruzzini, M. Pellicciari, and R. Raffaelli, "How to include User eXperience in the design of Human-

- Robot Interaction,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 68, p. 102072, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.RCIM.2020.102072.
- [3] K. Väänänen-Vainio-Mattila, V. Roto, and M. Hassenzahl, “Towards practical user experience evaluation methods,” *Meaningful measures: Valid useful user experience measurement (VUUM)*, pp. 19–22, 2008.
- [4] E. Clarkson and R. C. Arkin, “Applying Heuristic Evaluation to Human-Robot Interaction Systems,” in *Flairs Conference*, 2007, pp. 44–49.
- [5] A. Colim *et al.*, “Towards an Ergonomic Assessment Framework for Industrial Assembly Workstations—A Case Study,” *Applied Sciences 2020, Vol. 10, Page 3048*, vol. 10, no. 9, p. 3048, Apr. 2020, doi: 10.3390/APP10093048.
- [6] L. Gualtieri, I. Palomba, F. A. Merati, E. Rauch, and R. Vidoni, “Design of Human-Centered Collaborative Assembly Workstations for the Improvement of Operators’ Physical Ergonomics and Production Efficiency: A Case Study,” *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 3606*, vol. 12, no. 9, p. 3606, Apr. 2020, doi: 10.3390/SU12093606.
- [7] P. Maurice, V. Padois, Y. Measson, and P. Bidaud, “Human-oriented design of collaborative robots,” *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 57, pp. 88–102, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.ERGON.2016.11.011.
- [8] A. Colim *et al.*, “Lean Manufacturing and Ergonomics Integration: Defining Productivity and Wellbeing Indicators in a Human–Robot Workstation,” *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 1931*, vol. 13, no. 4, p. 1931, Feb. 2021, doi: 10.3390/SU13041931.
- [9] D. Quiñones and C. Rusu, “How to develop usability heuristics: A systematic literature review,” *Computer Standards & Interfaces*, vol. 53, pp. 89–122, Aug. 2017, doi: 10.1016/J.CSI.2017.03.009.
- [10] J. Nielsen, “Enhancing the explanatory power of usability heuristics,” *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, pp. 152–158, 1994, doi: 10.1145/191666.191729.
- [11] G. Lasa Erle, I. González Ochoantesana, D. Reguera Bakhache, and U. Etxebeste Larrañaga, “UXER: NUEVA HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN HEURÍSTICA DE LA EXPERIENCIA EN ENTORNOS INTERACTIVOS Y DIGITALES,” 2017.
- [12] M. Mazmela Etxabe, “Nuevo modelo para evaluar el nivel de aceptación de las tecnologías desde la perspectiva de la interacción y percepción de usuario,” Mondragon Unibertsitatea. Goi Eskola Politeknikoa, 2020. Accessed: Mar. 08, 2021. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.11984/5146>
- [13] E. Aranburu Zabalo, “Demox: Nuevo modelo de trabajo de diseño y evaluación de la UX en interfases industriales,” 2020. Accessed: Apr. 07, 2022. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.11984/1876>
- [14] M. Qbilat, A. Iglesias, and T. Belpaeme, “A Proposal of Accessibility Guidelines for Human-Robot Interaction,” *Electronics 2021, Vol. 10, Page 561*, vol. 10, no. 5, p. 561, Feb. 2021, doi: 10.3390/ELECTRONICS10050561.
- [15] L. Gualtieri, E. Rauch, R. Vidoni, and D. T. Matt, “Safety, Ergonomics and Efficiency in Human-Robot Collaborative Assembly: Design Guidelines and Requirements,” *Procedia CIRP*, vol. 91, pp. 367–372, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.PROCIR.2020.02.188.
- [16] R. R. Murphy and S. Tadokoro, “User Interfaces for Human-Robot Interaction in Field Robotics,” *Springer Tracts in Advanced Robotics*, vol. 128, pp. 507–528, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-05321-5_11.
- [17] H. A. Frijns and C. Schmidbauer, “Design Guidelines for Collaborative Industrial Robot User Interfaces,” in *IFIP Conference on Human-Computer Interaction*, 2021, pp. 407–427.
- [18] V. Villani, F. Pini, F. Leali, and C. Secchi, “Survey on human-robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications,” *Mechatronics*, vol. 55, pp. 248–266, Nov. 2018, doi: 10.1016/J.MECHATRONICS.2018.02.009.
- [19] P. A. Hancock, D. R. Billings, K. E. Schaefer, J. Y. C. Chen, E. J. de Visser, and R. Parasuraman, “A Meta-Analysis of Factors Affecting Trust in Human-Robot Interaction:,” <https://doi.org/10.1177/0018720811417254>, vol. 53, no. 5, pp. 517–527, Sep. 2011, doi: 10.1177/0018720811417254.
- [20] L. Punnett and D. H. Wegman, “Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate,” *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 14, no. 1, pp. 13–23, Feb. 2004, doi: 10.1016/J.JELEKIN.2003.09.015.
- [21] A. Meissner, A. Trübswetter, A. S. Conti-Kufner, and J. Schmidler, “Friend or Foe? Understanding Assembly Workers’ Acceptance of Human-robot Collaboration,” *ACM Transactions on Human-Robot Interaction (THRI)*, vol. 10, no. 1, Jul. 2020, doi: 10.1145/3399433.
- [22] C. Lallemand, V. Koenig, and G. Gronier, “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*, 2014, doi: 10.1145/2639189.
- [23] E. Aranburu, G. Lasa, J. K. Gerrikagoitia, and J. Kepa, “HEMEL: new user experience evaluation tool for Human Machine Interfaces,” 2019, doi: 10.1145/3335595.3335621.