

Javier Navarro Alamán

Diseño de sistemas adaptativos para el seguimiento de parámetros de bienestar y salud

Director/es

Lacuesta Gilaberte, Raquel
García-Magariño García, Iván

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>



Universidad de Zaragoza
Servicio de Publicaciones

ISSN 2254-7606



Universidad
Zaragoza

Tesis Doctoral

**DISEÑO DE SISTEMAS ADAPTATIVOS PARA EL
SEGUIMIENTO DE PARÁMETROS DE BIENESTAR
Y SALUD**

Autor

Javier Navarro Alamán

Director/es

Lacuesta Gilaberte, Raquel
García-Magariño García, Iván

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Escuela de Doctorado

Programa de Doctorado en Ingeniería de Sistemas e Informática

2023

Tesis Doctoral

Diseño de sistemas adaptativos para el
seguimiento de parámetros de bienestar y salud

Autor

Javier Navarro Alamán

Director/es

Raquel Lacuesta Gilaberte

Iván García-Magariño García

Departamento de Informática e Ingeniería de sistemas

Escuela Universitaria Politécnica de Teruel

Universidad de Zaragoza

2023

Acerca de este documento

La presente tesis doctoral se presenta como compendio de cuatro publicaciones editadas, de acuerdo con el extracto de 29/5/2023 del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza por el que se aprueba el Reglamento Sobre Tesis Doctorales (Título IV, Capítulo III, artículo 20). Las referencias completas a los artículos que se aportan como primera autoría y forman parte de la tesis son las siguientes:

- Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., Jiménez, J.M., Lloret, J., & Serrano, T. (in press). Ubiquitous monitoring of liver transplantation patients. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*.

(Navarro-Alamán et al., 2023)

- Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., & Gallardo, J. (2020). A methodology for the design and development of gamified mobile apps for monitoring cancer survivors. *Journal of biomedical informatics*, 106, 103439.

(Navarro-Alamán, Lacuesta, Garcia-Magariño, et al., 2020)

- Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., & Lloret, J. (2022). EmotIoT: An IoT system to improve users' wellbeing. *Applied Sciences*, 12(12), 5804.

(Navarro-Alamán et al., 2022)

- Navarro-Alamán, J., Gilaberte, R. L., & Bagdasari, E. C. (2021). Una propuesta de caracterización inicial de mayores para el desarrollo de interfaces adaptativas. *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 2(2), 34-41.

(Navarro-Alamán et al., 2021)

Otros artículos aceptados:

- Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., Gallardo, J., Ibarz, E., & Lloret, J. (2020). Close2U: An App for Monitoring Cancer Patients with Enriched Information from Interaction Patterns. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020, 1-13.

(Navarro-Alamán, Lacuesta, García-Magariño, et al., 2020)

- Alamán, J. N., Lacuesta, R., Garcia-Magariño, I., & Muñoz, S. H. (2022). Análisis emocional para el bienestar de los ancianos en el proceso de interacción digital. *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 3(2), 90-98.

(Navarro-Alamán et al., 2022)

Este documento de acuerdo con la normativa actual expone los siguientes requisitos:

- Una página inicial en la que se especifique que la tesis es un compendio de trabajos previamente publicados o aceptados para su publicación. En ella se harán constar las referencias completas de los artículos que constituyen el cuerpo de la tesis.
- Una introducción general en la que se presenten los objetivos de la tesis y los trabajos realizados y se justifique la unidad temática de los mismos, acompañada de una revisión bibliográfica de los conocimientos previos en los que se basan los trabajos publicados.
- Una copia de los trabajos publicados o aceptados para su publicación.
- Una discusión global de los trabajos aportados y las conclusiones finales de la tesis.
- Un apéndice en el que se incluirán las copias de las cartas de aceptación de los trabajos pendientes de publicación, el factor de impacto de las revistas y áreas temáticas correspondientes a las publicaciones que se recogen en la tesis y la justificación de la contribución del doctorando si se trata de un trabajo realizado en coautoría.

Resumen

Uno de los retos actuales de investigación dentro de la disciplina de Interacción Persona-Ordenador (IPO) se centra en el estudio, la personalización y la adaptación de las interfaces en función de las necesidades y características individuales de los usuarios. Los objetivos perseguidos son, entre otros, mejorar la facilidad de uso de las interfaces y la usabilidad, consiguiendo interacciones más satisfactorias y efectivas, garantizar la accesibilidad de los sistemas para todos los usuarios, fomentar la aceptación de la tecnología y aumentar la motivación de los usuarios en su uso y la experiencia de usuario. De esta forma, se reconoce la importancia de la investigación en el diseño de algoritmos adaptativos con el objetivo de mejorar el proceso de interacción y además satisfacer las expectativas y experiencias de dichos usuarios. Será por lo tanto crucial reconocer que los usuarios presentan diferencias significativas en términos físicos, cognitivos, emocionales y de preferencias, y será por lo tanto necesario tener en cuenta dichas particularidades y variaciones en el diseño y adaptación de las interfaces.

Esta tesis doctoral tiene como objetivo profundizar en la investigación sobre sistemas inteligentes adaptativos en el contexto del diseño de aplicaciones de seguimiento de parámetros de salud y bienestar del usuario. Para cumplir dicho objetivo, a lo largo de la tesis se abordan aspectos de análisis, diseño e implementación de nuevos algoritmos donde se tendrán en cuenta aspectos de personalización de la interfaz a nivel de apariencia, adaptación de las actividades y contenido, gamificación y motivación. Para ello, se estudiarán aspectos de accesibilidad, limitaciones y capacidades específicas de los usuarios, así como aspectos físicos y emocionales.

Nuestros hallazgos respaldan y corroboran los resultados obtenidos en investigaciones previas relacionadas y contribuyen al avance de la investigación respecto al diseño de soluciones tecnológicas de adaptación de interfaces de manera dinámica en función de necesidades y características de cada individuo. En particular, nuestra contribución se ha centrado en el diseño de algoritmos adaptativos utilizados en aplicaciones de seguimiento de datos de salud y bienestar del usuario a partir de un conocimiento amplio del usuario (capacidades, limitaciones, parámetros de salud, emociones, etc) y el rediseño adaptativo de interfaces y contenido en función del conocimiento adquirido. Además de su contribución en el campo de la Interacción Persona-Ordenador, las aplicaciones diseñadas y desarrolladas se han puesto a disposición de los profesionales médicos para contribuir a mejorar la recopilación de datos de los usuarios y el seguimiento de los pacientes, con un objetivo futuro de ayudar en la toma de decisiones y fomentar la atención personalizada.

Abstract

One of the current research challenges within the discipline of Human-Computer Interaction (HCI) focuses on the study, customization, and adaptation of interfaces according to the needs and individual characteristics of users. The objectives pursued are, among others, to improve the ease of use of interfaces and usability, achieve more satisfactory and effective interactions, ensure the accessibility of systems for all users, promote the acceptance of technology, and increase the motivation of users for its use and user experience. Thus, the importance of research into the design of adaptive algorithms is recognized with the aim of improving the interaction process and also satisfying the expectations and experiences of those users. It will therefore be crucial to recognize that users present significant differences in terms of physical, cognitive, emotional, and behavioral preferences, and it will therefore be necessary to take into account such particularities and variations in the design and adaptation of interfaces.

This doctoral thesis aims to deepen the research on adaptive intelligent systems in the context of the design of applications for monitoring the user's health and well-being parameters. To meet this objective, throughout the thesis, aspects of analysis, design, and implementation of new algorithms will be addressed, including aspects of interface customization at the level of appearance, adaptation of activities and content, gamification, and motivation. For this purpose, aspects of accessibility, limitations, and specific capabilities of users, as well as physical and emotional aspects, will be studied.

Our findings support and corroborate the results obtained in previous related research and contribute to the advancement of research regarding the design of technological solutions for adapting interfaces dynamically according to the needs and characteristics of each individual. In particular, our contribution has focused on the design of adaptive algorithms used in applications for tracking user health and well-being data based on extensive user knowledge (capabilities, limitations, health parameters, emotions, etc.) and the adaptive redesign of interfaces and content based on the knowledge acquired. In addition to their contribution in the field of Human-Computer Interaction, the applications designed and developed have been made available to medical professionals to improve user data collection and patient monitoring, with the future goal of assisting in decision making and fostering personalized care.

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mis directores de tesis. A Raquel, le agradezco su dedicación y su valiosa guía en la realización de esta investigación, que sin su ayuda habría sido imposible. A Iván, le agradezco su sabiduría y sus consejos durante todo el proceso, a pesar de estar lejos. Gracias por vuestro apoyo incondicional y confianza.

Agradezco a mi familia por su apoyo y comprensión durante los momentos más difíciles de mi carrera académica. En especial, quiero agradecer a mis padres, José y Pilar, por su amor, dedicación y sacrificios incondicionales que me han permitido llegar hasta aquí. A mi hermana Esther, por su compañía, su ánimo y su apoyo en todo momento. A mi abuela María, quien lamentablemente falleció hace un año, por su cariño y por enseñarme el valor de la perseverancia y la paciencia. Y, por supuesto, no puedo olvidar a mi gata Ciri, quien me ha acompañado durante largas horas de trabajo y me ha brindado su compañía y cariño.

Asimismo, quiero agradecer a mis profesores y compañeros de la Universidad de Zaragoza, en concreto de la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel, por su valiosa contribución en la formación de mis habilidades y conocimientos. También agradezco a los participantes de mi estudio, cuya colaboración fue fundamental para la realización de mi investigación.

Agradezco a mis amigos, quienes me brindaron su amistad y apoyo incondicional en todo momento. Su alegría y entusiasmo me dieron fuerzas para seguir adelante.

Por último, agradecer a todas las personas que han colaborado de alguna forma a lo largo de la investigación, ya sea brindando su tiempo, conocimientos o recursos. Este trabajo no hubiera sido posible sin su ayuda y contribución.

De nuevo, gracias a todos los que contribuyeron a la realización de esta tesis doctoral. Me siento muy orgulloso de haberla completado y de haberme superado a mí mismo a lo largo de la investigación, ya que ha sido un reto personal en el que he superado mis límites y miedos, lo que me ha permitido crecer como persona y como profesional.

*“Vida antes que muerte,
Fuerza antes que debilidad,
Viaje antes que destino”*

El archivo de las tormentas

Tabla de contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Contexto del IPO aplicado al campo de la salud	1
1.2	Conclusiones de la introducción	3
2	Objetivos.....	3
3	Estado del Arte.....	5
3.1	Seguimiento de parámetros de salud y bienestar.....	6
3.2	La importancia del análisis emocional en el contexto de la salud y bienestar	7
3.2.1	El proceso de los usuarios con dolor y cómo se relaciona con la interacción	9
3.2.2	Recolección de los datos emocionales mediante dispositivos IoT	10
3.3	La gamificación como forma de motivación para aplicaciones de salud y bienestar	12
3.4	Conclusión.....	13
4	Metodología de la tesis	13
4.1	Justificación de los estudios de la tesis	14
4.2	Selección de parámetros relacionados con la salud y bienestar	17
5	Artículos presentados.....	21
5.1	Ubiquitous monitoring of liver transplantation patients	22
5.2	A methodology for the design and development of gamified mobile apps for monitoring cancer survivors.....	23
5.3	EmotIoT: An IoT System to Improve Users' Wellbeing.....	24
5.4	Una propuesta de caracterización inicial de mayores para el desarrollo de interfaces adaptativas	25
6	Discusión de los artículos presentados	26
6.1	Coherencia y relación directa entre los artículos presentados	26
6.2	Caracterización de los sujetos del estudio.....	30
6.3	Adaptación según la interacción de los usuarios	31
6.4	Limitaciones	32
7	Conclusiones y trabajo futuro	33
7.1	Otras contribuciones relacionadas	35
7.1.1	Estudio de diferentes tipologías de usuarios.....	36
7.1.2	Continuación en la investigación de la tesis	37
7.2	Trabajo futuro	38
	Referencias.....	39
8	Apéndices	45
8.1	APÉNDICE 1: Factor de impacto y Área temática de las revistas.....	46

8.2	APÉNDICE 2: Contribución del Doctorando a los artículos	47
8.3	APÉNDICE 3: Otros artículos	49
8.3.1	Close2U: An App for Monitoring Cancer Patients with Enriched Information from Interaction Patterns	49
8.3.2	Análisis emocional para el bienestar de los ancianos en el proceso de interacción digital	50
8.4	APÉNDICE 4: Artículos en conferencias	51
8.4.1	Close2U: An app for monitoring cancer patients with a gamification system to improve the engagement	51
8.4.2	Diseño de interfaces de usuario adaptativas para personas mayores	52
8.4.3	Diseño de una aplicación basada en el juego para el seguimiento de estados emocionales	53
8.4.4	Un primer análisis de caracterización de asistentes virtuales para el seguimiento del estado de salud de personas mayores	54
8.4.5	Early Detection of Abandonment Signs in Interactive Novels with a Randomized Forest Classifier	55

1 Introducción

La adaptación de las interfaces a las necesidades y características de los usuarios se presenta actualmente como una línea de investigación de especial interés dentro de la disciplina de interacción persona-ordenador (IPO). A través del análisis de las diferencias individuales y la personalización de interfaces se puede lograr una mejora en la usabilidad y accesibilidad de los sistemas, así como también en la aceptación tecnológica y la adherencia y motivación en su uso. Se reconoce que existe una gran variabilidad entre los usuarios, no solo en términos de sus diferencias físicas y cognitivas, que requieren de diferentes diseños para mejorar la accesibilidad de los sistemas, sino también en términos del análisis del estado general del usuario, que incluye la evaluación de su estado emocional o físico y su contexto social.

Además, un sistema adaptativo puede ayudar a mejorar la eficacia de un usuario mediante la realización de acciones asociadas a tareas que se repiten día a día, ofreciendo ayuda en las tareas que se está realizando e incluso mediando en el proceso de interacción de un usuario a través del análisis de su estado físico y emocional (Arazy et al., 2015). De esta manera, simplemente modificando la apariencia de la interfaz y actividades realizadas, se puede adaptar mejor a las limitaciones, capacidades, emociones y/o gustos del usuario.

Dentro de los tipos de personalización existentes, se distinguen tres tipos (Yigitbas & Sauer, 2014): (a) adaptable (manual), en el que el usuario es capaz de cambiar la interfaz, pero solo él decide los cambios; (b) adaptativa (semiautomática), en el que el sistema puede identificar a los usuarios y apoyarlos con sugerencias, detectar si un usuario tiene dificultades para alcanzar su objetivo; y (c) auto adaptativa (automática), en el que se cambian automáticamente algunas partes o incluso toda la interfaz de usuario.

En esta investigación, se lleva a cabo una evaluación de los tipos de adaptación existentes en la bibliografía y un análisis de qué modelos se adaptan mejor al usuario en los contextos de estudio. Se concluye trabajar con sistemas adaptativos (semiautomáticos), que plantean propuestas de adaptación pero permiten al usuario seguir teniendo el control de su interfaz, evitando posibles adaptaciones automáticas que no se ajusten a las preferencias de los usuarios. En esta tesis se presentan las contribuciones realizadas en el ámbito de diseño de sistemas adaptativos inteligentes en el ámbito de la salud y el bienestar.

1.1 Contexto del IPO aplicado al campo de la salud

Más de la mitad del tiempo dedicado por los profesionales sanitarios para controlar la evolución del paciente se enfoca en el manejo de la sintomatología de este, lo cual es crucial para la atención clínica, especialmente en el caso de los pacientes con enfermedades crónicas. No obstante, los síntomas y las discapacidades físicas solo son detectados por los profesionales sanitarios durante las citas médicas, lo que implica una oportunidad perdida para intervenir y aliviar el sufrimiento en el día a día. Además, la capacidad de los profesionales médicos para entender los resultados de los pacientes se ve limitada por la información incompleta de las historias clínicas electrónicas (HCE).

Para superar esta barrera, existen diversas aplicaciones de mHealth que permiten monitorizar a distancia a los pacientes en muchos campos de la medicina, tales como la aplicación para monitorizar a los pacientes con riesgo de sufrir infartos cerebrales mediante servicios en la nube (García et al., 2019) o los sistemas basados en wearables,

como el sistema de red de área corporal inalámbrica para control de la obesidad (Mohammed et al., 2018). Además, existen propuestas para la monitorización de pacientes con redes 5G, la cual ofrece alta velocidad de transmisión de datos y baja latencia, lo que garantiza una adecuada monitorización de los pacientes y permite la detección temprana de posibles problemas de salud.(Lloret et al., 2017).

El número de personas que padecen y han superado enfermedades graves, como el cáncer sigue en aumento, lo que implica una preocupación constante por su calidad de vida y atención. Una vez superada la enfermedad, es común que algunos pacientes no se adapten bien psicológica y/o físicamente tras completar su tratamiento inicial. Por esta razón, es esencial identificar las necesidades en curso para proporcionarles apoyo lo antes posible. La monitorización de estos pacientes se considera un aspecto fundamental en su seguimiento (Loibl & Lederer, 2014), ya que permite maximizar los beneficios de los tratamientos ajustados a los efectos y reacciones. El impacto del conocimiento de la enfermedad influye en gran medida en los roles que desempeñan los pacientes en el hogar, en el trabajo y en su comunidad (Cardoso et al., 2013).

En el ámbito de la salud y del bienestar, se considera cada vez más importante la adaptación inteligente de la interfaz al usuario, teniendo en cuenta tanto la variabilidad del registro de parámetros de salud y bienestar, como el estado físico o emocional del paciente (D'Auria et al., 2016, p.). La tecnología puede ser de gran ayuda para los profesionales médicos (médicos, psicólogos, etc.) al proporcionarles información en tiempo real de sus pacientes de manera continua. La tecnología también puede apoyar a los pacientes durante su tratamiento o proceso de recuperación, en todas las fases del diagnóstico, tratamiento y post tratamiento, mejorando la experiencia del usuario y adaptando el seguimiento y la interfaz a sus necesidades y características individuales. Proporcionar estas aplicaciones adaptativas a los pacientes puede ser beneficioso para ellos, mejorando la experiencia del usuario en el seguimiento y tratamiento de la enfermedad.

En el campo de la salud y bienestar, resulta fundamental el estudio de las emociones y su impacto en la interacción, para evaluar parámetros necesarios para la adaptación de la interfaz del usuario, según su tipo y su estado actual, según lo indicado por (Garcia-Garcia et al., 2017). Además, en el diseño de estas aplicaciones, resulta crucial lograr altos niveles de usabilidad para no dificultar el seguimiento de los pacientes. En la actualidad, existen problemas de usabilidad en las aplicaciones relacionadas con la salud y bienestar, como han documentado (Fu et al., 2017; U. Sarkar et al., 2016). A los pacientes les resultaría muy útil poder participar en su proceso de tratamiento usando las nuevas tecnologías, pero las herramientas actuales no son adecuadas para ellos debido a su pobre usabilidad, especialmente para usuarios mayores (U. Sarkar et al., 2016). Para superar estos problemas, se deberían emplear estrategias de diseño participativo que involucren a los diferentes tipos de pacientes en el diseño de las aplicaciones. De esta manera, se pretende no sólo mejorar la usabilidad, sino también fomentar el uso y la adherencia al tratamiento y al seguimiento mediante estas aplicaciones.

En el ámbito del diseño de sistemas inteligentes, las contribuciones presentadas en esta tesis permiten avanzar respecto al diseño de sistemas inteligentes en los siguientes aspectos: (a) el diseño de algoritmos de adaptación de interfaces a través del uso de criterios de diseño de accesibilidad teniendo en cuenta las limitaciones y capacidades de los usuarios, (b) el diseño de algoritmos inteligentes adaptativos para adaptar los contenidos y la interfaz del sistema a las emociones detectadas del usuario, para que la experiencia sea más personalizada y satisfactoria, (c) el diseño de sistemas de gamificación adaptados a las necesidades y preferencias del usuario, (d) el diseño de

algoritmos de análisis de parámetros de interacción y de su relación con los estados físicos y emocionales del usuario.

1.2 Conclusiones de la introducción

El uso creciente de la tecnología en el campo de la salud y el bienestar es un hecho comprobable. A medida que los sistemas tecnológicos se integran cada vez más en la vida cotidiana de las personas, se le augura un prometedor futuro de uso a gran escala. Sin embargo, se deben abordar importantes desafíos a nivel inmediato al introducir aplicaciones en la vida diaria de los usuarios para el cuidado de la salud. Estos desafíos incluyen problemas de rechazo tecnológico y falta de motivación debido a que, en ocasiones, estos usuarios no encuentran la tecnología fácil de utilizar. Esto puede deberse a que la tecnología es innecesariamente compleja o tediosa, a la falta de motivación para su uso, a la falta de voluntad de aprender o al apego a métodos más tradicionales de seguimiento.

La investigación sobre el conocimiento del usuario a través del uso de sistemas inteligentes y la adaptación automática de las interfaces a sus estados físicos, cognitivos y emocionales es fundamental para aumentar la aceptación de los sistemas propuestos. Aunque estos sistemas se pueden aplicar en muchos ámbitos de conocimiento, esta tesis no pretende dar una solución a cada uno de ellos. En cambio, busca ofrecer apoyo a la comunidad de investigadores que trabajan en la integración de la tecnología en el campo de la salud y el bienestar. En particular, esta tesis se enfoca en contribuir al desarrollo de algoritmos que permitan adaptar las interfaces a los usuarios para motivarlos, y así, mejorar su adherencia y promover el uso de la tecnología en el seguimiento de su salud.

La presente tesis está organizada en seis capítulos. El primero de ellos introduce la importancia de la adaptación de las interfaces a las necesidades y características de los usuarios, como una línea de investigación fundamental en la disciplina de Interacción Persona-Ordenador, con el fin de mejorar la usabilidad, accesibilidad, aceptación tecnológica y motivación en su uso. En el segundo capítulo se presentan los objetivos generales y específicos que se han llevado a cabo en la investigación, así como los sub-objetivos asociados. El capítulo 3 expone el estudio del estado del arte, donde se revisa una amplia variedad de enfoques y herramientas disponibles para personalizar y adaptar la interfaz de usuario en aplicaciones de salud y bienestar, incluyendo herramientas adaptables y semiautomáticas, así como sistemas inteligentes y automáticos basados en aprendizaje de máquina. También se destaca la importancia de seguir parámetros de salud y bienestar, así como el análisis emocional y la gamificación como formas de motivar a los usuarios en aplicaciones de ese ámbito. En el capítulo 4 se describe la metodología empleada en la investigación, explicando el planteamiento de la investigación en todas sus fases. El capítulo 5 presenta los artículos publicados que confirman la relevancia de los resultados de la investigación. Finalmente, el capítulo 6 se dedica a la discusión de los artículos publicados, en el que se exponen los principales hallazgos de la tesis, así como las limitaciones encontradas en la investigación.

2 Objetivos

Esta tesis nace con el objetivo general de **diseñar e implementar sistemas interactivos inteligentes adaptativos para el seguimiento de parámetros de salud y bienestar (OB-P)**.

Derivado de lo que se ha descrito anteriormente y a lo necesario que es en IPO adaptar la interfaz de forma inteligente a los usuarios, se plantean los siguientes objetivos

específicos de investigación. A cada objetivo se le ha asignado una abreviatura para relacionarlos con las publicaciones realizadas en la investigación. Dicha relación se expone en los siguientes apartados:

- (OB-1) Diseño de sistemas inteligentes de adaptación de las interfaces a usuarios.
 - (OB-1.1) Algoritmo de adaptación basado en accesibilidad para mayores.
 - (OB-1.2) Algoritmo de adaptación basado en emociones para juegos soportado por interfaces del internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés).
- (OB-2) Contribuciones al diseño de sistemas de seguimiento de parámetros de salud y bienestar.
 - (OB-2.1) Análisis de la relación entre parámetros fisiológicos y emocionales.
 - (OB-2.2) Metodología de diseño y desarrollo de aplicaciones gamificadas para la monitorización de supervivientes de cáncer.
 - (OB-2.3) Sistema predictivo para la detección de estados de alarma.
 - (OB-2.4) Algoritmo de análisis de información de interacción enriquecida.

Para llevar a cabo los objetivos descritos debemos analizar los principales desafíos que nos llevará completarlos.

El primer desafío es identificar y comprender las limitaciones específicas que los mayores pueden enfrentar al utilizar aplicaciones de salud (OB-1.1). Es importante entender cómo los cambios en la visión, audición, memoria y destreza manual pueden afectar la capacidad de los mayores para interactuar con la tecnología. Además, es necesario desarrollar un algoritmo de adaptación que tenga en cuenta estas limitaciones y permita a los mayores acceder a la información y herramientas de salud de manera efectiva y sin obstáculos.

En segundo lugar, es crucial lograr comprender y abordar las emociones en el diseño de aplicaciones de salud (OB-1.2). Para lograr esto, se llevará a cabo una investigación sobre cómo las emociones afectan a la interacción con las aplicaciones, utilizando además herramientas estandarizadas para mejorar la forma de recopilar y analizar datos emocionales. Con esta información, se podrán diseñar aplicaciones de salud más eficaces que aborden las emociones de los usuarios y mejoren su motivación a la hora de usar las nuevas tecnologías.

En tercer lugar, para analizar la relación entre parámetros fisiológicos y emocionales es la selección y uso adecuado de dispositivos de monitoreo (OB-2.1). Es fundamental elegir dispositivos precisos y confiables que puedan capturar de manera precisa los datos fisiológicos y emocionales relevantes. Además, estos dispositivos deben ser cómodos y no intrusivos para los usuarios, lo que garantiza una experiencia de monitoreo continua y sin interrupciones. Se requiere implementar técnicas estadísticas y de análisis de datos adecuadas para identificar patrones y correlaciones entre los parámetros fisiológicos y emocionales registrados. Para así desarrollar sistemas eficaces y escalables que proporcionen información valiosa para mejorar la salud y contribuir a la investigación y tecnología de la salud.

En cuarto lugar, se llevará a cabo una investigación para identificar las necesidades específicas de los supervivientes de cáncer en cuanto al seguimiento y monitoreo de su

salud (OB-2.2). Con esta información, se desarrollará una metodología de diseño y desarrollo de aplicaciones gamificadas que aborden las necesidades de los supervivientes de cáncer, y mejoren su motivación y adherencia al tratamiento.

En quinto lugar, es necesario determinar qué variables y parámetros son relevantes para detectar estos estados de alarma en pacientes con condiciones de salud específicas (OB-2.3). Es necesario identificar y comprender las señales que indican un empeoramiento del estado de salud de un paciente, y establecer cuáles de estas señales pueden ser monitoreadas y medidas por medio de sistemas de monitoreo y tecnología vestible.

Además, el sistema predictivo debe ser capaz de analizar y procesar estos datos de manera efectiva para detectar con precisión los estados de alarma y alertar al personal médico correspondiente.

En sexto lugar, se deberán evaluar parámetros válidos para la adaptación de una aplicación de salud, según el tipo de usuario que tenga que utilizarla (OB-2.4). Para lograr esto, se llevará a cabo una investigación para identificar los parámetros relevantes que pueden afectar la experiencia del usuario en relación con la aplicación de salud. Se evaluarán los parámetros relevantes para cada grupo de usuarios y se ajustará la aplicación de salud en consecuencia.

Por último, es importante para todos los objetivos descritos el evaluar la fiabilidad de los sistemas de seguimiento desarrollados, midiendo la usabilidad y la satisfacción de los participantes mediante pruebas piloto con cuestionarios estandarizados. Se llevarán a cabo pruebas piloto con un grupo de usuarios seleccionado y se recopilarán datos sobre la usabilidad y la satisfacción de los usuarios. Los datos recopilados se utilizarán para mejorar la aplicación de salud y el sistema de seguimiento en consecuencia.

Los objetivos de esta tesis se alinean con las líneas estratégicas concretadas en el III Plan Aragonés de Investigación, Desarrollo e Innovación (*Plan Autonómico de I+D+i (PAIDi)*, n.d.) (III PAIDi 2021-2027), especialmente con la línea 2: Promocionar la investigación científica y tecnológica de excelencia, donde se cita el incentivar la investigación de frontera y de excelencia respondiendo a los ámbitos de especialización y ámbitos de actividad recogidos en la Estrategia Regional de Innovación y Especialización Inteligente S4 de Aragón. Los objetivos se centran concretamente en el ámbito de especialización recogido en la Estrategia Regional de Innovación y Especialización Inteligente S4 de Aragón para el período 2021-2027: Salud y bienestar.

3 Estado del Arte

A nivel de personalización de la interfaz, son varios los autores que han trabajado en aproximaciones adaptables o manuales. En el estudio de (Hitz et al., 2017) se presenta una notación propia (*OWL/Turtle notation*) para descripciones específicas de los aspectos de la interfaz. Otro ejemplo de este tipo de herramientas para mejorar la usabilidad y adaptación es la presentada por (Zhang et al., 2017). Los autores proponen un estudio basado modelos con el objetivo de mejorar la usabilidad y adaptación de sistemas de información complejos (CIS, por sus siglas en inglés). El método utilizado permite a los usuarios seleccionar las funciones deseadas de un proveedor para personalizar una interfaz.

Dentro de las herramientas adaptativas o semiautomáticas se presentan varias líneas de investigación. En el estudio de (Khriyenko, 2015) se presenta una herramienta de personalización de la interfaz de usuario a nivel semántico impulsado por el perfil de usuario semántico personal y la combinación de módulos reutilizables de visualización

adaptativa. Otro aspecto importante es la adaptación al dispositivo (*responsive*). En esta línea (Laine et al., 2021) proponen un nuevo marco web avanzado para generar una interfaz de usuario que se adapte automáticamente al dispositivo, pero también al usuario (personalizadas). Utilizan técnicas de optimización para generar diseños personalizados y adaptados al dispositivo. Yigitbas et al. (Yigitbas & Sauer, 2014) explican que, en las interfaces de usuario adaptativas, el usuario puede personalizar o individualizar la interfaz de usuario adaptando el diseño o adaptando la navegación, siempre de forma manual. Por otro lado, (Lim et al., 2019) proponen un sistema UI / UX inteligente para adultos mayores llamado SmartSenior, que se basa en aprendizaje semi-supervisado para llevar a cabo adaptaciones automáticas de la interfaz. El sistema evalúa inicialmente (Ji et al., 2018) la capacidad cognitiva, produciendo el primer perfil y luego modifica el perfil según sus acciones.

A nivel de desarrollo de aplicaciones auto adaptativas o automáticas podemos encontrar varios trabajos. Park et al. (Park et al., 2016) diseñan un sistema que utiliza un modelo de avatar que se adapta a los usuarios. En (Yigitbas et al., 2017) los autores presentan un entorno de desarrollo integrado (IDE), llamado Adapt-UI, para el desarrollo de interfaces de usuario autoadaptables. De esta forma, la interfaz de usuario se adaptará automáticamente en función de los cambios en el contexto de uso. En el estudio de Feit et al. (Feit et al., 2020) se propone un enfoque para detectar la relevancia de la información durante la toma de decisiones a partir de los movimientos oculares para permitir la adaptación de la interfaz de usuario. En (Rendely et al., 2021) los autores proponen que se cambie la interfaz de usuario, si los usuarios dan permiso para ello, a partir de los datos analíticos obtenidos durante su interacción.

3.1 Seguimiento de parámetros de salud y bienestar

El término mHealth se define como la unión de la informática móvil, los sensores médicos y las tecnologías de la comunicación, para el cuidado de la salud (Istepanian et al., 2004). Es un campo en crecimiento sobre la aplicación de las tecnologías móviles en la salud, que en los últimos años ha surgido como un segmento importante de la telemedicina y su principal objetivo es mejorar los servicios de salud, integrando los beneficios de la movilidad y la ubicuidad, propios de los sistemas móviles, a los tratamientos asistenciales de la salud tradicional, pretendiendo acercar la salud a las personas y no las personas al sistema de salud. Las aplicaciones de mHealth están generando herramientas para compartir información sobre la atención médica, incluso en zonas apartadas y con pocos recursos, aprovechando la gran cobertura y alcance social de las redes de móviles, convirtiéndose en un factor estratégico para salvar vidas (Consulting, 2009). En este contexto de mHealth, nos centraremos en el seguimiento de los pacientes con cáncer.

Existe una gran atención entre la comunidad oncológica por el seguimiento de los registros de interés en los resultados reportados por el paciente (PROs, por sus siglas en inglés) siendo una herramienta importante para evaluar la efectividad de un tratamiento en situaciones reales, ya que permiten medir el impacto que el tratamiento tiene en la vida diaria del paciente y su bienestar general. En los últimos años han aparecido varios artículos sobre los PROs, que han demostrado ser un método eficaz para mejorar el manejo de los síntomas del paciente y, posteriormente, la atención clínica (Basch, 2017). Esta información puede utilizarse tanto para el cuidado del paciente como para la mejora continua de la calidad de vida. El Memorial Sloan Kettering Cancer Center (*Amplio System*, n.d.) recoge PROs de pacientes en diversas situaciones incluyendo la recuperación de la próstata y la cirugía de mama.

Los PROs pueden desempeñar un papel relevante en la toma de decisiones compartida, y varias instituciones han conseguido integrar la recopilación de los PROs en la atención clínica rutinaria. Sin embargo, siguen existiendo barreras como los problemas tecnológicos, el reembolso y la falta de métodos estandarizados. Además, la retroalimentación de los profesionales médicos a los pacientes es importante para aumentar la sensación de utilidad que tienen los pacientes sobre el registro de sus expedientes (Nelson et al., 2015). Además de la intervención de los médicos en las consultas con sus pacientes, otro aspecto relevante es la optimización de sus próximas consultas antes de realizarlas (Aapro et al., 2022). De esta forma, pueden mejorar la forma en que los profesionales médicos dictan un nuevo tratamiento.

Existe una aplicación de tratamiento médico para optimizar las consultas de los pacientes médicos según las preferencias conocidas y otros criterios de selección (Albro et al., 2019). Ese trabajo se refiere a la optimización de las citas de los pacientes, las opciones de pago del seguro, el tratamiento en las instalaciones médicas y otros aspectos de las interacciones entre los pacientes. La aplicación recopila datos del historial del paciente y calcula una puntuación de colocación en un centro médico basada en una pluralidad de parámetros del historial médico del usuario asociados a su historial médico y programa la consulta de atención médica en un centro médico que proporciona la mayor puntuación de colocación en un centro médico.

El hecho de que el estudio (Nilsson et al., 2022) haya mostrado una eficacia antiemética similar a la de los ensayos controlados, sugiere que los pacientes informaron una reducción significativa en los síntomas de náuseas y vómitos, lo que a su vez sugiere que cumplieron adecuadamente con el tratamiento en situaciones reales. Además, es importante destacar que el estudio fue no intervencionista, lo que significa que los pacientes recibieron el tratamiento sin una intervención activa por parte de los investigadores, lo que aumenta la confianza en los resultados y en la capacidad de los pacientes para cumplir con el tratamiento de manera efectiva.

Vemos que es fundamental asegurar una atención adecuada en todas las etapas de la enfermedad. Además, para obtener una comprensión completa del impacto de un tratamiento, es necesario incluir los PROs como criterios de valoración en los ensayos clínicos. De esta manera, se puede evaluar el efecto del tratamiento en la calidad de vida del paciente y adaptar el tratamiento a las necesidades individuales. En resumen, es crucial realizar más estudios que incluyan PROs en los criterios de valoración para garantizar una atención óptima de los pacientes con cáncer en todas las etapas de la enfermedad.

3.2 La importancia del análisis emocional en el contexto de la salud y bienestar

El análisis de las emociones se refiere al estudio sistemático y objetivo de las emociones humanas, y ha comenzado a ganar interés científico en las últimas décadas debido a su posible aplicación en diversas áreas, como la psicología, la neurociencia, la medicina y la informática, entre otras. La investigación en este campo se ha centrado en entender cómo se producen, experimentan y expresan las emociones, así como en desarrollar métodos para evaluar y medir estos procesos emocionales de manera fiable y válida.

En el tema de la detección de emociones, se han producido importantes avances. Muchos estudios se han referido a COVID19, y las emociones son muy importantes para conocer las relaciones entre el servicio recibido, las emociones registradas y todas las consecuencias provocadas por la pandemia (Yang et al., 2021). Este interés ha

llevado a un aumento en el número de estudios relacionados con el componente emocional, incluyendo investigaciones sobre el uso de la tecnología para mejorar la comprensión y el reconocimiento de las emociones a nivel individual y colectivo, así como para abordar los trastornos emocionales (Deepika Mathuvanthi et al., 2019; Saccá Espinoza, 2015). Las aplicaciones potenciales de este campo de investigación son numerosas, y van desde la mejora del diagnóstico y tratamiento de trastornos emocionales hasta la creación de sistemas de inteligencia artificial capaces de reconocer y responder a las emociones humanas.

La investigación en emociones y modelos de representación individuales y colectivos es un campo de estudio en constante evolución. En este sentido, se propuso un proceso de tres pasos para el reconocimiento de emociones colectivas que incluye la extracción de datos, el procesamiento de datos y la predicción de nuevos datos (Saccá Espinoza, 2015). Por otro lado, el trastorno depresivo es un trastorno emocional que afecta a muchas personas en todo el mundo. En este sentido, se ha propuesto un dispositivo *wearable* que puede monitorear los parámetros biológicos experimentados por estas personas mientras están estresadas, con el objetivo de identificar el estado anormal o el temperamento de un individuo que sufre de trastorno depresivo. Además, se ha desarrollado una aplicación móvil para calmar al individuo con niveles de intensidad medios o severos (Deepika Mathuvanthi et al., 2019).

Las emociones afectan al comportamiento humano y al sistema, de modo que cuando un usuario está utilizando una aplicación, su estado emocional puede afectar a la usabilidad del sistema. Las investigaciones de los últimos años han demostrado que, para reconocer, interpretar, procesar y simular las emociones de los seres humanos, es necesario humanizar la interacción del usuario con la tecnología (Dzedzickis et al., 2020).

Algunos trabajos han estudiado el impacto de las emociones sobre las aplicaciones médicas y cómo las emociones pueden estar relacionadas con la usabilidad del sistema con el que se está interactuando. Definir el nivel de estrés del usuario puede entrenar al sistema de tal manera que no sólo pueda detectar el nivel de estrés del usuario, sino que también pueda modificarse a sí mismo en consecuencia, aumentando así la usabilidad del sistema y la satisfacción del usuario (Saxena et al., 2013). Así como, experimentar emociones negativas durante el uso del sistema puede influir negativamente en comportamientos importantes del usuario, incluyendo las decisiones del usuario respecto a la aplicación (Hibbeln et al., 2017).

Después de ver la gran cantidad de estudios que se han llevado a cabo para analizar las emociones se puede detectar que las características menos investigadas son las señales fisiológicas, por lo que este es un punto fundamental de estudio. De esta forma podemos explorar las emociones a través de las señales fisiológicas para mejorar la interacción entre los seres humanos y la tecnología. El reconocimiento de las emociones se ha convertido en uno de los aspectos más vitales que hay que considerar en cualquier iniciativa relacionada con la computación emocional y todo lo que lleve a una mejor interacción con el sistema por parte del usuario (García-García et al., 2017). Para una correcta detección de las emociones, esta recopilación de investigaciones sienta las bases para tener una mejor comprensión de la expresión emocional correlacionadas con otro tipo de estímulos fisiológicos (Keltner et al., 2019).

Por otro lado, la relación entre el estado físico de un usuario y su interacción con la aplicación es un tema de gran importancia en el diseño de interfaces de usuario. Cuando un usuario experimenta estado físico negativo mientras utiliza una aplicación, puede

afectar a su capacidad para utilizar eficientemente la aplicación y su capacidad para interactuar con ella verse afectada negativamente. Esto puede provocar frustración y otro tipo de emociones negativas y dificultar el logro de las tareas deseadas, lo que puede llevar a una disminución del uso de la aplicación. Por lo tanto, es crucial considerar emociones físicas negativas, como el dolor, en el diseño de interfaces de usuario para garantizar una experiencia de usuario óptima (Finan et al., 2022).

La interacción afectiva

La afectividad es la facultad que poseen las personas para sentir y expresar una amplia variedad de emociones. Esto se debe a la habilidad de poder adaptarse y reaccionar ante los distintos entornos, situaciones y circunstancias por las que pasan. La capacidad de experimentar y expresar sentimientos permite al individuo reaccionar de manera adecuada a las situaciones que se le presentan en la vida cotidiana (D'Mello et al., 2018). Cualquier interacción marcada por una fuerte expresión de sentimientos es afectiva. Estas reacciones son afectivas porque transmiten un tipo de conexión entre las personas involucradas (Lottridge et al., 2011).

La interacción afectiva es cualquier tipo de interacción que se relaciona con, surge o influye en las emociones. A pesar de estar en una etapa temprana de desarrollo, la informática afectiva ya cuenta con una gran cantidad de publicaciones y trabajos en el campo, lo que muestra su importancia y potencial en diversos ámbitos, como la salud, la educación, el entretenimiento y la comunicación. El reconocimiento, interpretación, procesamiento y simulación de los afectos humanos son algunos de los principales objetivos de la informática afectiva, lo que hace posible que las máquinas puedan interactuar con los humanos de manera más natural y efectiva.

El estudio de (Torres et al., 2020) tiene como objetivo presentar las tendencias y un análisis comparativo de las aplicaciones de algoritmos en nuevas implementaciones de informática afectiva desde una perspectiva informática. Además, se han creado sistemas de interacción afectiva que utilizan la realidad virtual para provocar respuestas emocionales positivas o negativas y clasificar las emociones resultantes según el estímulo recibido (Chin et al., 2021). Además cada vez se ha vuelto más común utilizar el enfoque emocional y considerar las emociones como esenciales en las interacciones educativas.

En este contexto, el estudio propuesto por (P. Sarkar & Etemad, 2022) es relevante, ya que ofrece una solución para la detección de estados emocionales con cuatro conjuntos de datos de acceso público: AMIGOS, DREAMER, WESAD y SWELL, con diferentes estímulos, frecuencias de muestreo y protocolos de recogida de datos. Estos conjuntos de datos se utilizaron para evaluar la solución propuesta en diferentes sujetos y circunstancias. El estudio de (Yadegaridehkordi et al., 2019) proporciona visión general del potencial de la informática afectiva en la educación y ofrece pistas para futuras investigaciones que pueden tener un impacto significativo en la forma en que se enseña y se aprende.

3.2.1 El proceso de los usuarios con dolor y cómo se relaciona con la interacción

Las expectativas sobre el dolor y el alivio del dolor son esenciales en los modelos experimentales y son una oportunidad prometedora para la intervención clínica en pacientes con dolor crónico. Los estados emocionales pueden jugar un papel significativo en la modificación de la influencia de las expectativas en el dolor,

proporcionando más opciones de intervención. Sin embargo, hasta ahora los hallazgos han sido contradictorios y se han centrado principalmente en diseños de laboratorio (Finan et al., 2022).

Se deben considerar a evaluar varias emociones relacionadas con el dolor, como la desesperación y la angustia, además del miedo. También se deben observar las respuestas cognitivas de las personas y evaluar qué tipos de comportamientos usan para hacer frente a su dolor. Algunas personas pueden recurrir a comportamientos pasivos, mientras que otras enfrentan activamente su dolor (Martinez-Calderon et al., 2022).

En la literatura se puede observar que se han utilizado diversas formas para detectar el dolor: Una forma es a través de imágenes faciales. Sin embargo, se necesitaba una mayor disponibilidad de bases de datos faciales relacionadas con el dolor. Para solucionar este problema, se ha creado un gran conjunto de código abierto y fiable para diseñar estudios experimentales (Fernandes-Magalhaes et al., 2022). Para mejorar la medición cuantitativa del dolor, se pueden extraer características relacionadas con el dolor de las señales del electroencefalograma (EEG). De esta forma, se consigue una medición más precisa y fiable del dolor, lo que permite a los médicos tomar decisiones más adecuadas en el tratamiento del dolor (Nezam et al., 2021).

También hay que tener en cuenta el tipo de dolor (psicológico) más enfocado a las emociones que al dolor físico, es muy importante tenerlo en cuenta ya que una detección temprana de enfermedades como la depresión pueden mejorar su tasa de curación realizando un tratamiento oportuno (Xu et al., 2021).

3.2.2 Recolección de los datos emocionales mediante dispositivos IoT

La mayoría de las investigaciones en la literatura combinan distintos datos fisiológicos para identificar emociones. Esta técnica da buenos resultados, pero su aplicación práctica es limitada (Nikolova et al., 2018). El Internet de las cosas (IoT) ayuda a las personas en su vida diaria en entornos como los hogares inteligentes, las ciudades inteligentes y los dispositivos vestibles inteligentes. A partir de los resultados de varios estudios, ampliamos lo estudiado en la literatura, como la detección de emociones mediante dispositivos IoT (Horesh et al., 2021) y el uso de *deep learning* para su detección y clasificación (Javed & Muralidhara, 2022).

La detección y clasificación de estados emocionales mediante señales biométricas y algoritmos de reconocimiento de patrones es un área de investigación en crecimiento. (Pal et al., 2021) utilizaron todo tipo de sensores para percibir las emociones humanas. (Garcia-Ceja et al., 2018) clasificaron 23 publicaciones enumerando los sensores utilizados en estudios de monitorización de la salud (sensores oculares, sensores para la frecuencia cardíaca (HR, por sus siglas en inglés), sensores para la actividad electro dérmica (EDA, por sus siglas en inglés), fotoplethysmogramas, acelerómetros y cuestionarios).

En el estudio de (Al Bassam et al., 2021) se monitorizó el estado de salud desarrollando un sistema de sensores móviles en el que los usuarios llevaban dispositivos IoT equipados con múltiples sensores. Por lo que, través de parámetros como la variabilidad de la frecuencia (HRV, por sus siglas en inglés), el EDA, el EEG y el electrocardiograma (ECG), los sistemas IoT pueden acceder a métricas que permiten el seguimiento de las constantes vitales, las emociones, el contexto, las situaciones específicas y las actividades relacionadas con los usuarios.

Se menciona la importancia de varias técnicas de medición implícitas en la investigación del comportamiento humano, como el HRV y el EDA (Marín-Morales et al., 2020). Se han utilizado estas técnicas para medir las respuestas subjetivas y fisiológicas a las emociones en entornos virtuales inmersivos. Permiten medir y analizar aspectos de la experiencia emocional y cognitiva de los participantes de manera objetiva y no invasiva. Los resultados mostraron que tanto el EDA como el HRV se correlacionaron significativamente con la evaluación subjetiva de la valencia emocional, lo que sugiere que estas medidas fisiológicas pueden ser útiles para detectar las emociones de los participantes.

En el trabajo de (Lacuesta et al., 2017) mencionan que el entorno en el que vive una persona tiene un gran impacto en su estado de bienestar. Utilizando el HRV, han desarrollado un sistema para medir los niveles de bienestar y estrés de los compradores de viviendas, con el fin de recomendar el mejor barrio para vivir teniendo en cuenta el estado de bienestar del comprador. En el trabajo de (Veeranki et al., 2021), se propone un enfoque para clasificar varios estados emocionales en señales de actividad electro dérmica utilizando características modificadas de Hjorth y clasificadores no paramétricos. Los resultados demuestran que este enfoque puede clasificar los estados emocionales con precisión, y que la combinación de características modificadas de Hjorth y el bosque de rotación es la más precisa para reconocer las dimensiones de valencia y activación.

En los últimos años, se han realizado importantes estudios en el uso de EEG y ECG para el reconocimiento de emociones. Estos avances pueden proporcionar una solución para la identificación de emociones, lo que permitirá una mejor comprensión y tratamiento de los estados emocionales humanos.

(Marín-Morales et al., 2018) diseña salas virtuales para provocar diferentes combinaciones de excitación-valencia y utiliza EEG y ECG para desarrollar un modelo de precisión del 75,00% a lo largo de la dimensión de excitación y del 71,21% a lo largo de la dimensión de valencia. Este estudio abre nuevas aplicaciones en campos como la arquitectura, la salud, la educación y los videojuegos.

En un estudio reciente, (Chin et al., 2021) propusieron un sistema BCI-VR que consiste en una diadema EEG con electrodos secos frontales y temporales. Los resultados de la clasificación de las emociones positivas frente a negativas muestran la promesa de que las emociones positivas y negativas pueden ser detectadas por el sistema BCI-VR de bajo costo propuesto. Por otro lado, (Sourina et al., 2012) destacan los avances recientes en dispositivos de EEG y algoritmos de procesamiento de señales, que han hecho posible la integración de algoritmos de reconocimiento de estados cerebrales en interfaces humano-computadoras. Estos sistemas permiten al usuario ingresar información a un sistema computacional simplemente pensando, reconociendo estados cerebrales como nivel de estrés, nivel de concentración, emociones humanas, etc. en tiempo real a partir de EEG.

La detección de emociones a partir del ECG ha sido abordada en varios estudios. (Nikolova et al., 2018) destaca en su estudio los desafíos de la computación afectiva para encontrar representaciones invariantes y reducir el ruido inherente en los datos de ECG, mientras que otro estudio (P. Sarkar & Etemad, 2022) propone un modelo de aprendizaje profundo y multitarea auto supervisado que mejora significativamente el rendimiento en la clasificación de diferentes estados emocionales en comparación con un modelo de aprendizaje totalmente supervisado. Por último, (Agrafioti et al., 2012) menciona que el ECG se ha establecido como una característica biométrica que requiere

reconocedores de emociones dependientes del sujeto para capturar la variabilidad instantánea de la señal, y que las características de clasificación se basan en la frecuencia instantánea y la oscilación local dentro de cada modo.

3.3 La gamificación como forma de motivación para aplicaciones de salud y bienestar

El problema que tienen las aplicaciones de salud y bienestar es la pérdida de interés del usuario en acceder a ellas de forma continuada. Para ello, una de las formas para aumentar la motivación es la gamificación. De esta forma, motivarlos para que realicen sus tareas diarias y su tratamiento, como las actividades cotidianas y la medicación. Uno de los principales objetivos es mejorar el seguimiento de los pacientes con el fin de mejorar también la calidad de vida de las personas. Para ello, la disciplina de IPO es fundamental para crear interfaces de usuario que sean fáciles de usar y permitan un seguimiento más eficiente de la evolución del tratamiento.

El estudio presentado en (Cechetti et al., 2019) propone la incorporación de un sistema de gamificación para fomentar la participación activa de los usuarios en su proceso de tratamiento a través de tecnologías de la salud. Este método consta de siete etapas: análisis de los requisitos del sistema, identificación del público objetivo, definición de flujos de interacción, evaluación de otros sistemas de gamificación, análisis de los elementos de gamificación, desarrollo e implementación y evaluación del sistema.

Hay más ejemplos de la importancia de la gamificación en este campo. En (Leclercq et al., 2020), los autores proponen un conjunto de marcos teóricos que describen la gamificación desde el punto de vista del usuario. Por otra parte, Landers (Landers, 2019) analizó los procesos de gamificación, señalando la necesidad de tener en cuenta las características psicológicas de los usuarios. También mencionó que los elementos del juego deben ser elegidos para influir en estas características. Un ejemplo en el que la metodología es la principal contribución al estudio es (Pirovano et al., 2016), donde Pirovano et al. presentaron una metodología para crear exergames seguros para vías terapéuticas reales. Ilustraron la metodología con exergames diseñados para (a) la rehabilitación del equilibrio y la postura y (b) la rehabilitación de la negligencia, implementados y probados con pacientes post-ictus entrenando de forma autónoma en casa.

Los autores de (Diefenbach & Müssig, 2019) presentaron la necesidad de estudiar también los efectos contraproducentes de la gamificación, teniendo en cuenta no sólo los objetivos de la gamificación sino también los objetivos del mundo real para aplicar los elementos de la gamificación en una dosis sensata. La importancia de validar los elementos de gamificación también se introduce en (Toda et al., 2019)

En (Cugelman, 2013) se hace una revisión de algunas taxonomías populares para identificar las estrategias comunes enumeradas por algunos autores. Tras el estudio, Cugelman identificó seis ingredientes básicos de la gamificación. Estas seis mecánicas de la gamificación son: Metas, Desafíos, Refuerzo, Progreso y Social. Así, para conocer mejor a los usuarios de la gamificación, Marczewski propuso seis tipos de usuarios que se diferencian por el grado de motivación intrínseca o extrínseca (Marczewski, 2015): Filántropos, Socializadores, Espíritus libres, Logradores, Jugadores y Disruptores.

3.4 Conclusión

En la revisión bibliográfica realizada, se ha constatado la necesidad, dentro del campo de la mHealth, de profundización en el diseño de sistemas inteligentes de adaptación de interfaces para el usuario. El objetivo perseguido será por lo tanto mejorar la usabilidad y accesibilidad de las aplicaciones a través del diseño de algoritmos de personalización de interfaces de usuario, el incrementando la motivación en su uso y la adherencia a la tecnología. En concreto, se han estudiado las alternativas en el marco de desarrollo de aplicaciones mHealth para la monitorización y seguimiento de los registros de salud del paciente.

Para el análisis de los estados del paciente, en primer lugar se ha hecho un análisis de cómo las emociones pueden afectar a la usabilidad de las aplicaciones móviles. La revisión de los trabajos relacionados indica que, aunque existen múltiples soluciones ofrecidas por el IoT, todavía falta un enfoque metodológico centrado en la predicción de las emociones de los usuarios. El uso potencial del historial de interacción del usuario con el sistema para predecir su estado emocional actual y ofrecer una respuesta adaptativa es una perspectiva apasionante para el futuro. En segundo lugar se analiza el estado físico del paciente, atendiendo a parámetros de salud y bienestar por medio de PROs.

Además se ha completado el diseño incorporando elementos de gamificación a las aplicaciones. Se ha demostrado que cuando las aplicaciones de salud usan gamificación contribuyen a mejorar la salud de los pacientes y a motivarlos en el seguimiento de los tratamientos, según los resultados reportados en la literatura existente. Esto ha motivado nuestro trabajo centrado en la gamificación para apoyar a los supervivientes de cáncer y a estudiar cómo las emociones influyen a la hora de la interacción del usuario con las aplicaciones de salud y bienestar.

El objetivo de este análisis es determinar si el diseño de sistemas inteligentes puede mejorar del tratamiento del paciente por parte de los médicos. Para lograr esto, se explorará cómo los datos capturados por varios sensores pueden utilizarse para predecir las emociones del usuario y enriquecer la información auto declarada, así como relacionar estados fisiológicos y anímicos. Este análisis tiene como objetivo ofrecer una experiencia personalizada para satisfacer las necesidades y expectativas actuales del usuario en el momento actual y adaptarse con el tiempo para mejorar la experiencia del usuario y aumentar las capacidades del sistema. Se espera que esta adaptación se logre a través de la recopilación continua de datos y la evaluación constante de la efectividad del sistema.

4 Metodología de la tesis

El desarrollo de la tesis se enmarca en el estudio de los sistemas inteligentes adaptativos usando diferentes algoritmos para su diseño (OB-P). A lo largo de esta tesis, varias soluciones, y contribuciones para el diseño de estos algoritmos han sido propuestas, estudiadas y validadas.

Para esta tesis, se ha seguido una metodología ágil (Ilyés, 2019), lo que permite un trabajo flexible y adaptativo. Se identifican y se definen los objetivos específicos necesarios para la investigación. El trabajo se planifica en sprints, realizando tareas en orden de prioridad para obtener resultados tempranos y ajustar el trabajo de acuerdo con las necesidades. Después de cada sprint, se revisan los resultados y se retroalimenta el diseño de los algoritmos con cada profesional médico que correspondía a cada estudio,

lo que ayuda a mejorar el trabajo. Se incluye evaluación continua para asegurar que el trabajo se desarrolle correctamente y poder identificar oportunidades de mejora. En lugar de esperar hasta el final de la investigación para evaluar su éxito, la metodología promueve la evaluación frecuente y el ajuste de la dirección del proyecto según sea necesario. Esto implica la realización de revisiones periódicas del progreso, la identificación de problemas y obstáculos, la adaptación a cambios y la integración de la retroalimentación de los comentarios de los usuarios. Al final del proyecto, se realiza una evaluación final para determinar si se han alcanzado los objetivos. El proceso de investigación se documenta cuidadosamente y se presenta una versión final coherente con el trabajo realizado a lo largo de toda la investigación.

El sistema interactivo inteligente adaptativo contempla varias dimensiones de la salud y bienestar del usuario. De esta forma, el sistema es capaz de adaptarse semiautomáticamente al usuario, y con ello, se busca mejorar el proceso de interacción con el sistema y facilitar su usabilidad.

Los algoritmos adaptativos reciben información diversa del usuario, incluyendo su estado actual, emociones, y diferencias sensoriales. Esta información permite que el sistema se ajuste y adapte a las necesidades individuales del usuario, para ofrecer una experiencia personalizada y satisfactoria. Por ejemplo, si el usuario está frustrado, el sistema puede simplificar las opciones o cambiar el contenido para ayudarlo a avanzar. También puede ajustar la accesibilidad, contenido y diseño de la interfaz para mejorar la experiencia del usuario. Como resultado, el sistema adapta la interfaz a varios niveles: accesibilidad, contenido y diseño de la interfaz.

Esta tesis doctoral se apoya en el diseño centrado en el usuario y una revisión de la bibliografía constante para fomentar el aprendizaje del investigador y el avance del conocimiento científico. La metodología ágil es congruente con este enfoque, ya que los proyectos requieren la implementación de requisitos concretos en la realidad. Como resultado, las contribuciones al conocimiento se basan en la observación y el aprendizaje durante la acción, así como en la elaboración de análisis específicos para cada reto o tarea que se aborda.

4.1 Justificación de los estudios de la tesis

Esta sección se presenta cómo los estudios previos contribuyen a la comprensión del tema de la tesis y cómo la misma se basa en ese conocimiento previo. La relación entre los estudios es importante porque proporciona contexto y perspectiva para la tesis, demostrando cómo se está contribuyendo al conocimiento en el área de estudio. La Figura 1 muestra visualmente esta relación entre los estudios, cada estudio con su artículo principal, y su orden para la investigación completa de la tesis.

El proyecto de investigación comienza con el estudio 1, que se centra en la investigación y el análisis de los datos obtenidos en una aplicación de seguimiento de pacientes de trasplantes hepáticos, recopilando parámetros durante el uso de la aplicación, como resultado de este estudio se realizó la publicación (Navarro-Alamán et al., 2023), además se realizó otra publicación para pacientes con cáncer (Navarro-Alamán, Lacuesta, García-Magariño, et al., 2020). Posteriormente, en el estudio 2 se investiga la efectividad de la gamificación en la mejora de la interacción de los pacientes con una aplicación de salud, lo que conduce a una propuesta metodológica para el diseño y desarrollo de otras aplicaciones de salud, como resultado de este estudio se realizó la publicación (Navarro-Alamán, Lacuesta, García-Magariño, et al., 2020). Seguidamente, el estudio 3 se enfoca en la investigación de las emociones y su

detección para adaptar el contenido de aplicaciones de salud y evaluar su impacto en el estado del usuario, como resultado se realizó la publicación (Navarro-Alamán et al., 2022). Finalmente, en el estudio 4 se explora el impacto de una aplicación adaptativa para personas mayores y se analiza cómo mejora la interacción y accesibilidad con dicha aplicación mediante la modificación de su interfaz, como resultado de este estudio se realizó la publicación (Navarro-Alamán et al., 2021). Además, se realizó otro artículo (Navarro-Alamán et al., 2022), en el que se propone un algoritmo basado en el análisis de emociones para adaptar interfaces, por lo que está enmarcado tanto en el estudio 3 como en el estudio 4.

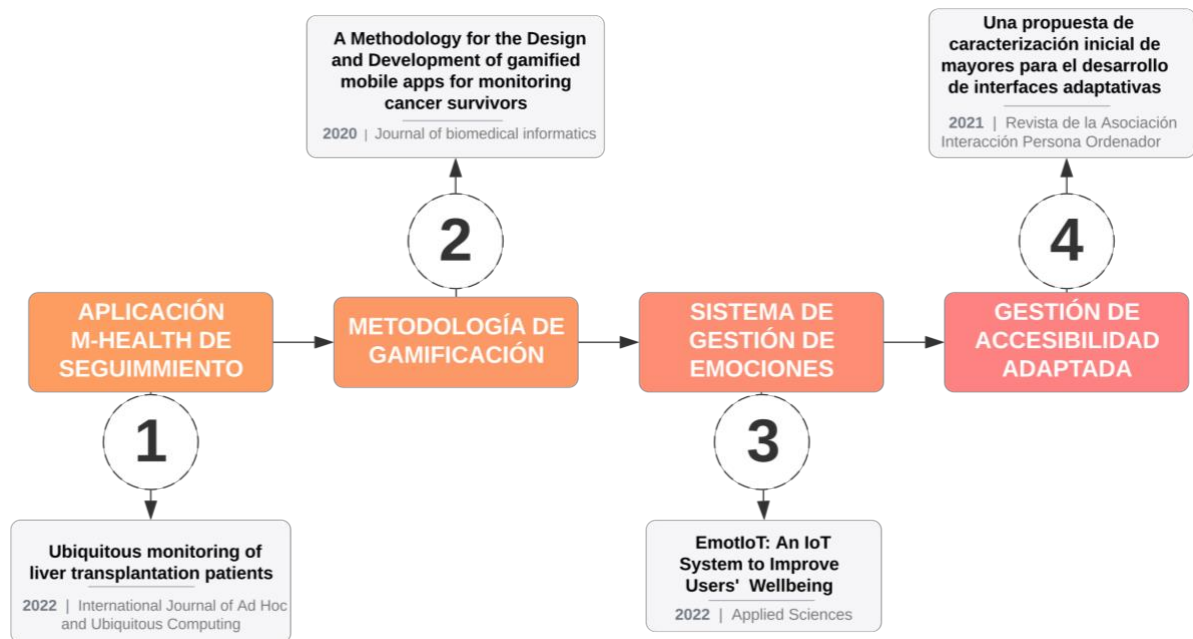


Figura 1 Diagrama temporal de los estudios de la tesis

Para comprender el proceso seguido en los estudios, es relevante relacionarlos con los problemas de investigación planteados.

El estudio 1 se enfoca en los objetivos de investigación OB-2.1 y OB-2.4. Para el OB-2.4 se aborda el seguimiento integral de pacientes de trasplantes hepáticos a través del uso de una aplicación móvil que recopila información sobre su estado físico, psicológico y otros parámetros influyentes en su evolución, como peso, presión arterial, temperatura, pasos, HR, horas de sueño, estado emocional y actividades físicas.

El sistema presentado en este artículo utiliza una red inalámbrica de sensores corporales para recopilar datos de los pacientes de trasplante de hígado. Estos datos se transmiten a una aplicación de software específica que permite a los médicos monitorear a los pacientes de manera remota. La monitorización ubicua permite a los médicos detectar problemas potenciales antes de que se conviertan en emergencias médicas y ajustar el tratamiento según sea necesario.

El enfoque para la monitorización propuesto en este estudio, enmarcado dentro del objetivo OB-2.1, analiza la relación entre parámetros fisiológicos y emocionales, estudiando la forma en la que la información correlaciona y puede ser utilizada para mejorar el monitoreo y tratamiento de los pacientes.

Por su parte, el estudio 2 se centra en el objetivo OB-2.2 y presenta una metodología para el diseño de aplicaciones de salud gamificadas, considerando el perfil de usuario y

sus necesidades motivacionales. Además, se integran los conocimientos adquiridos en la recopilación de datos para el seguimiento de pacientes en el estudio 1. La aplicación sobre la que se diseña la metodología, tiene como base la de otro artículo (Navarro-Alamán, Lacuesta, García-Magariño, et al., 2020), esta se enfoca en la recolección de parámetros de salud para pacientes con cáncer, a diferencia de los pacientes de trasplantes hepáticos del artículo (Navarro-Alamán et al., 2023). Con esto, se busca verificar la capacidad de los sistemas propuestos para adaptar su contenido según las características y necesidades del usuario que las use.

Para la recopilación de los parámetros fisiológicos, los artículos de los estudios 1 (Navarro-Alamán et al., 2023) y 3 (Navarro-Alamán et al., 2022) utilizaron dos dispositivos diferentes para recopilar parámetros fisiológicos. La pulsera Empatica e4 con la que contaba el grupo de investigación AffectiveLab se utiliza para cumplir con el objetivo OB-1.2, en el artículo del estudio 3. Para analizar la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y la actividad electro dérmica (EDA), este dispositivo proporciona datos más precisos y detallados. Para el artículo del estudio 1, se utiliza una pulsera de actividad que recoge menos parámetros que la pulsera Empatica e4, pero resulta adecuada para cumplir con el objetivo OB-2.1, a pesar de que no proporcionó la misma cantidad de datos. Esta pulsera permite recopilar información relevante sobre la actividad física y el nivel de movimiento de los participantes.

El estudio 3, busca el uso de dispositivos confiables y precisos para recopilar datos fisiológicos de los pacientes, se examinan varias opciones para completar la investigación de los dispositivos, y a pesar de que se consideran opciones más económicas, se opta por mantener la calidad de los datos y utilizar la pulsera Empatica e4 debido a su capacidad para proporcionar mediciones más precisas y confiables, estos datos son más adecuados para completar el objetivo OB-2.3. A partir de estos datos en respuesta al objetivo OB-1.2, se desarrolla un algoritmo predictivo que permite la detección de los estados emocionales de los pacientes. Con base a los resultados obtenidos, se generan recomendaciones de actividades específicas para mejorar su estado emocional. Este enfoque ha logrado avanzar con los objetivos de investigación establecidos y ha contribuido al avance del conocimiento en el área de estudio.

Se utilizan diferentes algoritmos de aprendizaje automático para analizar y procesar la información sobre las emociones de un conjunto de datos, con el objetivo de identificar y predecir emociones. Entre los algoritmos comparados en el estudio se encuentran los algoritmos de clasificación de vectores de soporte (SVC, por sus siglas en inglés), K-Vecinos más cercanos (KNN, por sus siglas en inglés) y árboles de decisión (DT, por sus siglas en inglés). Cada uno de estos algoritmos utiliza diferentes técnicas y enfoques para procesar y analizar la información de entrada, con el fin de clasificar los datos según las emociones que se quieran identificar o predecir.

Finalmente, en el estudio 4, se diseña un algoritmo que permite modificar la interfaz de acuerdo con los problemas de accesibilidad que puedan presentarse durante su uso por parte del usuario, enmarcándose así en el OB-1.1 para así completar los retos surgidos en el OB-1. Se realiza una adaptación semiautomática del algoritmo a través de la interacción entre el usuario y el sistema, lo que permite ajustar la interfaz de manera eficiente y personalizada para cada usuario.

Los resultados de los estudios realizados en esta investigación permiten dar respuestas a los problemas y preguntas planteados en un inicio. En la sección de discusión, se analizarán las contribuciones específicas de cada uno de estos estudios y se reflexionará

sobre los procesos y decisiones tomadas durante la investigación. Estos hallazgos ayudarán a abordar la problemática en cuestión y ofrecer soluciones a la misma.

4.2 Selección de parámetros relacionados con la salud y bienestar

En la selección de parámetros relacionados con la salud y el bienestar en cualquier estudio de investigación de campo, se consideran aspectos críticos. En esta sección de la tesis, se abordan las consideraciones metodológicas y teóricas necesarias para identificar y medir adecuadamente los parámetros relevantes. Se presta especial atención a la selección de parámetros significativos para los grupos de población específicos, así como a las limitaciones y desafíos asociados con la medición de los parámetros de salud y bienestar. Además, se enfoca en la selección y aplicación de instrumentos de medición validados y confiables para garantizar la precisión y fiabilidad de los datos. En resumen, esta sección proporcionará una visión detallada y rigurosa de los procesos y consideraciones necesarias para seleccionar parámetros relacionados con la salud y el bienestar en un contexto de investigación científica.

En el estudio 1 se realiza una investigación para evaluar el rendimiento del sistema de monitoreo ubicuo. Los pacientes trasplantados de hígado fueron equipados con dispositivos portátiles para monitorear continuamente sus signos vitales, como la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la saturación de oxígeno. Los datos recopilados por los dispositivos se transmitieron a una aplicación móvil, que analizó los datos y proporcionó alertas a los clínicos en caso de valores anormales. Se utilizan varios tipos de datos, entre ellos:

- Datos biométricos: se recopilan a través de las pulseras y se refieren a mediciones fisiológicas del paciente, como la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la temperatura corporal.
- Datos de actividad física: también recopilados mediante las pulseras, se refieren a la cantidad de actividad física que realiza el paciente, como los pasos dados y la distancia recorrida.
- Datos de encuestas de satisfacción: se recopilan mediante encuestas realizadas a los pacientes para evaluar su satisfacción con la aplicación y la pulsera.
- Datos demográficos: se refieren a la información básica del paciente, como la edad, el género y el historial médico.

Del mismo estudio se pudo realizar otro artículo (Navarro-Alamán, Lacuesta, García-Magariño, et al., 2020), en el que se evaluaron varios aspectos relacionados con la calidad del sueño, la existencia de dolor y el estado de ánimo, en pacientes con cáncer.

Con el propósito de evaluar la calidad del sueño, se emplea una pregunta auto declarada, en la cual se brindó a los participantes la oportunidad de expresar una valoración numérica en una escala del 0 al 10. Dentro de dicha escala, el valor 0 representa la calidad del sueño más deficiente, mientras que el valor 10 corresponde a la calidad del sueño óptima.

En relación con la evaluación de la presencia de dolor, se aplica una pregunta que ofrece a los participantes la opción de responder afirmativamente, negativamente o indicar algún grado de incomodidad. En aquellos casos en los que los participantes responden afirmativamente, se les solicita que precisen el nivel de dolor experimentado

utilizando una escala con valores del 1 al 10. En dicha escala, el valor 1 representa el mínimo nivel de dolor, mientras que el valor 10 representa el máximo nivel.

Por último, en lo que respecta a la evaluación del estado de ánimo, se lleva a cabo mediante una lista compuesta por 97 opciones clasificadas en cinco categorías. Los participantes seleccionan uno o varios estados de ánimo que consideraron representativos de su experiencia. En aquellos casos en los que los participantes seleccionan múltiples opciones, su respuesta es etiquetada como "indeciso".

La evaluación de la indecisión en las respuestas del usuario se realiza para todos los parámetros registrados. La medición del número de cambios de respuesta realizado por los participantes se utiliza como indicador en este estudio. Se registra la cantidad de veces que los participantes modifican sus respuestas antes de finalmente enviarlas. Este dato proporciona información sobre la variabilidad y la indecisión en las respuestas de los participantes durante el proceso de evaluación.

En el estudio 2, según la metodología propuesta se seleccionan los parámetros según la caracterización del usuario en dos etapas. En la etapa 3, “selección de las tácticas de gamificación”, se seleccionan los mecanismos de gamificación que se utilizan en la aplicación, basándose en las estrategias y técnicas definidas por Cugelman, en consonancia con los objetivos de la aplicación, el nivel de prevención y las dimensiones de seguimiento. Las decisiones tomadas deben estar justificadas y en línea con las etapas anteriores. En la etapa 4, “selección de parámetros de personalización”, se lleva a cabo un análisis cuidadoso de las necesidades y objetivos de los usuarios, así como de la efectividad de las diferentes estrategias y tácticas para motivar y comprometer a los usuarios en el proceso de aprendizaje. En base a este análisis, se seleccionan los parámetros que se utilizan en la gamificación de la aplicación, siendo la estrategia de conectividad social la más importante. Además, se utiliza una red social personalizada llamada “Red de Apoyo Social” para unir todas las estrategias y tácticas.

Por tanto, los parámetros que se han seleccionado para mejorar la experiencia del usuario y su cambio de comportamiento con relación a su tratamiento son:

- Refuerzo: Una técnica que consiste en proporcionar estímulos para aumentar la probabilidad de que el usuario realice ciertas acciones.
- Conectividad social: El uso de una red social personalizada para conectar a los usuarios, y así fomentar la interacción y la colaboración.
- Utilización de niveles: La división de una actividad en niveles, para que el usuario tenga una sensación de progreso y pueda alcanzar diferentes logros.
- Asignación de puntos: La asignación de puntos por la realización de acciones específicas, para aumentar la motivación del usuario.

Se evalúan los siguientes aspectos con el fin de mejorar la experiencia del paciente y su adherencia al tratamiento:

- Recursos de información: La provisión de información relevante y útil sobre el tratamiento o enfermedad.
- Recursos motivacionales: Los recursos que ayudan a motivar al paciente a continuar con el tratamiento, como historias de éxito o testimonios de otros pacientes.

- Recursos de ejercicio: Los recursos que ayudan al paciente a realizar ejercicios específicos para mejorar su condición.
- Personalización de los recursos: La adaptación de los recursos a las necesidades y características específicas de cada usuario.
- Interacción entre los diferentes recursos: La posibilidad de combinar diferentes recursos para mejorar la experiencia del usuario.

Se han considerado elementos para mejorar la motivación y el compromiso del paciente, tales como:

- Puntos y recompensas: Mecanismo utilizado en la gamificación que premia al usuario por completar ciertas acciones o metas dentro de la aplicación, con el fin de motivar y comprometer al usuario en el proceso de aprendizaje.
- Foro de dudas para la comunicación entre pacientes y médicos: Espacio virtual donde los usuarios pueden plantear dudas o inquietudes sobre su proceso de aprendizaje y recibir respuestas del personal médico.
- Validación de recursos por parte del personal médico: Proceso mediante el cual el personal médico revisa y valida los recursos educativos que se ofrecen a los usuarios para garantizar su calidad y relevancia.

En la primera etapa de la metodología del estudio 3, se determinan los parámetros emocionales considerados para el análisis de un sistema de recomendación en un contexto lúdico, en el que los usuarios juegan a diferentes juegos en dos contextos distintos: sentados y caminando. La clasificación de los juegos se lleva a cabo teniendo en cuenta cuatro características: razonamiento, memoria, lenguaje y movilidad. Se seleccionan tres juegos diferentes (uno por cada categoría) y los participantes los juegan a cada uno durante diez minutos. Las emociones de los usuarios se registran tres veces durante cada juego (antes de jugar, mientras jugaban y al final del juego), se utiliza la cuadrícula de afecto de Russell (Affect Grid) (Colomo-Palacios et al., 2011), una herramienta diseñada para determinar el afecto a lo largo de las dimensiones de placer-desagrado y excitación-somnolencia en una escala del 1 al 9.

Para llevar a cabo el estudio, se recolectan datos de dos formas distintas: (a) a través de dispositivos IoT, que permiten obtener parámetros fisiológicos de forma automática, y (b) mediante datos manuales auto informados por los participantes.

Los datos fisiológicos se registran por medio de una pulsera Empatica e4, la cual permite medir el intervalo entre latidos (IBI, por sus siglas en inglés), que a su vez se utiliza para calcular el HRV, una medida relacionada con el estado de ánimo, la salud emocional y el estrés. Además, se registran otros parámetros fisiológicos, como el EDA, la temperatura y el HR. Por otro lado, los datos manuales incluyen los datos del Affect Grid, y otra encuesta que recopila información sobre la edad, el sexo, y la frecuencia de uso del smartphone y de juego, las cuales se miden utilizando una escala Likert de 3 niveles (nunca, esporádica y habitualmente).

En el estudio 4 se analizan los parámetros asociados a las limitaciones que pueden interferir en el uso de sistemas interactivos por parte de las personas mayores debido a su edad. Entre ellas, se destacan limitaciones visuales, físicas y cognitivas. En términos de limitaciones visuales, se observa una reducción en la sensibilidad al contraste y percepción del color y/o enfoque, lo que puede dificultar la lectura del contenido visual. En relación con las limitaciones físicas, se presenta una disminución en la destreza y el

control de la motricidad, lo que dificulta la interacción táctil con objetos pequeños o el uso de periféricos. Por otra parte, la limitación auditiva puede dificultar la percepción de sonidos de tonos altos. Finalmente, en cuanto a la capacidad cognitiva, se evidencia una disminución de memoria a corto plazo, lo que puede dificultar la concentración y aumentar la distracción, impactando en la realización de tareas en línea o la navegación por el sistema.

En el proyecto de la Iniciativa de Accesibilidad Web para Personas Mayores (WAI-AGE, por sus siglas en inglés), se investigaron las necesidades de los usuarios web de mayor edad y la relación con la accesibilidad web para personas con discapacidad, con el apoyo financiero de la Comisión Europea. Los resultados de la investigación llevaron a la identificación de los estándares de accesibilidad internacionales de la Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI, por sus siglas en inglés) del W3C que abordan la mayoría de las necesidades de los usuarios mayores. El desarrollo de aplicaciones accesibles para personas mayores se basa en las Pautas de Accesibilidad de Contenido Web (WCAG, por sus siglas en inglés), que se centran en cuatro principios clave de la accesibilidad web: perceptible, operable, comprensible y robusto.

Este estudio se enfoca en los aspectos relacionados con la percepción de la información y la interfaz de usuario, abarcando elementos como el tamaño del texto, el estilo y diseño del texto, el color y contraste, así como el uso del audio. Además, se examina la usabilidad de la interfaz de usuario, considerando aspectos como los enlaces, la navegación, la ubicación, el uso del ratón o teclado y la tabulación. Las recomendaciones presentadas en las pautas analizadas en el WCAG se utilizaron como base para establecer los mínimos contrastes recomendados y tamaños mínimos de letra recomendados para personas mayores.

5 Artículos presentados

A continuación se añaden los artículos publicados que se aportan como parte de esta Tesis Doctoral.

5.1 Ubiquitous monitoring of liver transplantation patients

Cita completa:

Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., Jiménez, J.M., Lloret, J., & Serrano, T. (in press). Ubiquitous monitoring of liver transplantation patients. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing. DOI: 10.1504/IJAHUC.2023.10052490.

Abstract:

Currently, liver transplantation is the most effective treatment available for patients with end-stage liver disease. Patients, after being transplanted, require immunosuppressive treatment that must be monitored. mHealth systems reduce costs and increase the effectiveness of monitoring. Wireless body sensor networks are used to connect personal monitoring devices in the health environment. In this work, we present a system with a specific software application to monitor liver transplant patients remotely through the data gathered from a body sensor network. The main objective of the application is to carry out the out-of-hospital follow-up of patients who are receiving postoperative treatment. The application also provides a forum, frequently asked questions, and direct communication with health specialist personnel. We have observed that the degree of activity and the emotions of the patients are related to the information provided by the collected parameters through the devices of the body sensor network.

Ubiquitous monitoring of liver transplantation patients

Javier Navarro-Alaman* and Raquel Lacuesta

Escuela Politécnica Superior de Teruel,
Universidad de Zaragoza,
C/Ciudad Escolar s/n, 44003, Teruel, Spain
Email: jnavarroa@unizar.es
Email: lacuesta@unizar.es
*Corresponding author

Jose M. Jimenez and Jaime Lloret

Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de zonas Costeras,
Universitat Politècnica de València,
46730 Grau de Gandia, Spain
Email: jojiher@dcom.upv.es
Email: jlloret@dcom.upv.es

Iván García-Magariño

Department of Software Engineering and Artificial Intelligence,
Complutense University of Madrid, Spain
Email: igarciam@ucm.es

Trinidad Serrano

Instituto de Investigación Sanitaria Aragón (IISA),
Centro de Investigación Biomédica de Aragón (CIBA),
Avda. San Juan Bosco, 13, 50009, Zaragoza, Spain
Email: tserrano.aullo@gmail.com

Abstract: Currently, liver transplantation is the most effective treatment available for patients with end-stage liver disease. Patients, after being transplanted, require immunosuppressive treatment that must be monitored. mHealth systems reduce costs and increase the effectiveness of monitoring. Wireless body sensor networks are used to connect personal monitoring devices in the health environment. In this work, we present a system with a specific software application to monitor liver transplant patients remotely through the data gathered from a body sensor network. The main objective of the application is to carry out the out-of-hospital follow-up of patients who are receiving postoperative treatment. The application also provides a forum, frequently asked questions, and direct communication with health specialist personnel. We have observed that the degree of activity and the emotions of the patients are related to the information provided by the collected parameters through the devices of the body sensor network.

Keywords: mHealth; app; wearable devices; monitoring; liver; transplantation.

Reference to this paper should be made as follows: Navarro-Alaman, J., Lacuesta, R., Jimenez, J.M., Lloret, J., García-Magariño, I. and Serrano, T. (xxxx) 'Ubiquitous monitoring of liver transplantation patients', *Int. J. Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, Vol. X, No. Y, pp.xxx-xxx.

Biographical notes: Javier Navarro-Alaman received his BS degree in Informatic Engineering from University of Zaragoza, Teruel, Spain, in 2017 and MS degree in Application Development for Mobile Devices from Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona, Spain, in 2019. He is currently pursuing his PhD degree in Systems Engineering and Informatics at University of Zaragoza, Teruel, Spain. From February 2019 to October 2019, he was a Research Assistant with the University of Zaragoza, AffectiveLab Group, Teruel, Spain. Since November 2019, he is a Research Assistant with the Aragon Health Research Institute, Zaragoza, Spain.

Raquel Lacuesta received her degree in Computer Science Engineering and PhD degree (Dr.Ing.) in Computer Science Engineering from the Polytechnic University of Valencia, in 1999 and 2008, respectively. She has been a Lecturer of Computer Science with Zaragoza University. She

has authored or co-authored over 60 scientific papers published in national and international conferences; she also has had over 15 papers about education published in national and international conferences and more than 20 papers published in international journals with ISI Thomson JCR. She has been involved as an Organizer and Chair for several important program committees of international conferences.

Jose M. Jimenez received his degree in Computer Science Engineering in 1997 and University Master's degree in Digital Postproduction in 2013 and his PhD degree from the Polytechnic University of Valencia in 2018. He has authored more than 80 research papers published in national and international conferences, international journals (more than 30 with Clarivate Analytics JCR). He has been involved in several program committees and organisation of international conferences. Currently, he is a University Professor in the Polytechnic University of Valencia, in the Technical School of Telecommunications Engineering. Also, he participated in several European and national research projects.

Jaime Lloret received his BSc and MSc in Physics in 1997, his BSc and MSc in Electronic Engineering in 2003 and his PhD in Telecommunication Engineering (Dr. Ing.) in 2006. He is a Full Professor at the Polytechnic University of Valencia. He is the Chair of the Integrated Management Coastal Research Institute (IGIC) since January 2017. He has been Internet Technical Committee Chair (IEEE Communications Society and Internet Society) for the term 2013–2015. He has authored 15 books and has more than 800 research papers published in national and international conferences, international journals (more than 400 with Clarivate Analytics JCR).

Iván García-Magariño is a Lecturer and a contributor to the GRASIA research group at the Complutense University of Madrid. Prior to commencing this position in 2018, he was a PhD Assistant Professor in University of Zaragoza (2014–2018). He was awarded a PhD in Computer Science Engineering from the Complutense University of Madrid in 2009 and was a recipient of an FPI scholarship from 2006 to 2010. He has over 135 publications (over 60 in journals with ISI Thomson JCR). He is an editor in several journals and guest editor in several special issues in journals with impact factor.

Trinidad Serrano has an MD and PhD degree in Medicine. She is the Head of the Hepatology and Liver Transplant Unit of the Lozano Blesa University Hospital in Zaragoza and Associate Professor at the University of Zaragoza. She is an author and co-author of more than 60 scientific articles published in national and international indexed journals. Since May 2021, she coordinates the functionality of the Electronic Health Record of the Health System of Aragon, Spain.

1 Introduction

Information and telecommunications technologies (ICT) allow rapid, continuous, and innovative development of technologies in the health area, which improves people's quality of life and electronic services. World Health Organization defines eHealth as the cost-effective and secure use of information and communications technologies in support of health and health-related fields, including health-care services, health surveillance, health literature, and health education, knowledge and research. Starting from the general term eHealth, other terms have emerged that cover different concepts such as telemedicine, telehealth, mHealth, etc. Wearable devices for monitoring patients are a common type of wearable in the field of eHealth. The term mHealth refers to any medical practice that uses mobile devices such as smartphones, PDAs, or wireless devices in general, which improve the care of each patient.

In recent years, mHealth has become a very helpful tool, opening up great possibilities for improvement in the world of health. It facilitates an important commitment by preventing diseases and self-care, and helps the

sustainability of health systems as it increases their efficiency by reducing costs thanks to the remote monitoring of the patients. Moreover, it enables access to medical care, which can be provided by specialists, to people who live in areas of difficult access, which makes access to health systems more equitable for all people (Blumenthal and Tavenner, 2010).

Wireless body sensor networks (BSNs) are used for both health applications and other issues such as sport and wellbeing. When these networks are applied to the health environment, it is very important to transmit the monitored data properly and securely. When there is an emergency, data management can become a challenge. In addition, in order to make adequate diagnoses in patients with chronic diseases, the network should be reliable in terms of high packet data delivery and shorter network delay (Sangeetha and Bhanumathi, 2022). Yousefi et al. (2019) recommend clustering methods to improve wireless sensor networks and indicate that the IEEE 802.15 [wireless personal area networks (WPAN)] standard (IEEE 802.15 Working Group for WSN, 2018) becomes the most popular technology for these networks.

Currently, mobile devices and applications designed for the management of chronic patients are proliferating. In the field of liver diseases, there are recent studies (Stotts et al., 2019) carried out, mainly with cirrhotic and liver transplant patients, that show a decrease in the number of consultations and visits to the emergency room without reducing patient satisfaction. Recently, the first randomised trials have been published, which explore the role of remote monitoring, based on telemedicine, in newly transplanted patients, both liver and kidney (Levine et al., 2019; Lee et al., 2019), demonstrating the usefulness of these new technologies both in adherence to treatment and in the reduction of hospital readmissions.

Currently, patients who have developed liver disease and are in a terminal phase, have a greater chance of improvement if they undergo liver transplantation. It has very good short-term and long-term survival but requires lifelong monitoring of patients (Charlton et al., 2018). Patients require immunosuppressive treatment that must be monitored and, in addition to the specific complications of the transplant, they present an increased prevalence of cardiovascular diseases and cancer. For example, in Spain, from 1984 to December 2018, around 28,000 transplants were performed (Registro Español de Trasplante Hepático. Memoria de resultados, 2018). The high volume of patients, and their chronic control, supposes a significant consumption of health resources in addition to constant displacement for many patients with the inconvenience and difficulties that this entails.

Our working group has a large experience in the development and elaboration of computer applications, which can be installed on any smartphone. These apps allow health personnel to obtain patient data remotely. The data observed will be those related to the parameters that are considered most important and of reference, in terms of the patient's health status. In our work, we present a specific application for the remote control and monitoring of liver transplant patients. To carry out monitoring, we use wristbands compatible with the Google Fit platform. Bluetooth protocol is used to transfer the information from the bracelet to the smartphone. Using the FitKit, which is the Flutter plugin, the data from the bracelets is extracted. It has been developed following health guidelines demanded by specialists from the Hospital Clínico Universitario 'Lozano Blesa' de Zaragoza, and Instituto de Investigación Sanitaria Aragón. Among other aspects, the application collects information on mood, alarm control, and medication. It also takes vital signs, etc. In addition, a list of frequently asked questions, a forum for transplant patients, and a mailbox for direct communication with health personnel are provided. The main objective of the application is to carry out the out-of-hospital follow-up of liver transplant patients. Thus, patient care will be improved and the number of medical visits will be reduced, therefore helping to optimise health resources.

The rest of the paper is organised as follows. Section 2 presents the related work. Section 3 describes the proposed system. The experimental results are depicted in Section 4.

Finally, the conclusion and future work are presented in Section 5.

2 Related work

In this section, we are going to introduce some studies on eHealth and mHealth that have been presented by different authors.

Some authors (Lloret et al., 2016; Guillén-Gámez et al., 2017; Machado et al., 2012) have presented studies and proposals for the general application of eHealth and mHealth. Lloret et al. (2016) proposed a new secure architecture and protocol between interconnected eHealth clouds. Thanks to their characteristics, they allowed the exchange of data, services, and, in general, all types of resources that could be found in eHealth clouds. A very important feature of the presented architecture was its high scalability, as it easily allowed the addition of both new nodes and eHealth clouds. They present the results obtained in a controlled test bench. Guillén-Gámez et al. (2017) present a software application that allows authenticated access for patients, doctors, or any actor involved, based on the analysis of the face through the cameras integrated into their devices. According to the authors, to achieve privacy in data access, it is necessary to have a software application to access the database. This access will be graded by sensitivity levels, applying algorithms to facial images. Machado et al. (2012) presented a system that was evaluated in a real scenario, using a mHealth application called SapoFit. Through such system, they enabled the cooperation of mHealth services and applications. His system was based on the reputation of web service-oriented architectures. On the other hand, authors like Otal et al. (2009) present a new medium access control (MAC) model in BSNs, specifically for healthcare scenarios. With their proposal they improve the performance of the networks, controlling the quality of service and energy consumption. Other authors such as Mekikis et al. (2017) present a study on wearables used in hospitals for patient monitoring, so that they have a reliable communication system and a long service life. The authors have provided an analytical model to understand the ability of wearables to rapidly inform to the medical services.

McKenzie et al. (2015) present a study that seeks to evaluate the impact of text messages sent to young patients who have received a liver transplant, to enhance their involvement in laboratory tests. Young people between the ages of 12 and 21 participated in the study. In their results, they demonstrated an enhancement of the involvement in tests from 58% to 78% ($p < 0.001$). As indicated, the participation rate in the controls of patients who did not use the messages was lower ($p = 0.003$). Demonstrating the acceptance and benefit of the use of technology in eHealth.

Other authors such as Abaza and Marschollek (2017) have studied previously published mHealth articles that identify the main diseases, areas, and mHealth technologies and services. These works were most widely applied in low-and middle-income countries. The authors identify

seven types of technologies and eight areas of mHealth. Most of them were related to applications for mobile devices that allowed patient monitoring, and aspects related to the dissemination of information, through SMS messaging. Also, Kartsakli et al. (Marschollek) present a survey on M2M systems, which use wireless communications, applied to mHealth. They initially review wireless body area networks (WBANs) used by patients, continuing to present practical applications in mHealth.

Lopes et al. (2011) present a mobile health application designed for dietary monitoring and evaluation, called SapoFitness. Users of the application can obtain a personal health record (PHR), their diet, and the exercise they do daily. It allows continuous monitoring of the user and sends alerts/messages about their dietary program taking into account their physical activity. Its operation was verified on different Android mobile devices.

McGillicuddy et al. (2013) present a study for the prototype of a system where patients who have been kidney transplanted, and who suffer from uncontrolled hypertension, through the use of a smartphone, can perform self-management of medication administration, and also take blood pressure. Charrad et al. (2020) presented a system that allows monitoring patients suffering from heart disease. They propose to collect and analyse cardiac data during normal life, in settings such as home and work. To prevent heart attacks or other forms of heart problems, they use a device that sticks to the skin. Through an algorithm, they detect heart abnormalities in real-time. Through a platform, when an anomaly is detected, doctors can control the patient's activity. It allows an agile and fast treatment of the patient. The medical team can order take actions from a distance such as the application of electroshocks or other measures. In addition, it can even monitor the location of the patient to send help services. McElroy et al. (2016) presented a study to determine the benefit of using digital health kits (DHKs). The kits allowed access through web technology to patients who had been treated with cardiac surgery, to carry out controls on their lung activity and heart rate. The automatic sending of patient information daily was enabled. In addition, live video transmission with a specialist was allowed. Both patients and clinicians were very satisfied with the capacity of the kits. Le et al. (2019) evaluated whether doctor-patient relationships remained strong during post-liver transplant care using telemedicine. According to their results, 90% of the patients agreed to use telemedicine and were willing to use it again. The authors affirm that by using telemedicine, the relationship between doctor and patient is not compromised and, in addition, it serves to save time and money in clinical follow-up.

Other authors (Charrad et al., 2020; McElroy et al., 2016) have presented studies on some of the parameters that our application deals with, such as the emotions and activity of a patient. Setiawan et al. (2020) propose a framework that fuses physiological and facial cues to enhance the classification performance of fine-grained emotion recognition. Feature-level fusion (FLF) and decision-level fusion (DLF) techniques were investigated to recognise

seven fine-grained emotions. They stated that multimodal fusion would improve overall accuracy compared to the unimodal system. An accuracy of 73.23% was reached for seven emotions. Sabri and Aloui (2019) propose the detection of a patient's activity in a smart home, using machine learning. Its objective is to evaluate the functional capacity to follow the routines in the patient's life. According to their experiments, they detected a great improvement in the employed time taken for learning.

Fleming et al. (2022) present a review that identifies mHealth applications that have been developed to be used by transplant patients to improve health outcomes. In addition, they help raise awareness about future needs in mHealth applications, which will be developed for patients who have undergone organ transplants.

Vizzini and Piazza (2014) have presented an evaluation study of a home monitoring system for patients after liver transplantation. Using mHealth, they managed to carry out an uninterrupted recovery at the patient's home, maintaining close contact with the medical teams. The system allowed health personnel to monitor and assist transplant patients from the hospital, verify their general condition, collect biometric data, manage their treatment, and finally, offer face-to-face appointments through videoconference.

The proposal of our group improves the previous proposals since it collects information on mood, alarm control and medication taking, vital signs, etc. and emotions. In addition, a list of frequently asked questions, a forum for transplant patients, and a mailbox for direct communication with health personnel are provided.

3 Proposed system

This section presents the system procedure that was agreed upon after several meetings with doctors from the Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa, who was present throughout the design and development process. Their comments and feedback made the system for monitoring the evolution of transplanted liver patients very easy to use.

After transplantation, there is a decrease in bone density, and significant motor disturbances may occur. Maintaining good physical activity will help to prevent such disturbances. In addition, transplant patients require nutritional follow-up to assess the evolution of their nutritional status and detect, prevent, and treat the late alterations that frequently appear in these patients. Immunosuppressive treatment, through its side effects, contributes significantly to the development of nutritional problems after transplantation, as well as can affect the locomotor system. Therefore, the system will monitor the patients' basal and immunosuppressive medication, exercise, and diet.

Figure 1 shows the architecture of our system. A ubiquitous computing system for patient monitoring is shown. The wristbands, that are responsible for monitoring the patient, send the data from the body sensor network to the gateway (smartphone or tablet) using Bluetooth. The data is collected by the gateway through the developed

application. From these devices and using a private wireless network such as WiFi (through their home router) or public networks such as 3G, 4G, and 5G networks, the information

will reach the database located at the hospital. After performing the appropriate data processing, the doctors will be able to access the information of each patient.

Figure 1 Proposed system (see online version for colours)

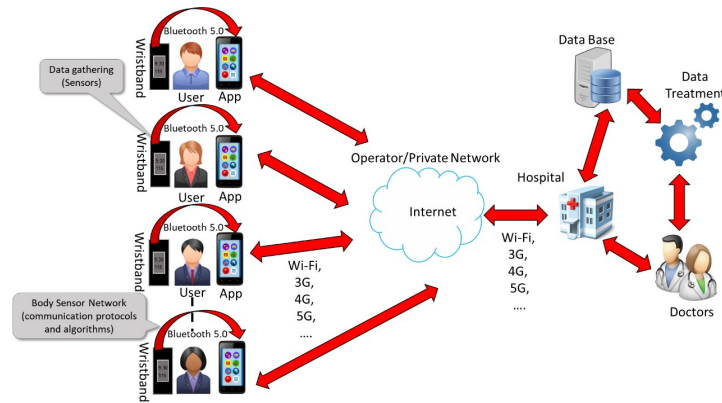


Figure 2 Data collection process (see online version for colours)

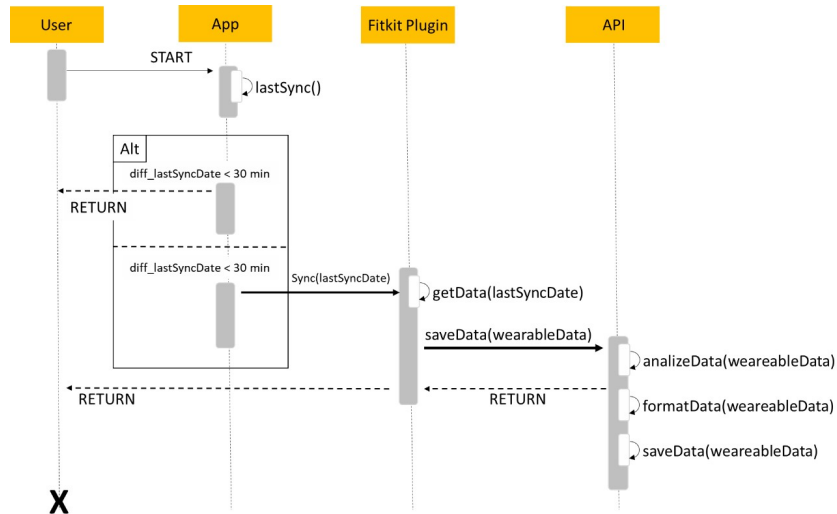


Figure 3 Process algorithm (see online version for colours)

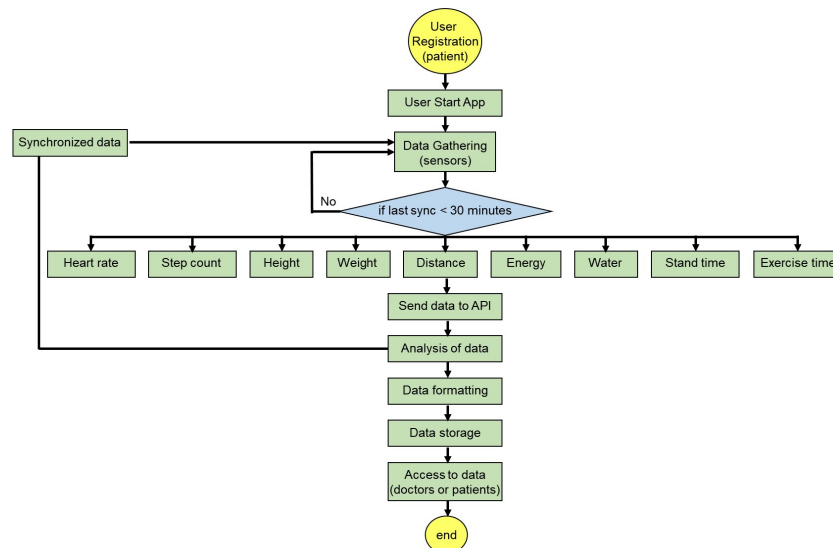
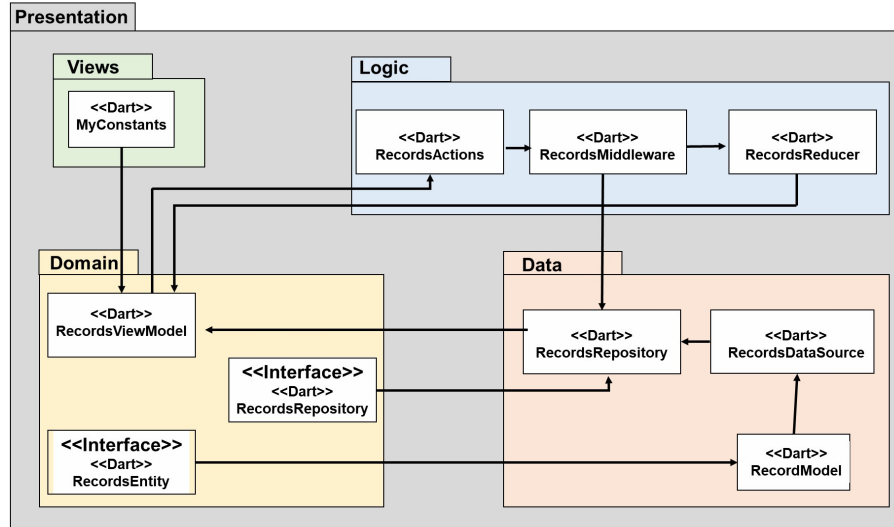


Figure 4 Application design (see online version for colours)

To implement our system, we have developed an app. The followed methodology was an agile methodology in which doctors participated in all phases. Several versions were made along this process because we took into account the comments and improvements sent to us by the doctors. Although it was initially developed only for Android cell phones, the doctors asked patients who were willing to try the system, and a percentage of them could not use them because they had an iOS cell phone. So, as we started the development of the application in Flutter, Google's open-source framework for creating cross-platform applications compiled natively from a single code base, it was possible to make it multiplatform. To obtain the data from the wristbands, we used a plugin called FitKit, which allows us to connect the mobile phone with the wearables and was compatible with both platforms.

The monitoring process is done through an application connected to low-cost bracelets. As we have previously described, we use bracelets compatible with the Google Fit (2014) platform. We use Bluetooth Standard version 5.0 to transfer the information from the bracelet to the smartphone or device used by the patient. Using FitKit (2019), which is the Flutter (2017) plugin, the data from the bracelets is extracted. Bluetooth 5.0 is one of the latest specifications of the Bluetooth communication standard. By using this specification, higher speed, distance, and bandwidth can be achieved. Google Fit is an app on the Google AppStore and Play Store. It is an open system that allows health and wellness data to be uploaded to a central repository, where the user can access the data from different wearable devices or applications. The advantage of using Google Fit is that the data is associated with a Google account, and even if the patient changes the device, he/she will still be able to access the data.

The FitKit package provides data access in two different ways:

- access to a specific type of `DataType`
- access to all types of `DataType` as provided for a given platform.

The available data types are: `HEART_RATE` (count/min), `STEP_COUNT` (count), `HEIGHT` (metre), `WEIGHT` (kilogram), `DISTANCE` (meter), `ENERGY` (kilocalorie), `WATER` (litre), `STAND_TIME` (metre), `EXERCISE_TIME` (metre).

The system controls the patient's follow-up, with the data and surveys carried out in the application and the data obtained from the bracelets. In this way, the doctors can see how the patient evolves and how the different parameters are related to customise the treatment. The type of data collected from the wristband was decided by the doctors concerning what could be most beneficial for the specific monitoring of the liver patients (steps, heart rate and sleep).

Figure 2 shows how heart rate, sleep, steps, and physical activity data are collected in the app. This synchronisation check is done while the user is using the application ('synchronising...' appears at the top of the app). If the last synchronisation has been done less than 30 minutes ago, it displays the time since it was checked. If more than 30 minutes have passed, the system performs the synchronisation using the Fitkit plugin, passing it the last date and time of synchronisation. In this way, the system obtains the synchronisation data of the bracelet from the last date, thus avoiding repeated data and time so that it always collects the necessary data. Then, the system sends it to the API and that is where it parses all the data. Finally, the system sends a message to the user letting him know that the data has been synchronised. Meanwhile, the API formats the data and saves it into the database.

Figure 3 shows the algorithm of the general process. Initially, the user is registered in the application by the medical services. From that moment, the patient can install and activate the App. Patient monitoring will begin. If there

have been no changes in the last 30 minutes, the process will wait to update the data. If the 30 minutes have passed, the current data are sent to the API, where they are analysed, and at the same time, a message is sent to the patient in order to notify him/her that the data has been updated. These data go through a formatting phase, so they can be stored later. Finally, both the staff of the accredited medical service, as well as the patients, will be able to access the stored data.

A clean architecture has been followed. We have isolated the layered coordinated code, which allows us to change those layers when necessary. Layering allows us to have innovative options and the way of collecting data from the wristbands at the edge of the application, where they can be changed, modified, or added depending on the changes we want to make in the future.

Figure 4 shows the classes that are responsible for data collection in the mobile application. *MyConstants* is connected through *RecordsViewModel* to the application logic through actions.

The logic of the application is made with redux and the *RecordsMiddleware* is responsible for connecting with the repository. It gets the data from the bracelet. Through *RecordsDataSource* the application sends the data to our API.

The *recordsReducer*, through the actions that will come from the middleware, will save in the state of the application valuable data such as the date of the last synchronisation or raw data of the bracelet to be able to analyse them.

Figure 5 Application home screen (see online version for colours)



The application home screen is seen in Figure 5. From this initial screen, users can easily access the different categories: how am I, my constants, physical activity, my treatment, recommendations, frequently asked questions, and forum.

Figure 6 shows the screen of the user constants. The application collects information both manually and via wristbands. According to the order they appear on the screen, the system collects the following data:

- Manually: weight, blood pressure, and temperature.
- Using the bracelets: steps, heart rate, and sleep.

Figure 6 Data collection phases, (a) synchronising (b) synchronised (c) when it is synchronised (see online version for colours)



(a)



(b)

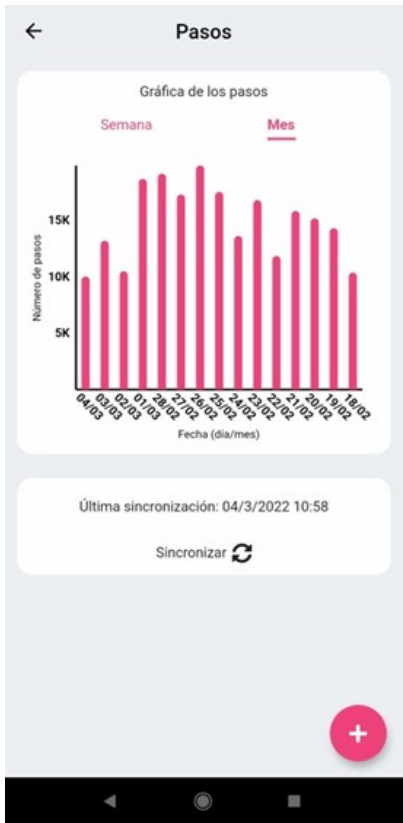
Figure 6 Data collection phases, (a) synchronising (b) synchronised (c) when it is synchronised (continued) (see online version for colours)



(c)

It also gives the option that if the user does not have a wristband, everything can be included manually, to cover all possible cases.

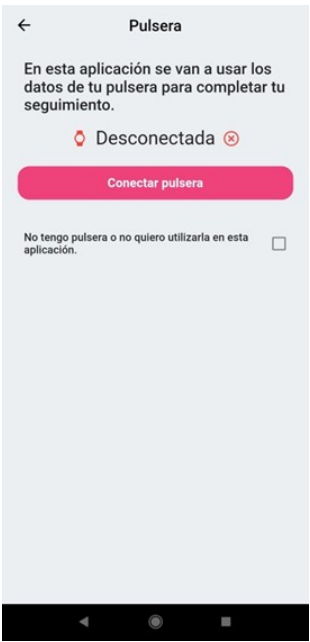
Figure 7 A number of steps and manual synchronisation (see online version for colours)



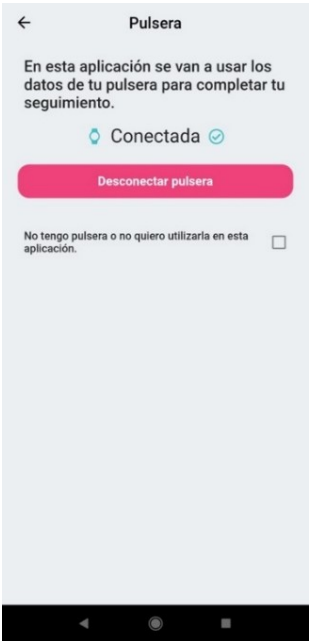
At the top of the screen, three data collection phases of the bracelet are shown:

- a synchronising
- b synchronised
- c when it is synchronised but the message is not shown to the user.

Figure 8 (a) Connect or (b) Disconnect the bracelet (see online version for colours)



(a)



(b)

Figure 7 shows an example of the three constants collected with the bracelet. In this case, it shows in detail the user's steps and how the application can be synchronised with the bracelet manually. Also, it shows the last date of data collection.

In the profile section, the user can connect or disconnect the bracelet. A user can choose if he/she wants to use it or not (if not, the manual synchronisation button does not appear on the constant details screen). Figure 8 shows the screens to:

- a connect
- b disconnect the bracelet.

Figure 9 User screen 'how am I' (see online version for colours)



Figure 10 Survey about, (a) most physical activity (b) difficulty usual activities/tasks (c) limit your social activities (see online version for colours)

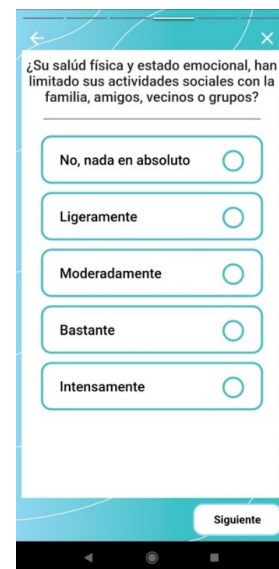


(a)

Figure 10 Survey about, (a) most physical activity (b) difficulty usual activities/tasks (c) limit your social activities (continued) (see online version for colours)



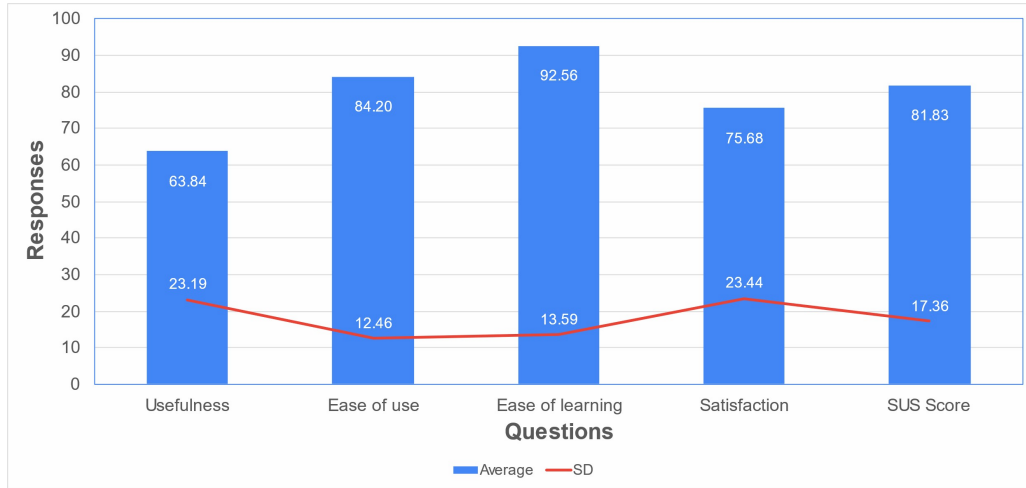
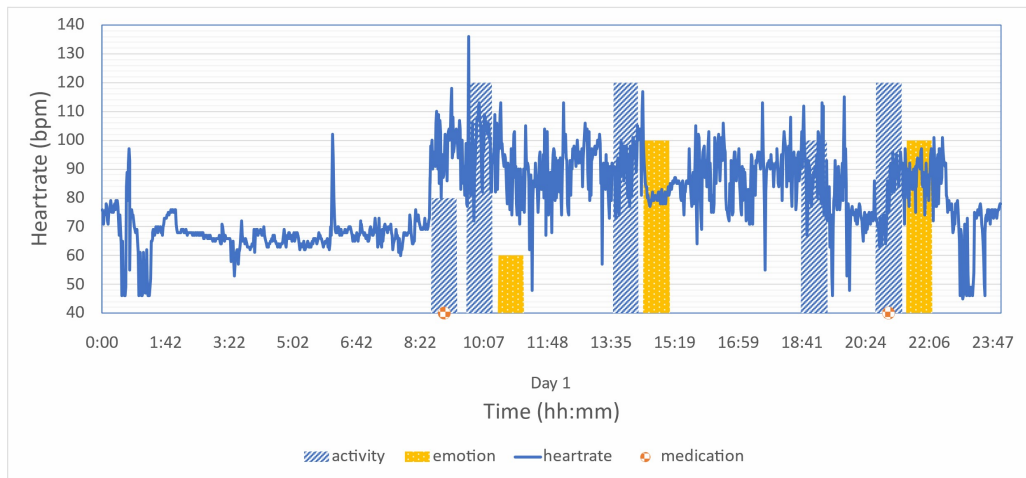
(b)



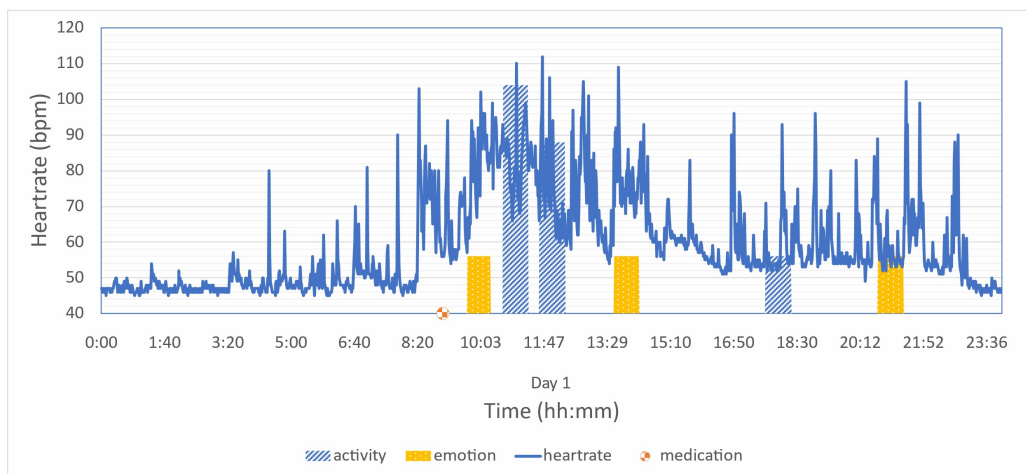
(c)

Figure 9 shows the screen 'How am I'. It details the information regarding its pain, emotion, and quality of life.

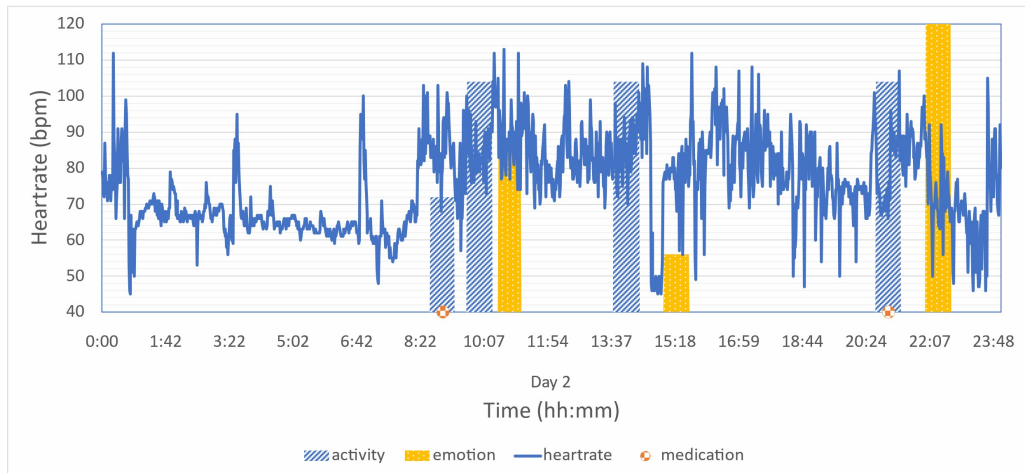
Figure 10 shows the survey carried out by those who wear the bracelet for three days. In it, they must answer the questions: What was the most physical activity you could do for at least two minutes? How much difficulty have you been doing your usual activities/tasks because of your physical health/emotional problems? Has your physical health and emotional state limited your social activities with family, friends, neighbours, or groups?

Figure 11 Responses from users about the USE of the application (see online version for colours)**Figure 12** Day 1 monitoring of users, (a) user 1, (b) user 2 (see online version for colours)

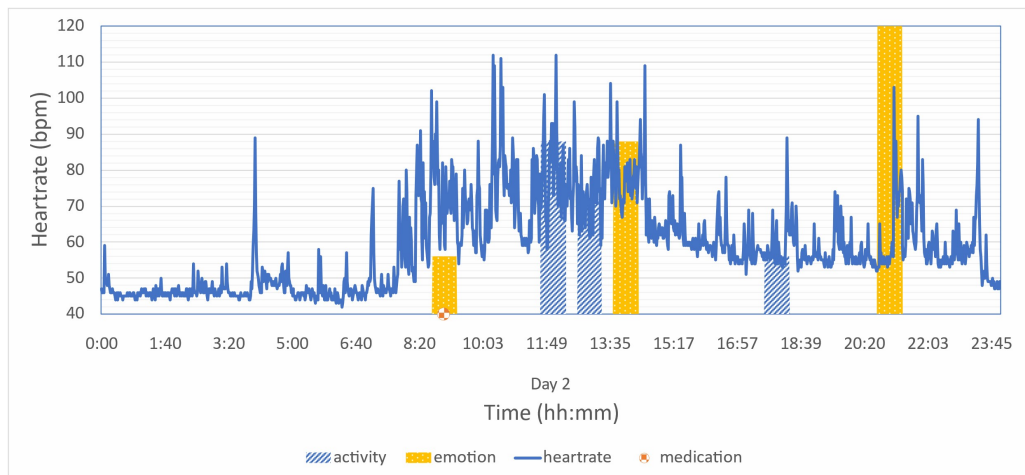
(a)



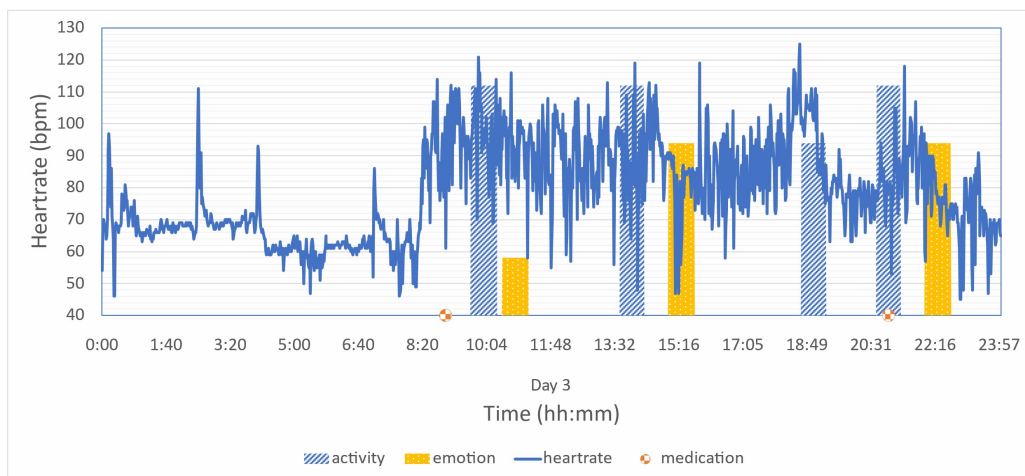
(b)

Figure 13 Day 2 monitoring of users, (a) user 1 (b) user 2 (see online version for colours)

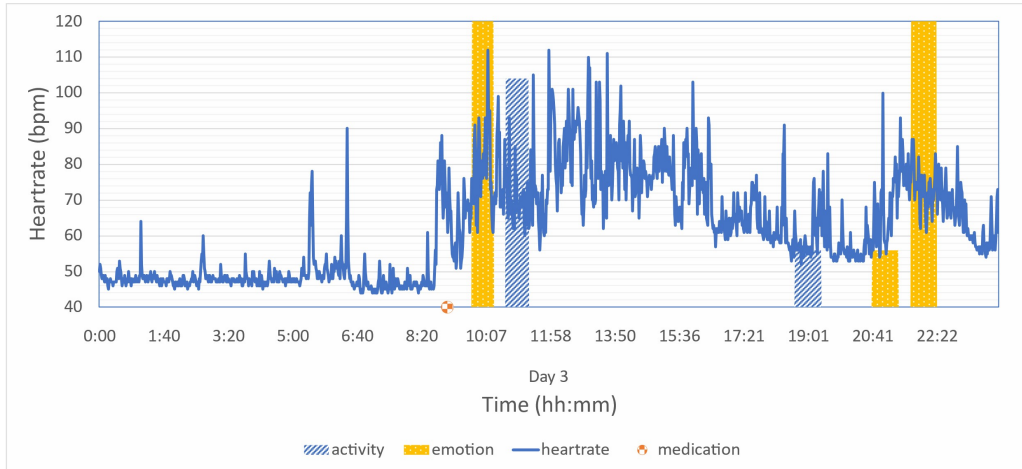
(a)



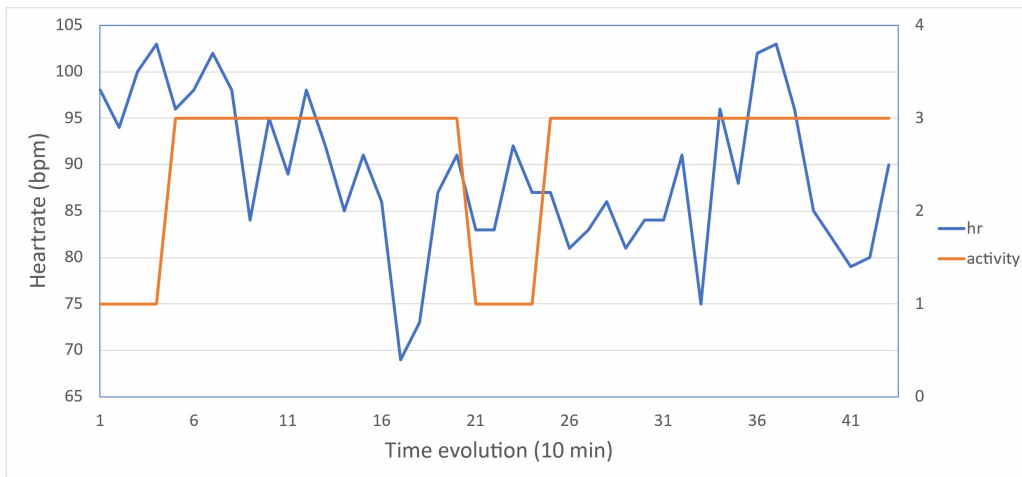
(b)

Figure 14 Day 3 monitoring of users, (a) user 1 (b) user 2 (see online version for colours)

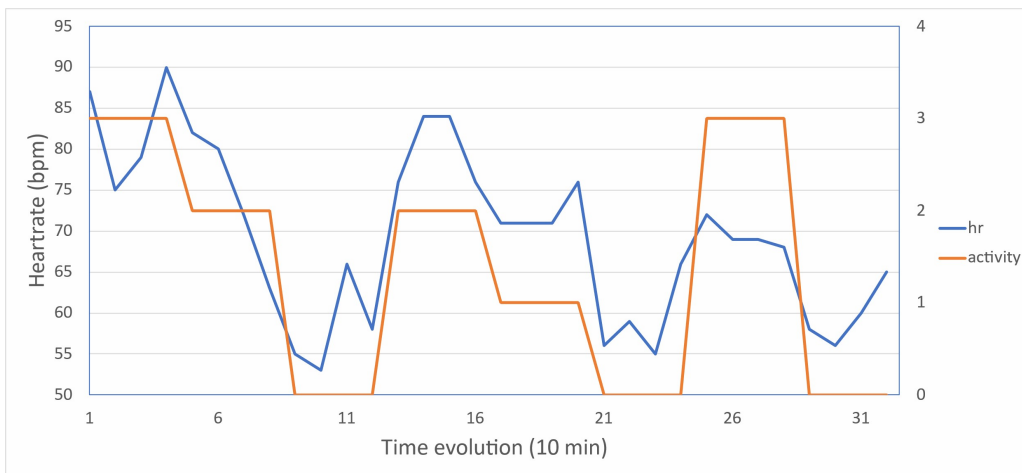
(a)

Figure 14 Day 3 monitoring of users, (a) user 1 (b) user 2 (continued) (see online version for colours)

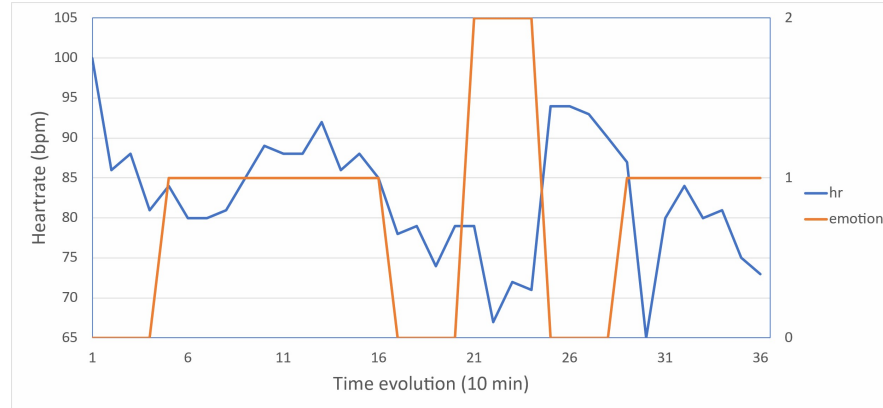
(b)

Figure 15 Details of evolution regarding the activity, (a) user 1 (b) user 2 (see online version for colours)

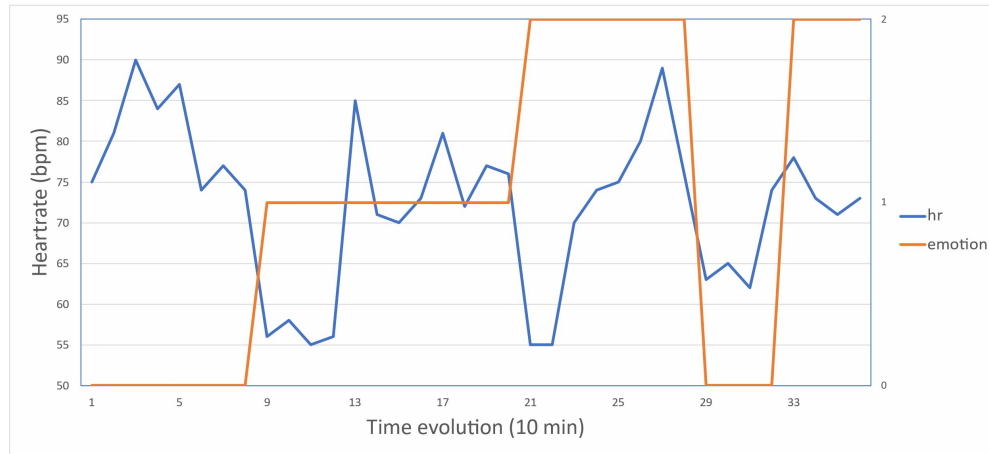
(a)



(b)

Figure 16 Details of evolution regarding the emotions, (a) user 1 (b) user 2 (see online version for colours)

(a)



(b)

4 Results

In this section, we present two types of results. On the one hand, we initially present the answers to the questionnaires that have been completed by the users about the application. The first test has been carried out by common users (not liver transplantation users). On the other hand, the graphs of the data observed during monitoring periods are presented.

4.1 Usability data

The average results of the system usability scale (SUS) were in the 1–5 range, and the average results of usefulness, satisfaction, and ease of use (USE) were in the 1–7 range. Therefore, we converted these results to the same range of 0–100 for the SUS and USE questionnaires to compare both results easily.

Regarding usability, the average result of the SUS test was 81.83 in the standard range of 0–100, and the standard deviation (SD) was 17.36. Hence, the average effect of the USE test was 79.07 in the standard range of 0–100, and the SD was 18.17. Figure 9 shows the responses of both questionnaires to compare the results of usability and the three dimensions of the USE questionnaire (ease of use

dimension is separated into two factors, ease of learning and ease of use).

As can be seen in Figure 11, users have rated its usefulness at 63.84. The ease of use of the application has been rated at 84.20. Ease of learning has been the best-valued characteristic, with a 92.56. We can consider that 81.83 is an excellent score for our application, in which users can successfully achieve the objectives of the application, without much effort and it is a satisfactory experience for them.

In both SUS and USE questionnaires, values of standard deviation indicated that the participants' responses were highly consistent.

4.2 Bracelets data

The following graphs show the data observed during the user's monitoring periods. Figures 12, 13, and 14 show the graphs obtained in an observation period of three consecutive days, for two users. The graphs show the periods in which the users developed an activity, marked with blue and white bars. When the users register an emotion, marked with an orange bar. A continuous blue line represents the heart rate value. Finally, when a user takes the medication, it is represented with a white and brown

sphere. It is noticeable that every time user 1 takes the medication his heart rate goes up.

In Figure 12, if we compare the heart rate of user 1 with that of user 2, we observe that the heart rate of user 2 is more constant. In addition, it is observed that the activity and emotion parameters are lower in user 2.

In Figure 13, we observe that, as in Figure 10, if we compare the heart rate of user 1 with that of user 2, we observe that user 2's is more constant. Also, in Figure 13(a) we can see that for user 1 the last time an emotion is registered when it is positive the heart rate goes down but progressively in the following hour of heart rate taking, in the registration of negative emotion that same day we also observe how before that registration the heart rate is low and in the following hour it goes up.

We can see in that user 2 how the emotion affects in Figure 14(b) when at the end of the day he goes from a negative emotion to a positive one and we can see how the heart rate changes. In addition, it can be seen that, after taking medication and receiving a positive emotion, at 10:07 the heart rate also decreases. In Figure 13(a), in the monitoring of user 1, it is observed that when receiving positive emotions at 15:16, his heart rate decreases.

Figures 15 and 16 show details of observation periods, only when activity was performed or emotion was recorded. These details are for periods of ten minutes. With a continuous blue line, we represent the value of the heart rate. An orange line represents the activity or emotional state in the observed period. Figure 15 shows the details of the evolution regarding the activity of users 1 and 2. The intensity of user activity has been classified into five levels. Level 0 is associated with very light activity. Level 1 is associated with light activity. Level 2 is associated with moderate activity. Level 3 is associated with intense activity. Finally, level 4 is associated with very intense activity. Figure 15(b) shows how the activity affects the heart rate, the more intense the activity, the more the heart rate increases. However, Figure 15(a) shows how, when he/she faced with changes in activity, the user does not present associated symptoms in his/her heart rate.

Figure 16 shows details of evolution regarding the emotions of users 1 and 2. The intensity of emotions is classified from highest to lowest according to the level of emotion (negative, neutral, and positive). Negative emotions occur. As can be seen in the user 2 graph, they may vary depending on the type of negative emotion. As seen in Figure 16(b), negative emotion influences an increase in heart rate. The next moment you feel a negative emotion, the heart rate drops, it may be because it is between two positive ones or it is another type of negative emotion. The first can be nerves (increases heart rate) and the second frustration (decreases heart rate). It can be said that they do affect emotions and that the type of emotion should be studied in the future. In the same way, it can be seen in Figure 16(a), that when the user receives a positive emotion, it is associated with a drop in heart rate, while when he/she faced with negative emotions, an increase in heart rate occurs.

5 Conclusions and future work

In this paper, we presented an ad hoc system for monitoring the evolution of transplanted liver patients, capturing data from smart bracelets worn throughout the day, and compared it with the data collected by the application through low-cost smart bracelets.

Our contribution to improving the proposals studied in the literature is to present a system that collects all the data through low-cost bracelets and also to create a system that allows the patient to be in direct contact with the doctors. It offers a better solution for doctors, as they can analyse such data and improve the postoperative management of liver patients for out-of-hospital follow-up. This way, we improve the care given to patients and possible changes in their treatment, reducing face-to-face consultations.

We have been able to observe that the captures of emotions and activities are related to the data we collect with the bracelets. Focusing on the collection of the heart rate since it is what has given the best results. We have also been able to deduce that better data collection by emotion is necessary to draw better conclusions about the changes detected in the heart rate. In future work, the group will continue debugging and adding new parameters to the application, to improve its performance. A greater number of bracelets will be supplied to new patients to carry out a greater number of new patients monitored. In this way, patients can be classified according to different types, based on the responses observed during the monitoring periods, and based on the actions they were performing. The medical services will have a forecast of the evolution of the patients, based on the results obtained in the previous treatments applied to different types of patients and correlating all the variables collected. This could help to find new insights into the evolution of liver patients. In addition, the application will be adapted to be used in the monitoring of patients with other diseases. Depending on the requirements of the data to be observed, the control of parameters specific to the disease will be included.

References

- Abaza, H. and Marschollek, M. (2017) 'mHealth application areas and technology combinations', *Methods of Information in Medicine*, Vol. 56, No. S01, pp.e105–e122, DOI: 10.3414/ME17-05-0003.
- Blumenthal, D. and Tavenner, M. (2010) 'The 'meaningful use' regulation for electronic health records', *N. Engl. J. Med.*, Vol. 363, No. 6, pp.501–504.
- Charlton, M., Levitsky, J., Aqel, B., O'Grady, J., Hemibach, J., Rinella, M., Fung, J., Ghabril, M., Thomason, R., Burra, P., Little, E.C., Berenguer, M., Shaked, A., Trotter, J., Roberts, J., Rodriguez-Davalos, M., Rela, M., Pomfret, E., Heyrend, C., Gallegos-Orozco, J., Saliba, F. (2018) 'International liver transplantation society consensus statement on immunosuppression in liver transplant recipients', *Transplantation*, May, Vol. 102, No. 5, pp.727–743.

- Charrad, T., Nouira, K. and Ferchichi A. (2020) 'ECG patch monitor: a telemedicine system for remote monitoring and assisting patients during a heart attack', *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, Vol. 34, No. 1, pp.25–34, DOI: 10.1504/IJAHUC.2020.107503.
- FitKit (2019) [online] <https://github.com/krokyze/FitKit> (accessed 16 March 2022).
- Fleming, J.N., Pollock, M., Taber, D.J., McGillicuddy, J.W., Diamantidis, C.J., Docherty, S.L., Chambers, E.T. (2022) 'Review and evaluation of mHealth apps in solid organ transplantation: past, present, and future', *Transplantation Direct*, March, Vol. 8, No. 3, p.e1298, DOI: 10.1097/TXD.0000000000001298.
- Flutter (2017) *Build Apps for Any Screen* [online] https://flutter.dev/?gclid=EAIaIQobChMI2NT6nvjm9gIVY7R3Ch0JQAsAEAAAYASAAEgJUqPD_BwE&gclidsrc=aw.ds (accessed 16 March 2022).
- Google Fit (2014) [online] <https://developers.google.com/fit> (accessed 16 March 2022).
- Guillén-Gámez, F.D., García-Magariño, I., Bravo-Agapito, J., Lacuesta, R. and Lloret, J. (2017) 'A proposal to improve the authentication process in m-health environments', *IEEE Access*, Vol. 5, pp.22530–22544, DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2752176.
- Hospital Clínico Universitario 'Lozano Blesa' de Zaragoza [online] <http://www.hcuz.es/web/guest;jsessionid=C0BB852D50BC0908BB6091698FD58398> (accessed 16 March 2022).
- IEEE 802.15 Working Group for Wireless Specialty Networks (WSN) (2018) [online] <https://www.ieee802.org/15/>, <https://www.bluetooth.com/> (accessed 16 March 2022).
- Instituto de Investigación Sanitaria Aragón [online] <https://www.iisaraagon.es/> (accessed 16 March 2022).
- Kartsakli, E., Antonopoulos, A., Lalos, A., Tennina, S., Di Renzo, M., Alonso, L. and Verikoukis, C. (2014) 'A survey on M2M systems for mHealth: a wireless communications perspective', *Sensors Journal*, Vol. 14, No. 10, pp.18009–18052, DOI: 10.3390/s141018009.
- Le, L.B., Rahal, H.K., Viramontes, M.R., Meneses, K.G., Dong, T.S. and Saab, S. (2019) 'Patient satisfaction and healthcare utilization using telemedicine in liver transplant recipients', *Dig. Dis. Sci.*, May, Vol. 64, No. 5, pp.1150–1157, DOI: 10.1007/s10620-018-5397-5.
- Lee, T.C., Kaiser, T.E., Alloway, R., Woodle, E.S., Edwards, M.J. and Shah, S.A. (2019) 'Telemedicine based remote home monitoring after liver transplantation: results of a randomized prospective trial', *Ann. Surg.*, September, Vol. 270, No. 3, pp.564–572.
- Levine, D., Torabi, J., Choinski, K., Rocca, J.P. and Graham, J.A. (2019) 'Transplant surgery enters a new era: increasing immunosuppressive medication adherence through mobile apps and smartwatches', *Am. J. Surg.*, July, Vol. 218, No. 1, pp.18–20.
- Lloret, J., Sendra, S., Jimenez, J.M. and Parra, L. (2016) 'Providing security and fault tolerance in P2P connections between clouds for mHealth services', *Peer-to-Peer Networking and Applications*, Vol. 9, No. 5, pp.876–893, <https://doi.org/10.1007/s12083-015-0378-3>.
- Lopes, I.M., Silva, B.M., Rodrigues, J.J.P.C., Lloret, J. and Proença, M.L. (2011) 'A mobile health monitoring solution for weight control', *2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP)*, IEEE, Nanjing, China, 9–11 November.
- Machado, T.M.F., Lopes, I.M., Silva, B.M., Rodrigues, J.J.P.C., Lloret, J. (2012) 'Performance evaluation of cooperation mechanisms for m-health applications', *2012 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, IEEE, Anaheim, CA, USA, 3–7 December.
- McElroy, I., Sareh, S., Zhu, A., Miranada, G., Wu, H., Nguyen, M., Shemin, R. and Benharash, P. (2016) 'Use of digital health kits to reduce readmission after cardiac surgery', *J. Surg. Res.*, Vol. 204, pp.1–7, DOI: 10.1016/j.jss.2016.04.028.
- McGillicuddy, J.W., Gregoski, M.J., Weiland, A.K., Rock, R.A., Brunner-Jackson, B.M., Patel, S.K., Thomas, B.S., Taber, D.J., Chavin, K.D., Baliga, P.K., Treiber, F.A. (2013) 'Mobile health medication adherence and blood pressure control in renal transplant recipients: a proof-of-concept randomized controlled trial', *JMIR Res. Protoc.*, Vol. 2, No. 2, p.e32, DOI: 10.2196/resprot.2633.
- McKenzie, R.B., Berquist, W.E., Foley, M.A., Park, K.T., Windsheimer, J.E. and Litt, I.F. (2015) 'Text messaging improves participation in laboratory testing in adolescent liver transplant patients', *J. Particip. Med.*, Vol. 7, p.E7.
- Mekikis, P., Antonopoulos, A., Kartsakli, E., Pasas, N., Alonso, L. and Verikoukis, C. (2017) 'Stochastic modeling of wireless charged wearables for reliable health monitoring in hospital environments', *IEEE ICC 2017*.
- Otal, B., Alonso, L. and Verikoukis, C. (2009) 'Highly reliable energy-saving MAC for wireless body sensor networks in healthcare systems', *IEEE Journal Selected Area of Communications*, January, Vol. 24, No. 4, pp.553–565.
- Registro Español de Trasplante Hepático. Memoria de resultados (2018) [online] www.sethepatico.org/docs/2018/MEMORIA_RETH_2018_GENERAL.pdf (accessed 16 March 2022).
- Sabri, S. and Aloui, A. (2019) 'A new approach for the recognition of human activities', *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, Vol. 32, No. 4, pp.211–223, DOI: 10.1504/IJAHUC.2019.103259.
- Sangeetha, C.P. and Bhanumathi, V. (2022) 'An emergency slot handling method for in-hospital wireless body sensor networks', *AHSWN*, Vol. 52, Nos. 1–2, pp.73–95.
- Setiawan, F., Prabono, A.G., Khowaja, S.A., Kim, W., Park, K., Yahya, B.N., Lee, S.L., Hong, J.P. (2020) 'Fine-grained emotion recognition: fusion of physiological signals and facial expressions on spontaneous emotion corpus', *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, Vol. 35, No. 3, pp.162–178, DOI: 10.1504/IJAHUC.2020.110824.
- Stotts, M.J., Grischkan, J.A. and Khungar, V. (2019) 'Improving cirrhosis care: the potential for telemedicine and mobile health technologies', *World J. Gastroenterol.*, Vol. 25, No. 29, pp.3849–3856.
- Vizzini, G.B. and Piazza, T. (2014) 'Home monitoring after liver transplantation: a case study', *mHealth Innovation*, 8p, HIMSS Publishing, Chicago, IL.
- Yousefi, H.H.N., Kavian, Y.S. and Mahmoudi, A. (2019) 'A novel recursive algorithm to calculate the parameters of Markov model for IEEE 802.15.4 in sensor applications', *Ad Hoc & Sensor Wireless Networks*, Vol. 44, Nos. 3–4, pp.197–217.

5.2 A methodology for the design and development of gamified mobile apps for monitoring cancer survivors

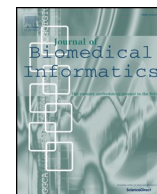
Cita completa:

Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., Garcia-Magariño, I., & Gallardo, J. (2020). A methodology for the design and development of gamified mobile apps for monitoring cancer survivors. *Journal of biomedical informatics*, 106, 103439.

ISO 690

Abstract:

An increasing number of cancer patients is treated and recover each year, and consequently there are survivors that require specialized and coordinated follow-up. The physical, social, working, psychological and emotional aspects of these survivors have to be characterized, investigated and treated by multidisciplinary and interdisciplinary teams. Nowadays, oncology community is focused on tracking records of interest in Patient-Reported Outcome (PROs) for patients of different cancer types. In the last years, several articles have proven that PROs are an effective method to improve the management of patient symptoms and, subsequently, clinical care. In this scenario, patient engagement is one of the most relevant aspects for PROs success. In this sense, one of the most promising strategies for increasing engagement is gamification, that is, the introduction of game elements in systems that are not games. Therefore, in this work we introduce a methodology for developing gamification apps for cancer survivors that aims at increasing engagement when collecting PROs data.



A methodology for the design and development of gamified mobile apps for monitoring cancer survivors



Javier Navarro-Alamán^{a,b,*}, Raquel Lacuesta^{a,b}, Iván García-Magariño^{c,d}, Jesús Gallardo^a

^a Department of Computer Science and Engineering of Systems, University of Zaragoza, Spain

^b Instituto de Investigación Sanitaria Aragón. University of Zaragoza, Zaragoza, Spain

^c Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Complutense University of Madrid, c/ Prof. José García Santesmases 9, 28040 Madrid, Spain

^d Instituto de Tecnología del Conocimiento, UCM, c/ Prof. José García Santesmases 9, 28040 Madrid, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:

Cancer survivors

Cancer patient monitoring

Methodology for eHealth gamified systems

Patient-reported Outcomes

ABSTRACT

An increasing number of cancer patients is treated and recover each year, and consequently there are survivors that require specialized and coordinated follow-up. The physical, social, working, psychological and emotional aspects of these survivors have to be characterized, investigated and treated by multidisciplinary and interdisciplinary teams. Nowadays, oncology community is focused on tracking records of interest in Patient-Reported Outcome (PROs) for patients of different cancer types. In the last years, several articles have proven that PROs are an effective method to improve the management of patient symptoms and, subsequently, clinical care. In this scenario, patient engagement is one of the most relevant aspects for PROs success. In this sense, one of the most promising strategies for increasing engagement is gamification, that is, the introduction of game elements in systems that are not games. Therefore, in this work we introduce a methodology for developing gamification apps for cancer survivors that aims at increasing engagement when collecting PROs data.

1. Introduction

Taking care of cancer survivors is a stage of continuous tracking, and its implementation is a challenge. This stage involves the follow-up of cancer survivors to detect relapses, the assessment of genetic cancer susceptibility of their family members, detection of new malignancies in cancer survivors, monitoring potential complications in treatments, prevention and early treatment of alterations of secondary psychological cancer state, and providing psychosocial support. The identification of associated pathologies such as bone problems, cognitive, memory, comprehension, gonadal toxicity and sexual dysfunction, is essential to organize the assistance of long-term survivors [1]. Psychological distress can have a severe negative impact on cancer patients. 32% of people diagnosed with cancer develop psychological problems. Among the vulnerability factors for depression in these patients, it is worth mentioning the poor skills to address the situation, poor social support and anxious concern [2].

Health problems related to disease sequelae and its treatment are a major health problem. This will require the development of new therapeutic strategies and assistance plans for these patients. Patient-reported outcomes (PROs) are the metrics that patients self-report about

their own functional status, health outcomes, and quality of life. Common PROs questions include questions such as how well the patient carries out his/her social and/or physical activities, whether he/she is bothered by emotional problems or questions about physical health or specific illnesses. These registers also will contribute to analyses patients' unmet needs. Therefore, data collection helps to enhance the following of patient [3].

The use of a customized application to register PROs along with routine oncology follow-up consultations may help to find differences in the prevalence and severity of symptoms after completing chemotherapy, radiation therapy and/or other treatments. Likewise, it allows evaluating predictive factors that may indicate which subgroup of patients has more unsatisfied needs or symptoms. Another important point would be to evaluate patients' satisfaction using this application [4].

In this scenario, patient engagement to the application will be one of the focal points of PROs registration. A recent study [5] found that patients said that it would be helpful that healthcare providers encouraged them to ask about the specific steps for improving their healthcare processes and outcomes. In this scenario, healthcare gamification could generate positive effects on patients' health by promoting

* Corresponding author at: Department of Computer Science and Engineering of Systems, University of Zaragoza, Spain.

E-mail addresses: jnavarroa@unizar.es (J. Navarro-Alamán), lacuesta@unizar.es (R. Lacuesta), igarciam@ucm.es (I. García-Magariño), jesus.gallardo@unizar.es (J. Gallardo).

<https://doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103439>

Received 15 February 2020; Received in revised form 16 April 2020; Accepted 29 April 2020

Available online 05 May 2020

1532-0464/ © 2020 Elsevier Inc. All rights reserved.

a better engagement and a better adherence to the treatment, increasing motivation and fostering resilience.

Gamification is the use of game mechanics in non-play environments and applications in order to enhance motivation, concentration, effort and loyalty [6]. Gamification offers advantages when motivating changes in the behavior and incrementing the use of applications [7]. Gamification is potentially relevant for achieving healthy behaviors and facilitating the follow-up, since gamification intrinsically involves motivation and can be widely applied to different domains.

These techniques foster the growth of the participation of patients in the monitoring process and instigate then to complete tasks and achieve goals. However, the success in the use of game elements depends on the in-depth analysis of the typology of the patients and their context, the establishment of clear goals and the use of the right gamification elements for each user. Users will be affected in different ways depending on their personality or other individual characteristics, and also in the dimensions of the illness [8,9].

As an example, lung cancer is not the same as breast cancer, not only in terms of disease but also in terms of the motivations and perceptions of patients suffering it. In patients with lung cancer, it is expected to find some sense of guilty and denial of the disease, since there is a social prejudice against smokers. Patients with breast cancer, on the other hand, suffer from body-image changes produced by surgical treatment.

Taking these factors into account was essential for this work. In order to design a gamification system, it is necessary the study and a deep understanding of discipline, disease, possible behaviors and population. Some of the most relevant issues are the ignorance of the specific condition, the desired behaviors or the target population [10].

Different types of gamification can be used throughout the illness pathway of patients. In the case of the registration of PROs, it is also necessary to achieve an engagement experience for users, transforming inconvenient tasks into fun activities. The more they participate, the more they are contributing to the knowledge and management of their disease. The final goal of the system should be positive effects on patient health, patient empowerment and optimistic emotions. Therefore, the adoption of gamified paradigms needs to be focused on the patient and to target not only the diagnostic stages but also the prevention phase.

A better understanding of patients will help to incorporate the right gamification features and active elements for driving meaningful innovation and a better understanding of behavioral physiology elements. In the gamification design process, all the stakeholders implied on the following should be consulted for a better understanding of the implied factors. In the case of cancer survivors, some factors such as social connection or healthier competencies must be studied in order to increase the user's desire to contribute to their health. Patients' empowerment also is recommended in the gamification process in order to engage them in the process. Therefore, applications are advisable to be developed using patient-centered practices. Also, the use of gamified models will be needed in order to keep the participants engaged and to motivate the participation of patients in the process.

Taking all the aforementioned issues into account, in this paper we deal with the need of including a patient-center design in the development of gamified applications for cancer survivors. A deep analysis of the target audience will be needed previously to system design. In this specific case of cancer survivors, we have detected a strong need for empowering the user in order to motivate them to use the application designed to collect PROs. Some active gamification elements such as social connectivity or the use of personalized rewards and the possibility of contributing to the resources offered to the patients also help to engage them in the system. Therefore, our proposal is a methodology for the design and development of gamified mHealth apps oriented towards the monitoring of cancer survivors. This methodology has been developed starting from the state of the art on the development of mHealth apps, the management of PROs and the use of gamification.

We have followed an approach centred on user needs, where users get involved in the development of the app. We have paid special attention to the election of gamification strategies and tactics, as we have focused on this aspect in order to increase users' engagement. Therefore, our methodology can serve as a basis for anyone who aims to develop a similar mHealth app.

This paper is structured as follows: Section 2 is about the state of the art in mHealth, the use of PROs and gamification in mHealth. Section 3 introduces the problems of cancer survivors. Section 4 explains in detail our methodology and its stages. Section 5 includes a case study, applying the methodology to the design and development of a specific app. Section 6 discusses the results of the work. Lastly, Section 7 mentions conclusions of the work, and depicts some future lines of research.

2. State of the art

There is a strong attention among the oncology community for tracking records of interest in PROs. In recent years, several articles on PROs have appeared, proving to be an effective method to improve the management of the patient's symptoms and, subsequently, clinical care [11]. Such information can be used both for patient care and for the continuous improvement of life quality. Memorial Sloan Kettering Cancer Center [12] collects PROs from patients in various situations, including prostate recovery and breast surgery. Once the information has been collected, it is sent to patients and health professionals, including graphic comparisons with similar patients. The analysis of a randomized controlled trial of 766 patients who received chemotherapy and regularly reported common symptoms over the Internet reduced the number of visits to the service emergency and improved overall survival. It also improved the patients' quality of life. Nurses responded to patients' reports with actions such as telephone counseling and new prescriptions.

PROs can also play a relevant role in shared decision making. Several institutions have managed to integrate PRO collection into routine clinical care. Since 2011, the Dartmouth-Hitchcock Medical Center [13] has worked with PRO data. They collected data on pain, physical functioning and emotional health. These data were reviewed with the patients during the visits. Cincinnati Children's Hospital began collecting PROs from outpatients with the information automatically uploaded to the EHR flow sheets to be reviewed at visits. However, some barriers with PROs records still exit. Technological problems, reimbursement and lack of standardized methods are some factors to be dealt with. In addition, in this type of following-up, when working with online tracking, motivation and engagement of users need to be taken into account for success in collecting this information. Moreover, feedback from medical professionals to patients will help to increase the sense of usefulness that patients have about registering their records.

User-centered approaches when developing mHealth apps is a field with several examples of success. In [14], authors describe the development and usability testing of "MedRec" app. They do three iterations of user-centered usability evaluation with several methods (observations, questionnaires and follow-up discussions with participants) in order to improve the prototypes. Another example can be seen in [15], a platform to promote active and direct data collection from patients is presented. Also, authors present a study defining the usability of the system. In addition, in [16], a dashboard for rheumatoid arthritis is developed using human-centered design. The final goal was to develop a tool to support a conversation between the provider and patient, centered on PROs established previously as high priority by both parties.

The study described in [17] proposes the implementation of a gamification system to promote engagement in the user's treatment with the use of health-related systems. Seven stages compose the method: analysis of system requirements, target audience, interaction flows, analysis of other gamifications systems, gamification elements analysis,

development and evaluation.

There are more examples of the importance of gamification in this field. In [18], authors propose a set of theoretical frameworks that depicts gamification from the point of view of user's perspective. Moreover, Landers [19] discussed gamification processes, pointing out the need of taking into account the psychological characteristics of users. He also mentioned that game elements should be chosen to influence these characteristics.

One example where the methodology is de main contribution for the study is [20], where Pirovano et al. presented a methodology to create safe exergames for real therapy pathways. They illustrated the methodology with exergames designed for (1) balance and posture and (2) neglect rehabilitation, implemented and tested with post-stroke patients training autonomously at home.

In [21], authors established three main classes of motivational design to increase engagement: gamification, quantified-self and social networking, establishing that more user-centered variables need to be introduced in the gamification models in order to influencing continued use and systems adoption. Social networking applications and social benefit/feedback (e.g. social interaction) elements attend to invoke responses such as the sense of community [22–25]. Social networking features included cheering, commenting, viewing of friends' activity logs on a timeline and a list of the friends a user interacts the most with.

Authors in [26] presented the need of studying also the counterproductive effects of gamification, having into account not only gamification goals but also real-world goals in order to apply gamification elements in a sensible dose. The importance of validating gamification elements is also introduced on [27]

In order to analyze the importance of gamification in healthcare systems, we have carried out a study of a selection of applications in which gamification, together with health, has helped patients, and in turn this gamification has allowed advances and discoveries in medicine.

In [28] there is a review of some popular taxonomies to identify the common strategies listed by some authors. After the study, Cugelman identified six core ingredients of gamification. These six mechanics of gamification are: Goals, Challenges, Reinforcement, Progress and Social. Hence, to know better the users of gamification, Marczewski proposed six user types that differ in the degree to which they can be motivated by either intrinsic or extrinsic motivational factors [29]: Philanthropists, Socializers, Free Spirits, Achievers, Players and Disruptors.

The Pain Squad app [30] collected information about pain suffered and the effects that cancer treatments have on children. The game followed a theme in which a police patrol must solve a crime. Children fill out a series of questions through the app, whereby when they finish, they receive a reward or a prize that they must collect. There is also the promotion within the patrol and the user can go up in rank. Each completed report helps the team solve the case in this way. In addition, it has some videos in which real agents congratulate the user for his achievement.

The Mango Health app [31] is aimed at helping all types of patients in their day-to-day treatment. This is done by counting the times the patient takes his/her medication and financially rewarding the patient. This way, the application sends an alert about each action in the treatment that has to be performed, rewarding each action with points. These points can later be changed into gift cards or donations that can be made to charities. In addition, this app shows the progress made in the treatment, the benefits it brings, a history and what is left for getting the next reward.

The objective of VERA [32] is to, as its motto says, "reinvent the experience of physical therapy". Authors developed a virtual platform in which watching through the television or any type of image player an animated instructor shows the exercise to be performed. The application asks the patient to follow the indications by copying the avatar that appears on the screen. In order to verify that the therapy is actually

Table 1
The six mechanics of gamification compared with the applications studied.

	Pain Squad	Mango Health	VERA	KineActiv
Goals	Yes	Yes	Yes	Yes
Challenges	No	Yes	Yes	Yes
Feedback	No	No	Yes	Yes
Reinforcement	Yes	Yes	No	Yes
Progress	Yes	Yes	Yes	Yes
Social	Yes ^a	No	No	No

^a Only share the classification with all users.

being performed, the program has a Kinect motion capture technology [33] which compares the performance of the patient as required by the pre-configured virtual therapist. A system similar to this one is KineActiv [34], which also uses Kinect-based technology. It is oriented towards the rehabilitation of the upper limbs. This system encourages patients to perform rehabilitation exercises by gamifying them. Thus, the correct performing of the exercises implies that an alien spaceship gets destroyed or that a chicken gets roasted.

In Table 1, we can see the six mechanics of gamification of the study of Cugelman [28] compared with the applications aforementioned. One can observe that none of the applications meets all the gamification mechanics.

In conclusion, gamified health applications have contributed to improve patients' health and motivate them in following treatments, according the reported results in the existing literature. Gamification has been useful in the medicine field, especially in hard diseases. This has motivated our current work focused on gamification for supporting cancer survivors.

3. Cancer survivors' characteristics

The cancer survivor population is growing. Quality care for survivors includes surveillance of recurrence and second tumors, intervention in the control of symptoms and psychosocial needs and coordination of care. According to the United States Cancer Institute: "When it comes to cancer, survival covers the physical, psychosocial and economic problems of cancer, from diagnosis to the end of life. It focuses on the health and life of a person with cancer beyond the stages of diagnosis and treatment" [35]. Survival experience includes issues related to the ability to obtain medical assistance, follow-up, attention to the late effects of treatment, second primary cancers and quality of life. Family, friends and caregivers are also part of the survival experience.

Wendy Landier [36] recommends that survivor care plans must contain some factors such as rehabilitation, the optimization of the health potential of the survivor, recurrence monitoring, early detection of recurrence, early intervention on complications related to cancer and its treatment, health promotion, reduction of the risk of development of comorbidities or second malignancies, evaluation and intervention for the socioeconomic consequences of cancer and its treatment, standardization of access to work, school and insurance and coordination with Primary Care, sharing of information, and bypass circuits and protocols.

Cancer survivors represent a challenge and an opportunity for oncology to recover the leadership in the integral care of the cancer patient. There are not enough programs or institutional guidelines or proposals for Survivor Plans in Spain [1]. The impact that cancer causes in survivors produces a readjustment of roles that can sometimes generate emotional exhaustion, disorientation, anxiety and depression, among others. In general, cancer survivors have a series of psychological and emotional needs and problems. The main problems or needs are: consequences of medical treatments (physical or functional changes) that can cause social or other retreat behaviors, fears and concerns related to the disease, proving a sense of lack of control that will lead to a multitude of concerns and feeling distressed and afraid, difficulties for reinstatement, changes in family and couple dynamics,

with symptoms of males or worry and frustration, dependence, alterations of sexuality, difficulties in social relationships, changes in lifestyle, physical or functional limitations or the inability to assume the changes and their consequences sometimes lead the cancer survivor to social isolation. On other occasions, it is the silence of others that leads to develop feelings of abandonment for not having received the support they expected. In these cases, they may believe that others do not recognize their emotional discomfort. On the contrary, sometimes the others do not know how to express themselves, they do not want to bother them, or they do not know how to face their own fear. Other needs are based on the reinforcement of their self-esteem and self-concept. The person who has overcome a cancer may feel devalued, helpless or unable to restore normalcy in their life or to accept the changes that occurred after the disease, which can lead to disappointment of himself and poor self-concept and low self-esteem. It is also important to analyze the changes in lifestyle and recovery of everyday life. And finally, they also have problems related with changes in lifestyle and recovery of everyday life.

After this review of the problem of cancer survivors, we introduce some relevant symptoms associated with these problems such as panic reactions, confusion, denial, irritability, anger, sadness, insecurity, guilt, rejection, feeling lost, pressure, threat, dependence and hypervigilance of symptoms. All of them can be normal reactions understood within each circumstance but depending on the intensity with which they occur and the temporary duration of them, they could be considered within of psychopathology. Recent studies report that 25% of survivors have clinical levels of depression [37].

In the psychological approaches for cancer survivors, strategies and tools are usually aimed at improving the quality of life, enhancing their autonomy and increasing the perception of control over the threat of the disease, influencing the promotion of continuity and their vital project. The intervention will be aimed at addressing the main needs, the most relevant objectives being pursued as follows: Promote the identification, expression and management of fears, concerns and negative emotions (emotional expression and ventilation), train emotional regulation skills, teach appropriate coping techniques to manage the problems associated with the disease, facilitate posttraumatic growth (assimilation of experience with the disease, accommodation and personal evolution), management and adaptation to changes (e.g. body image, time distribution, and couple and family relationships), promote healthy lifestyles, facilitate communication, plan the future and prepare for socio-labor reintegration and report on guidelines to follow to return to a “normal” life. These factors will be of utmost importance in the design of the gamification strategy to be designed for the registration of PROs.

4. Materials and methods

In order to systematize the design and development of mobile apps intended to help monitoring cancer survivors, we have developed a methodology that makes the development of such apps easier and takes gamification aspects into account. The methodology is based on the classical user-centered methodologies for software development, and also on the works that we have reviewed in the state of the art. In particular, we have been inspired by the work by Pino Cechetti et al. (2019) [17], who demonstrated that gamification was effective in the context of health-related applications, as it did not add complexity to the application and promoted the desired-participation results. However, there are some relevant differences between that work and ours. Firstly, whereas Pinto Cechetti’s proposal is for ill patients, our proposal is for survivors. Thus, where the former proposal addresses the patient’s engagement to the treatment, we try to improve the engagement to monitoring. The latter is essential in order to improve and personalize how survivors get treated. A second difference is the implication of medical personnel in our methodology. We follow a user-centered approach where users are both patients and medical personnel, so the

design and development of the app take both collectives into account from the very beginning, together with the development team. This development team will be made up of software engineers with experience in user-centered development and designers with experience in mobile user interfaces. And lastly, we have incorporated the strategies and tactics defined by Cugelman (2013) [28] as the relevant ones to consider when using gamification in the field of digital health.

Specifically, our proposal includes the following stages:

Stage 1: Study of the goals of the application.

Stage 2: Study of the level of prevention and the dimensions of monitoring.

Stage 3: Selection of gamification tactics.

Stage 4: Selection of personalization parameters.

Stage 5: Logical and structural design.

Stage 6: Visual design.

Stage 7: Design evaluation.

Stage 8: Implementation.

Stage 9: Implementation evaluation.

Next subsections describe each stage in detail.

4.1. Study of the goals of the application

As first step in the methodology, a stage about collection the goals of the application has to be carried out. The development team, together with medical personnel and cancer survivors that will be potential future users of the app, will decide which will be the main goals that the application will fulfil. This will be a quite previous stage of requirements analysis, as it will be not necessary to go into detail.

Specifically, in order to carry out this stage, a multidisciplinary focus group will be established. This focus group will be made up by representatives of the development team, the medical personnel and potential users, that is, cancer survivors. Potential users will be chosen in a way that diversity is considered. Thus, there would be some ones that have just recovered and some others that recovered long time ago. Also, survivors from different types of cancer and that have undergone different treatments may be chosen, in the case that the application is developed as a generic one. It would be also possible to develop apps for specific types of cancers, and in that case, this would have an effect on the selection of potential users. An appropriate number would be between 6 and 9 potential users. The idea is that, within the group, one or two main goals of the application get defined, together with some secondary ones. Those goals would be later developed in the following steps. The session would be moderated by the representatives of the development team who, together with the medical personnel, would carry out the prioritizing of the goals.

4.2. Study of the level of prevention and the dimensions of monitoring

The next stages in the methodology are about collecting specific requirements of the application. These steps will also involve the patients and the medical personnel, as we will carry out a user-centered approach. Specifically, in this first step, some decisions have to be made about which level the app will reach in terms of prevention and monitoring. Some relevant questions to be answered in this stage are: (a) which type of monitoring the app will carry out (by means of sensors, questionnaires or both)? (b) Which information will be collected? (c) What will be the frequency of the data collection?

The means used for this collection of data will be some of the typical means for collecting requirements in user-centered approach. In particular, we recommend to perform questionnaires and/or interviews with both patients and medical personnel, and direct observation. The resulting product of this stage will be a document that answers the aforementioned questions.

4.3. Selection of gamification tactics

The use of gamification is one of the strongest points of the applications that will be generated using this methodology. Thus, the selection of the mechanisms of gamification is a quite important point that deserves a stage for its own. In this sense, our methodology works with the strategies and techniques for gamification defined by Cugelman (2013). In this way, it will be needed to define which strategy or strategies will be used in the application among the following: goal setting, capacity to overcome challenges, providing feedback on performance, reinforcement, compare progress, social connectivity, and fun and playfulness.

Moreover, when the strategy or strategies have been chosen, the specific tactics to implement them have to be defined. The list of tactics to choose among are again the listed by Cugelman: providing clear goals, offering a challenge, using levels, allocating points, showing progress, providing feedback, giving rewards, providing badges for achievements, showing the game leaders, and giving a story or theme. All these selections (of strategies and tactics of gamification) will again be decided by the development together with medical personnel and potential users. All the decisions made in this stage must be in line with the result of the two previous stages. Therefore, each selection of a strategy or tactic must be accompanied by a justification relating it to the goals of the application, the level of prevention and the dimensions of monitoring.

4.4. Selection of personalization parameters

Personalization is a key important factor when developing software in health and wellbeing fields. It will be difficult to achieve a high level of engagement in the use of a mobile application for health monitoring if the user does not feel that the application takes their specific needs into account. Therefore, it is quite important to add personalization features in applications like the ones that will be developed following this methodology. In this way, in this stage of the methodology the development team will have to select which personalization parameters will be included in the application. However, even when the final implementation will be carried out by the development team, information from the medical personnel will be very helpful in this stage and will guide the final decisions. The idea will be to get the working of the app adapted to the typology of the patient.

In order to achieve this, in this stage some elements of the design of the app defined in the previous stage will be selected to be personalized. In addition, the factors that will determine such personalization will be defined. For example, if the app gives a reward to the user when they fulfil a task, it may be decided that the kind of reward depends of some factors such as how the user evaluated previous rewards. This information will be decided after collecting information from medical personnel and potential users of the application.

Therefore, from the study carried out we see that it is important to work on resources that can help in the improvement of gamification. It is important to adapt the resources to the evolution point of the cancer survivor. If any resource is not properly based on a previous assessment of deficiencies, stress, emotional blockage and cognitive capacity, it is possible that it is ineffective. It may not respond their demands because it either lacks clear messages or because these are too broad or scarce. The goal of the customization of these resources is to create an interactive and dynamic process aimed at growth and change in the way of thinking, feeling or acting in each survivor. To undertake this, new forms of therapeutic action will contribute to reduce suffering and to improve control over the disease.

Below, we detail the problems and needs, strategies and tools, resources and resource types that may be needed in the proposed kind of gamified applications, so that all these can be used when applying the methodology.

• Problems and needs:

1. Consequences of medical treatments (physical or functional changes) that can cause social withdrawal or other behaviors.
 2. Fears and concerns related to the disease, proving a sense of lack of control that will lead to a multitude of concerns and to feel distressed and afraid.
 - Concern about managing physical sequelae, rehabilitation, fear of relapse, reviews and results, fear of dilation between appointments.
 3. Difficulties for reinstatement.
 - Physical or functional sequelae.
 - Labor instability concerns.
 4. Changes in family and couple dynamics, with symptoms of discomfort or worry and frustration:
 - Feeling of lack of family support or overprotective attitude
 - Increased communication between family, couple and friends.
 5. Dependency:
 - Need to continue receiving help, discomfort
 6. Alterations of sexuality.
 7. Difficulties in social relationships:
 - Difficulty in assuming changes, social isolation, feelings of abandonment.
 8. Self-esteem and self-concept:
 - Devaluation, impotence or inability to restore normalcy in your life.
 9. Changes in lifestyle and recovery of everyday life
 - New care, food, exercise.
- #### • Strategies and tools (SAT):
1. Promote the identification, expression and management of fears, concerns and negative emotions (emotional expression and ventilation).
 2. Train emotional regulation skills.
 3. Teach appropriate coping techniques to manage the problems associated with the disease.
 4. Facilitate posttraumatic growth (assimilation of experience with the disease, accommodation and personal evolution).
 5. Management and adaptation to changes (e.g. body image, time distribution, and couple and family relationships).
 6. Promote healthy lifestyles.
 7. Facilitate communication.
 8. Plan the future and prepare for socio-labor reintegration.
 9. Report on guidelines to follow to return to a “normal” life.

The strategies and tools used for the psychological approach for survivors are aimed at improving the quality of life, enhancing their autonomy and increasing the perception of control over the threat of disease. For this purpose, the intervention will be aimed at addressing the main problems and needs.

4.5. Logical and structural design

This stage is about the design of the functionality of the application and of how its elements will be arranged. This stage will include: (i) the development of a hierarchical list of the tasks to be performed by the application; (ii) the definition of the structure of the application, and (iii) the development of mockups of the screens of the application. The development team of the project will carry out this stage. A full document of logical structural design, including the set of mockups, will be the product obtained after this stage has been fulfilled.

4.6. Visual design

This stage is about designing a visual style to the elements defined in the logical and structural design, which may have been modified by the personalization elements in the previous stage. Specifically, the style guide of the application will be defined, and it will be applied to

every screen and menu in the application, so the full design gets finished. The development team will carry out this stage. Thus, it is essential that in the team there is at least one member with expertise on user experience (UX) and design of mobile apps, as this background is key when designing the visual aspects of the application. Standards and recommendations about visual designs will be taken into account. That is, the visual design will be in line with what is recommended for apps for the specific technology being used (Android, Apple). Also, accessibility guidelines will be taken into account. Thus, the final product will have to meet standards like EN 301549:2018 (Europe) or Section 508 and its regulation (US).

4.7. Design evaluation

As we are following a user-centered approach, the evaluation is not limited to the final steps of the process. Thus, we have included here a stage for the evaluation of the design previous to its implementation. In this stage, a prototype will be developed and techniques for the early evaluation of prototypes will be used. Specifically, it is recommended to perform the following evaluations:

- *Heuristic evaluation.* Some usability experts will analyze the prototype following usability guidelines and will identify common problems that can be solved at this point of the design process.
- *Cognitive walkthrough.* Medical personnel and potential users will act as users in this evaluation method, so that UX experts in the usability team can identify problems in the interaction and tasks to perform that are not clear. As happens in other stages of the process, the selection of potential users should take the real diversity of users into account.

4.8. Implementation

Once the design of the application has been completely defined, the app is implemented. In order to carry out this stage, the suitable framework or technology will be chosen depending on the devices and context in which the application will be developed. The use of multiplatform frameworks will be considered, in order to reach a wider range of audience.

4.9. Implementation evaluation

Once the application has been developed, the implementation is evaluated. A full usability test will be the ideal way to test the usefulness of the application and the satisfaction of end users. Questionnaires and interviews will be used when needed in a pre-test and/or post-test basis. As it is usual in this kind of methodologies, depending on the result of the evaluation, some of the previous stage may be carried out again to make the necessary changes to improve or correct the identified items.

5. Case study

In order to test the usefulness of our methodology, we have applied it to the design and development of a specific application for monitoring cancer survivors. This section details how we have applied the steps in the methodology to develop the app.

Stage 1: Study of the goals of the application.

The main objective has been to develop an application that adapts to the comprehensive monitoring of cancer survivors, carrying out a comprehensive monitoring of physical and emotional factors, so that doctors/psychologists can improve their follow-up. Some secondary goals of the app are: (a) to improve social relationships, (b) to improve the engagement to the monitoring process and (c) to improve

motivation and satisfaction.

Stage 2: Study of the level of prevention and the dimensions of monitoring.

At this stage, in several meetings with doctors/psychologists and patients, we identified which information should be collected in the app, and the different sections in which to collect it.

Patients were mostly interested in having a place in the application where they could consult the medication that had to be taken and the appointments with the doctors/psychologists.

The doctors agreed that it would be interesting that patients keep track of medication and appointments. They also mentioned that sometimes they had to conduct patient surveys, but they were not always completed because it was a very long or tedious task. Therefore, we decided to carry out some surveys in the app, to check whether they replied them through the app and patients could be properly monitored.

It was decided that the surveys would be conducted on a daily basis. In order to collect a high amount of data, patients filled two surveys every day, differentiating one that measured the level of sleep and another with the activities that the survivor had performed throughout the day.

For the different tasks the following information would be collected: for appointments (a) name, (b) consultation, (c) date, (d) time, (e) location and (f) observations; for the medication (1) name of the medication, (2) dose, (3) time of the taking, (4) days a week of the taking and (5) observations. Five questions will be asked for the surveys, first we will explain the four that are general for the two surveys (a) amino, (b) pain, (c) symptoms and (d) energy throughout the day.

A question will vary to know a fact that has happened at night and another of what has happened throughout the day. One survey (data of the night) will ask users about the level of sleep and the other (data of daily activity) will ask about the activities they have performed throughout the day.

In addition, if users positively answer to the pain question, then they will be asked two extra questions about (b.1) pain level and (b.2) body parts with pain.

Stage 3: Selection of gamification tactics.

In this stage, after analyzing all the strategies defined in the methodology, we will select the following: (a) reinforcement, (b) progress and (c) social connectivity. Also, the tactics chosen were (1) using levels, (2) allocating points, (3) showing progress, (4) providing feedback and (5) giving rewards. The part that we are going to focus on most is that of social connectivity, joining all strategies and tactics in a kind of personalized social network.

Stage 4: Selection of personalization parameters.

In our case, the main problems and needs are presented, together with the strategies and tools used to solve these problems, to be able to customize the types of resources that would be useful for the survivors:

- Resources:
 - o Information:
 - Healthy lifestyle
 - Disease (doubts)
 - Guidelines for returning to work
 - Measures to prevent side effects
 - Expected symptoms
 - What do I have to inform my doctor?
 - o Motivational. Share by survivors and medical professionals. We check how each resource affect each patient (they valued them) in order to personalize the type of resources they receive to:
 - Feel fine

- Be relax
- Get excited
- Give strength
- Encourage them.
- o Exercises:
 - Mindfulness
 - Physical
 - Yoga
 - Pilates
 - Sleep therapy
 - Resource Types:
- o Music
- o Video
- o Image
- o Sentence
- o Exercises
- o Others

We now analyze which parts of our gamification system cover the interventions necessary for the previously defined strategies and tools. Our intervention regarding SAT 1 will be to conduct a survey that addresses the patient's main fears, for which they receive points for carrying it out. For SAT 2, one way to regulate emotions will be to provide the patient with motivational resources, which will be previously validated by the medical staff. In this way, the use of a resource that make another patient feel fine can help others. With the validations we can also see if the patient has been helpful.

For SAT 4, we will use the forum of doubts in which patients and doctors will communicate. Doctors can give direct information to patients about what they need, giving points for each question asked and increasing the points if they help other patients, validated the answers by the doctors. This same forum can be used for SAT 7. In SAT 7 the system can also give points to the patient for each resource that the patient uploads and each resource that the doctor validates. In this way, the patient and the doctor will communicate indirectly, through the validation of resources. The patients will also be able to communicate with other patients through evaluations of resources, also indirectly.

Information resources will be used for SAT 3, 6 and 8. They will differ for each type of SAT. For example, for SAT 3, the patient will be given an information resource about the disease. For SAT 9, two types of resources can be used both for relaxation or exercise exercises, and for information on how to return to work or healthy lifestyle.

Finally, all the support that we can give the patient in making decisions, through rewards, is very important. We must respect their right to either receive information or not, and only provide the information requested by the patient.

Stage 5: Logical and structural design.

The system architecture of the app uses a Model-View-Controller (MVC) pattern for both applications, the mobile application and the web application. Hence, when the modules and functionality are expanded or changed, only the modified parts will be affected, and the others will be able to work as before without making any substantial changes. The web front-end is built as a templated CodeIgniter website that communicates with the application programming interface (API), and the mobile front-end is built in Java and XML. XML is used only for the view of the user interfaces, but not for data, which is always managed in JSON.

The back-end API is an MVC structured RESTful JSON API built with PHP, aided by the framework CodeIgniter. The database driver is MySQL and it makes https requests to connect the API with the database.

The gamification system allows patients to share resources with the other patients, not as a social network itself, but as a network with which patients interact with each other but in an anonymous way.

The rewards for patients are their own shared motivations, being validated by the psychologists before being introduced them into the reward system. We wanted that the content that a patient can share is not harmful for other patients or is able to demotivate them.

To get rewards, patients should complete the daily survey. They always get a motivating phrase and can choose another reward. They can choose between a motivating resource, an exercise or not getting anything. The patients shall be able to rate the phrases and motivational resources on a scale of 1 to 5. The patient shall also be able to perform an exercise.

An important part of the gamification system is the scoring system. In any gamification system, the number of points must be well defined for each task. The patient has to have the sensation of reaching the maximum points very soon, otherwise the patient may have the sensation of not progressing. The way in which the patient receives the points will be distributed as follows:

- Rate the resources:
 - o Motivation: 150 points.
 - o Information: 150 points.
 - o Exercise: 150 points.
- Rate the motivation phrase: 100 points.
- Sharing a resource: 200 points.
 - o The resource is validated by medical staff / psychologists: 150 points.
 - o That resource is valued: (a) 1 star: 100 points, (b) 2 stars: 125 points, (c) 3 stars: 150 points, (d) 4 stars: 175 points and 5 stars: 200 points.
 - o The resource is added to favorites by another patient: 250 points.
- The patient adds a medication: 100 points.
- The patient modifies a medication: 50 points.
- The patient adds an appointment: 100 points.
- The patient modifies an appointment: 50 points.
- The patient adds a question in the forum: 100 points.
 - o Someone (doctor / psychologist or other patient) responds to the patient's doubt: 50 points.
 - o The patient answers a question: 100 points.
 - o The doctor validates the patient's response: 100 points.

The points have been assigned so that, in consultation with the psychologists, the most important tasks have more points. These tasks can be important because psychologists want to see their evolution with the PROs or because we consider important tasks for the constant use of the application. We assigned fewer points to tasks that are performed more frequently or are less important. For example, each time the patient receives a reward, the app shows a phrase and the patient can rate it (more often), but from there they can choose between (1) motivation, (2) exercise, (3) information or (4) nothing, making it less possible that they could evaluate them, so the system will give more points for that action. What gives the patient the most points is to share resources, in consultation with psychologists. This task is useful for the gamification system to scale well and not always have the same rewards, increasing users' motivation.

Fig. 1 presents an activity diagram of how patients receive points after completing a survey. First, we need to know if patients have assessed the phrase that is always shown at the reward selection screen. Then, if patients choose a reward no matter what they choose, we assign them 150 points if they have assessed the reward.

In Fig. 2, one can see an activity diagram of the assignment of points to an assessment resource. Depending on how many stars other patients indicate on the evaluation of that resource, more points are assigned to the author of the resource. At the same time, if that resource is added to someone's favorite list, 250 points are given to the author of the resource.

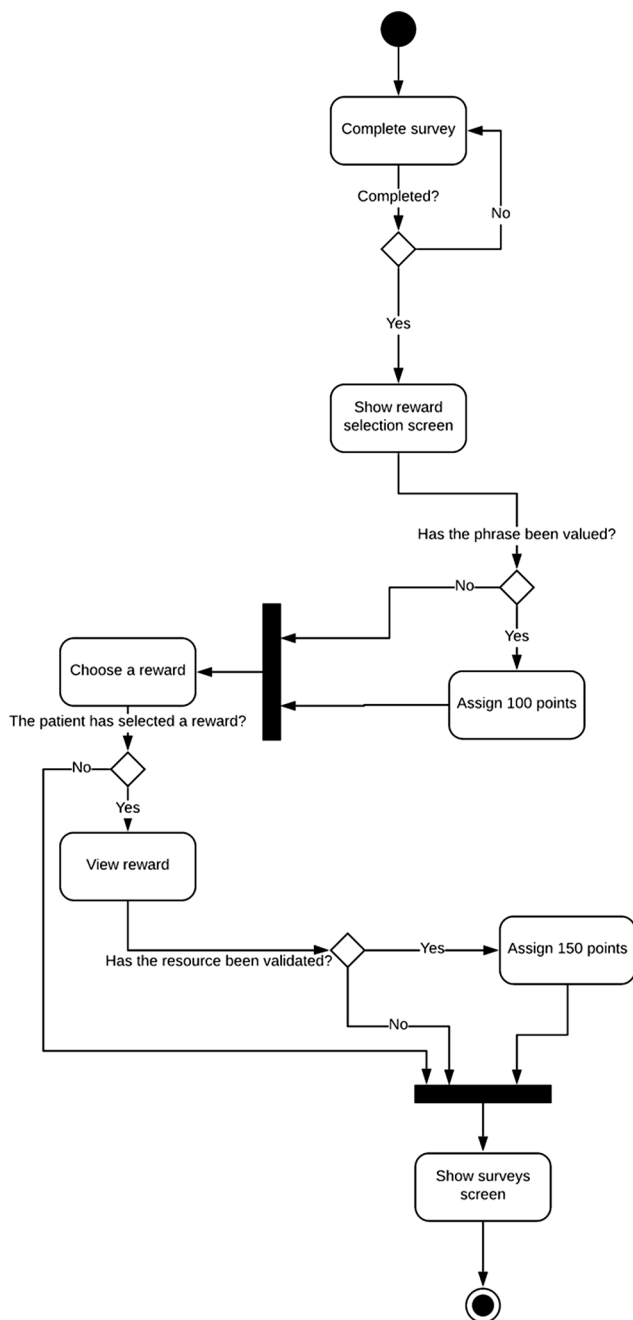


Fig. 1. Activity diagram of the assignment of points after a survey.

Stage 6: Visual design.

The application style guide will also be carried out at this stage. The visual characteristics are the same as Google's Material Design graphic language. A clean, colorful design with dimensional effects has been carried out. The objective of this style guide is to achieve a user interface that allows any type of surviving patient to have direct communication with all the design elements of the application, after recognizing, at first glance, what is interactive and what is not.

We guarantee redemption in the design without loss of quality for different types of screens. Another objective is to create a visual language that synthesizes the principles of adequate designs, innovation and adaptability, focused on improving UX.

All shapes, iconography, typography, space and color are based on Material Design, since it is consciously arranged to create a hierarchy, communicate meaning and always from a specific approach.

Stage 7: Design evaluation

Several cognitive walkthrough tests were performed with doctors/psychologists and patients, and changes were made with respect to the design. In the first prototypes made in Adobe XD without any functionality, several flaws in functionality and interaction were detected.

Some functionality failures were the form of some parameters such as the level of sleep, which was finally decided to show numerically in order to be more comfortable and clearer in terms of usability. Other changes were about the interaction, as changes to add a button so that users always have the option of returning to the beginning without having to open the menu, since according to the opinion of several patients it was not easy for them to return.

Lastly, other modifications were made in the design, such as changing the place of large titles and properly handling screen layouts for making it easier to view and identify of all the relevant screen elements.

Stage 8: Implementation

At this stage, the implementation of the application was carried out. Examples of screens that solve the problems discussed in stage four will be shown, as well as the modifications indicated in the previous stage.

For these screens, it is worth making it clear that content is mixed in English and Spanish, because for this article we used the English version of the application for facilitating its reading, although the application supports both languages. However, the psychologists and patients were from Spain, and they used the Spanish interface of the app, and they consequently wrote everything in Spanish and mainly linked resources in Spanish. For example, some rewards are (a) resources that patients uploaded as motivations and phrases or (b) information that psychologists wrote for patients about the disease and exercises.

In Fig. 3a, the patient can observe a motivational phrase that can be valued, and has the option of choosing a reward. The patient can choose between motivation, information, exercise and nothing, since as we said in stage four, we must support them when they want to receive the rewards or not, and only in the reward type they prefer to receive.

Fig. 3b is the screen where the patient can see their last rewards, and can assess them if they had not been valued before.

The patient will be able to see the accumulated points and their classification on the screen in Fig. 3c. In this way, users can see their progression and what it lacks to move up the ranking more visual, and thus increase their motivation to continue using the application.

Fig. 4a shows an example of informative reward in the form of video. This example presents a video made by the AECC where surviving patients tell their experiences after overcoming the disease. All rewards will have this format with a title, a description, the panel to be valued and a button to view them online.

There is also the option to view the complete reward online and evaluate it. In the example of Fig. 4b, the reward shows a survivor's health plan. Based on the study of the survivors and seeing how important it is to receive information, we have implemented another type of screen, Fig. 4b has a title, a longer text for the content of that reward and an information button, where one can get additional information. If there is no additional information, the button is not shown. In this case, the patient can see a list of how to follow a healthier lifestyle, as shown in Fig. 4c.

Finally, there is an example of the surveys that will be carried out on the patient. In Fig. 5a, the user can indicate where they feel pain. Fig. 5b shows the questio about the mood.

In Fig. 3a, b and 4a–c, one can see examples of accessibility, since a way of increasing the letter size has been incorporated for patients that cannot read it properly.

As one can observe, the application has been implemented with respect to the design guide of stage six with large buttons, clear and resizable letter, as well as a clean and easy-to-use interface.

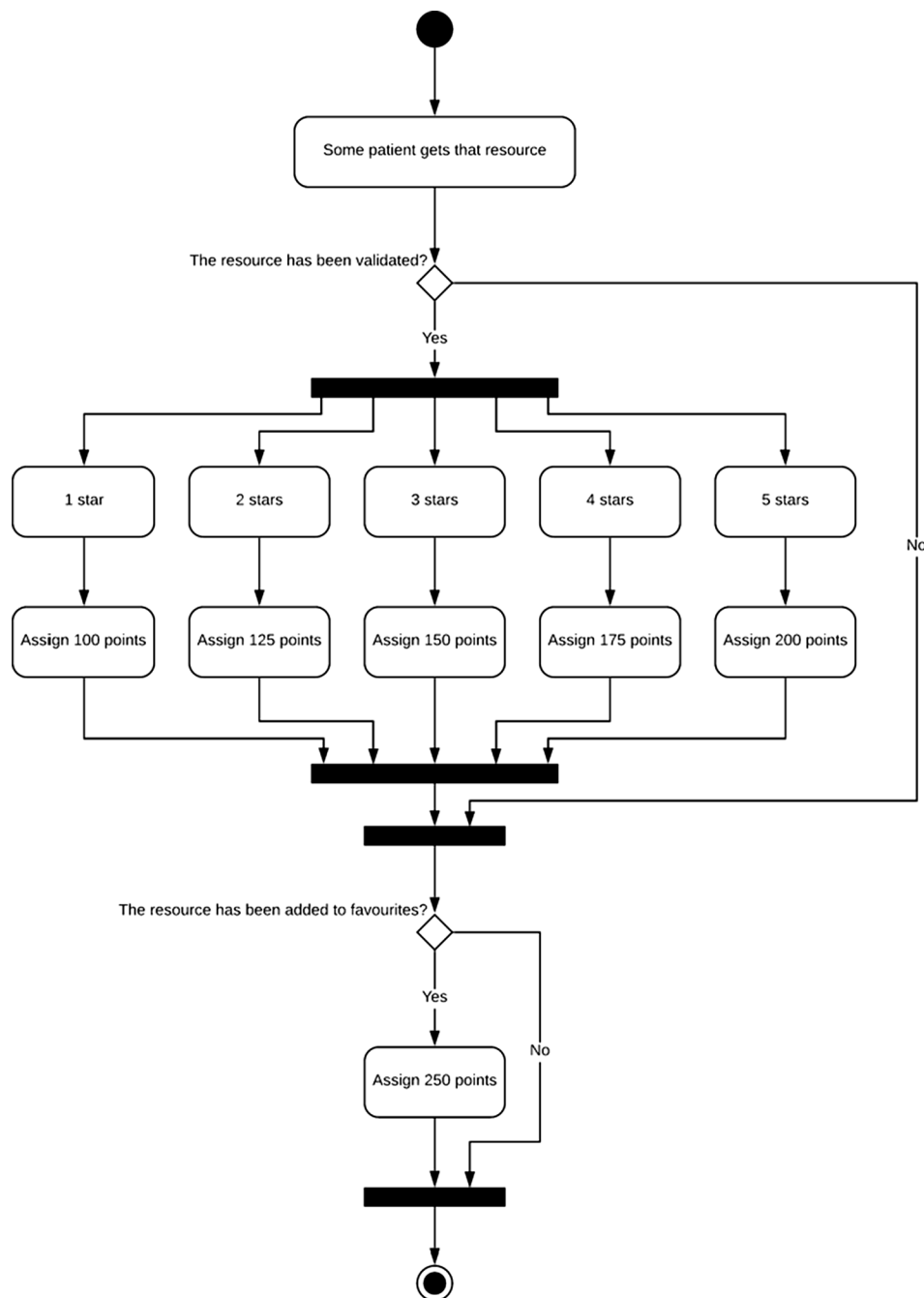


Fig. 2. Activity diagram of the assignment of points to a resource.

Stage 9: Implementation evaluation.

We tested the usability of the generic gamification system in [38]. There were 15 users that voluntarily participated in this study, without any economical compensation, for 2 weeks. They were 40.53 years old in average with a standard deviation (SD) of 16.85. They were 7 males and 8 females. All of them were cancer patients or cancer survivors. We used the System Usability Scale (SUS) [39] to measure the usability, which is measured with a questionnaire with 10 items. We also used the Usefulness, Satisfaction and Ease of Use (USE) [40] to measure the ease of use, which measures four dimensions: (a) Usefulness (8 questions), (b) Ease of use (11 questions), (c) Ease of learning (4 questions) and (d) Satisfaction (7 questions). We urged participants to fundamentally value the motivation part in the use of the application, ranking the system, motivational resources, the exercises and the resource-sharing

functionality. The average results of SUS were in the 1–5 range and the average results of USE were in the 1–7 range. We converted these results to the same range of 0–100 for the SUS and USE questionnaires, in order to be able to easily compare both results.

Regarding usability, the average result of SUS test was 69.2 in the standard range of 0–100, and the standard deviation (SD) was 20.0. Fig. 6 shows the results of the individual items from the SUS scale. Hence, the average result of USE test was 80.64 in the standard range of 0–100, and the SD was 15.08. Fig. 7 shows the results of the individual items of the different dimensions of the USE questionnaire, sorted by (a) usefulness, (b) ease of use, (c) ease of learning and (d) satisfaction, from the USE scale.

To see if the resources we defined in stage 4 were well defined, we conducted a survey with the three medical professionals who worked with us, to validate the resources as well as the main features of our

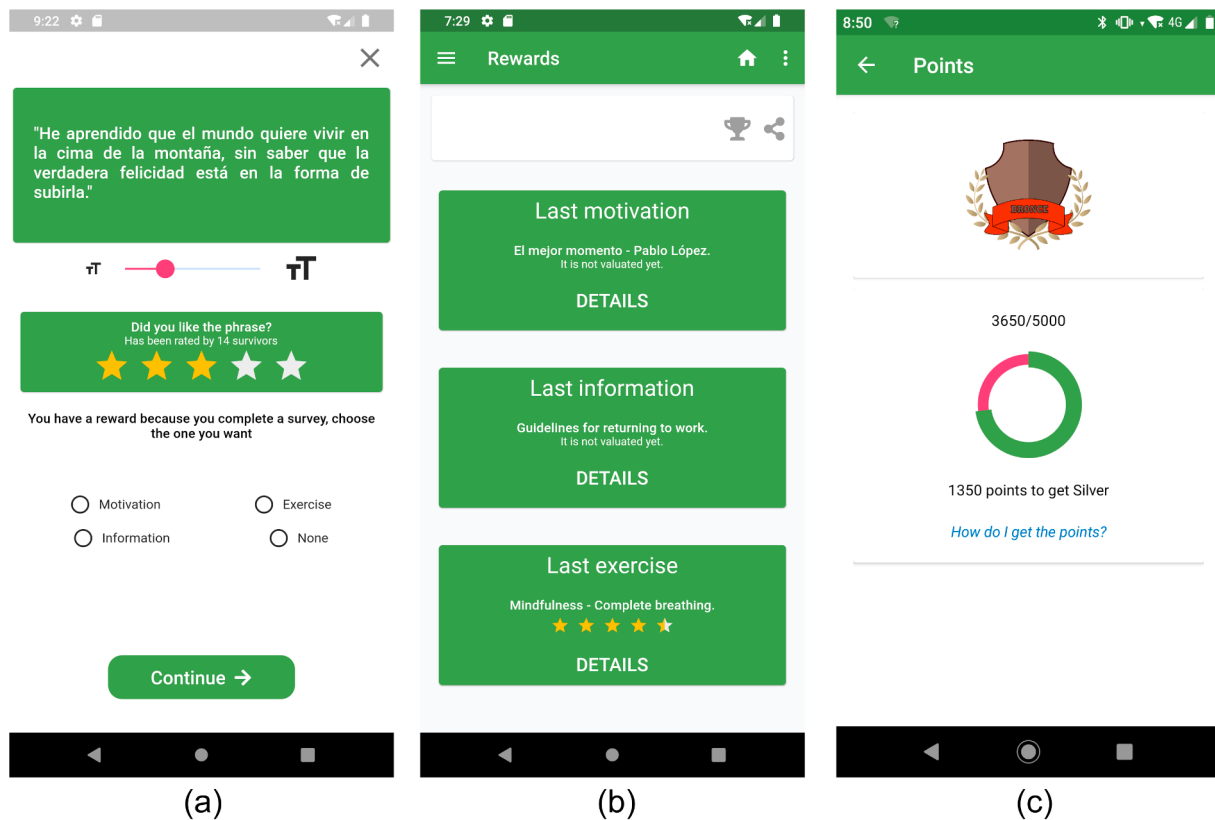


Fig. 3. Screens of the personalized rewards 1: (a) Reward selection screen, (b) Rewards screen and (c) Points screen.

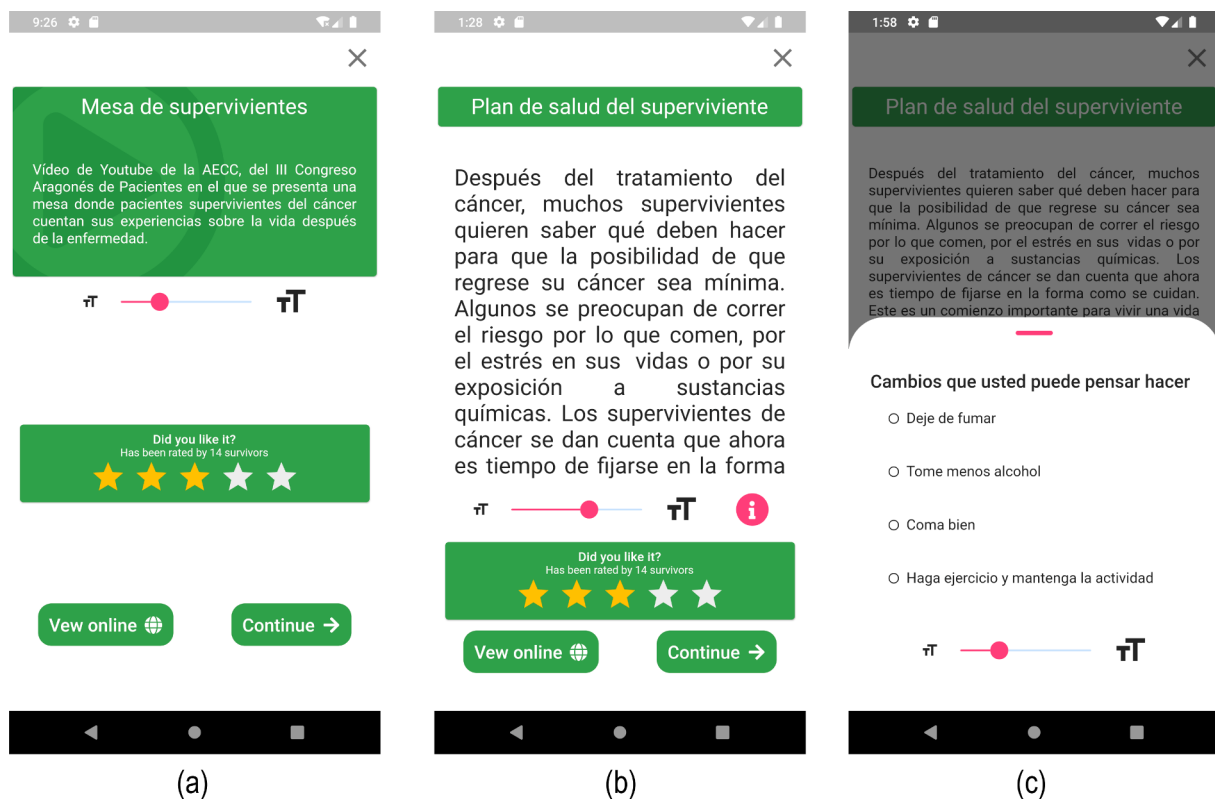


Fig. 4. Screens of the personalized rewards 2: (a) Video information screen, (b) Information screen and (c) More information button content.

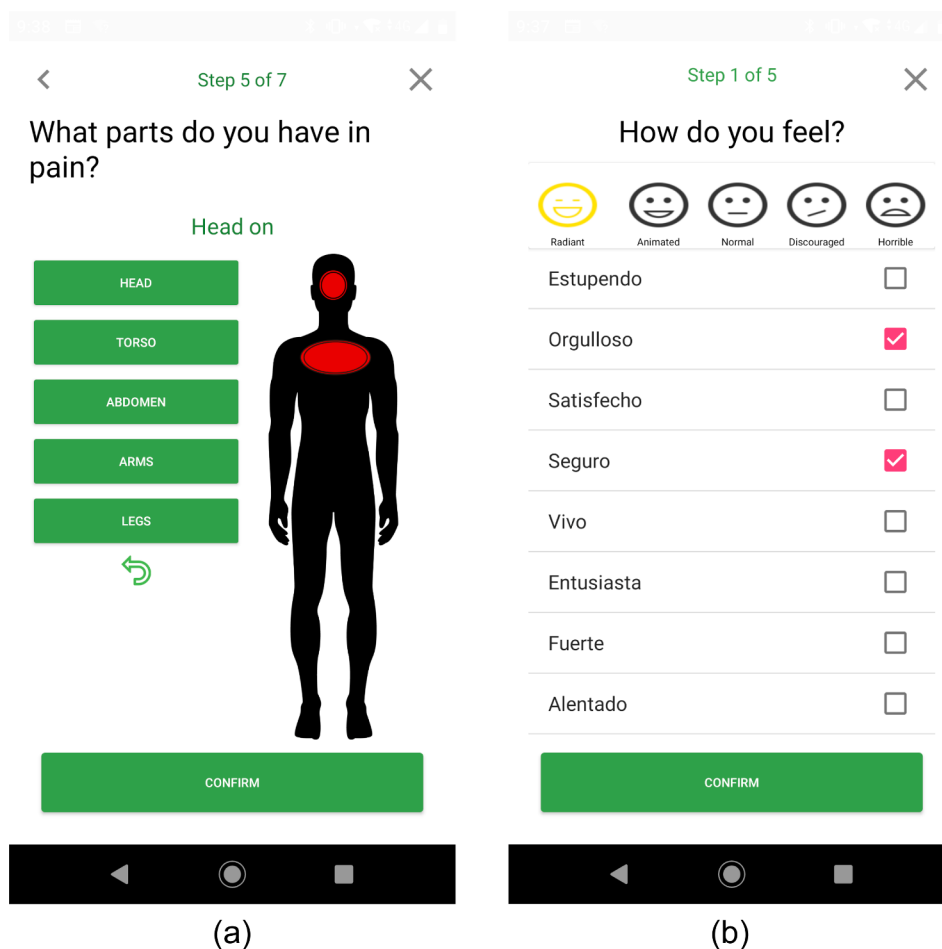


Fig. 5. Survey screens: (a) Mood screen and pain screen (b) Body parts with pain.

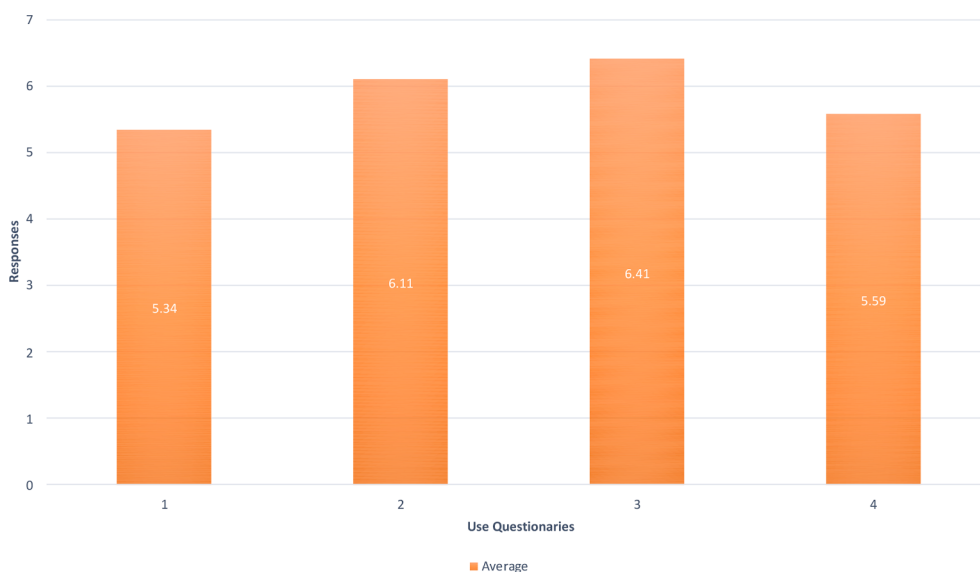


Fig. 6. Results of SUS questionnaires.

gamification system. Generic gamification system has been adapted in this paper to a specific type of users: cancer survivors.

The survey was divided into questions about information resources with the following questions: in Table 2, (1) information resources (in general), (2) Information about healthy lifestyles, (3) Information about the disease/related aspects with overcoming the disease, (4)

Information on guidelines for returning to work, (5) Information on changes in physical appearance, (6) information on measures to prevent side effects, (7) Information about “what do I have to inform my doctor/psychologist?”, and (8) doubt forum; another phase of motivational resources with the following questions in Table 3, (1) motivational resources (in general), (2) resources to make you feel happy, (3)

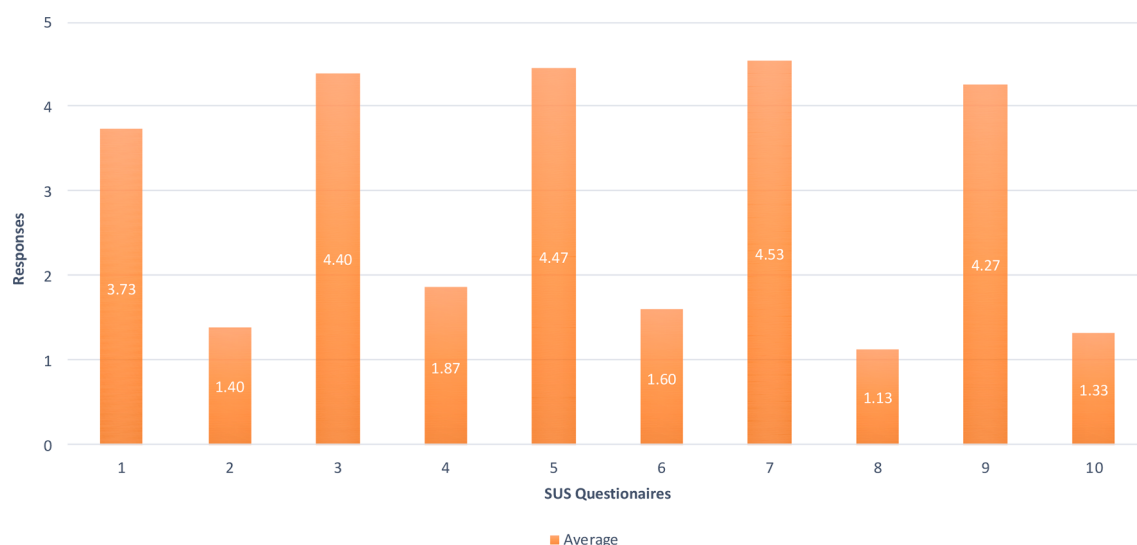


Fig. 7. Results of USE questionnaires.

Table 2

Results of the information resources survey.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Average	5.00	5.00	5.00	4.67	4.67	5.00	4.67	4.33
SD	0	0	0	0.58	0.58	0	0.58	1.15

Table 3

Results of the motivational resources survey.

	1	2	3	4	5	6
Average	5.00	4.67	5.00	4.00	3.67	4.00
SD	0	0.58	0	1	0.58	1

Table 4

Results of the exercises resources survey.

	1	2	3	4	5	6
Average	5.00	4.67	5.00	4.67	4.67	4.67
SD	0	0.58	0	0.58	0.58	0.58

Table 5

Results of the gamification aspects survey.

	1	2	3	4
Average	4.00	5.00	5.00	4.67
SD	1	0	0	0.58

resources to relax, (4) resources that excite you, (5) resources that give strength and (6) resources that give encouragement; another phase with the exercises that could be done with the following questions in table 4, (1) exercises (in general), (2) mindfulness exercises, (2) physical exercises, (4) yoga exercises, (5) exercise exercises Pilates and (6) sleep therapy exercises; and finally the aspects of the gamification that we had defined with the following questions in Table 5, (1) ranking of points, (2) visualization of resources, (3) share resources and (4) save favorite resources. Tables 2–5 present the results of these surveys.

6. Discussion

The results of descriptive statistical analysis indicate that participants considered the application was easy to use and provided useful

information. The highest rate was the ease-of-use dimension that we consider essential in order to all the patients know how to use the application and carry out the task of the app without needing help from an experienced person. Both in the SUS and USE questionnaires, values of standard deviation indicated that the participants' responses were highly consistent.

The answers have assessed the use of resources very positively. In particular, the information resources have been valued with a higher score and the motivational resources with less significant scores, in which although with high punctuation it would be necessary to work more on them or define them better in the future. The highest-scored motivational resources was relaxation, together with the fact that mindfulness exercises were also valued very high. One can observe that relaxation is a very relevant aspect for survivors. Finally, the best valued aspects of gamification were to share resources and visualize them, so we see that the intervention named as social support network in stage 4 can be very useful.

Interdisciplinary care must be the standard of care for all cancer patients. In the case of survivors, a study of the literature has been made where their specific characteristics and needs are presented (Section 3). Regarding the gamification system, in the case of focusing on cancer patients, its adaptation should be assessed according to the type of cancer and the type of patient. Furthermore, the resources must be adapted to patients and/or survivors, depending on their type, condition, or other influencing factors.

Professionals recommend adding other types of resources such as (a) psychosocial resources to which you can resort (e.g. entities and NGOs) and how to access them, (b) legal issues regarding the workplace (e.g. disability and leave), (c) leisure activities that can make your health better, (d) testimonies from other people who have also overcome it, and (d) activities to exercise attention and memory.

The app will be further assessed with survivors in later phases, although the preliminary results are promising.

7. Conclusions and future work

This article has focused on creating a methodology to engage patients, in our case cancer survivors, to use periodically health applications for their own well-being, by means of gamification methods.

It is essential, as we have also seen in the literature, to analyze users and that gamification gets focused on the user. In other articles that we have studied, the study of the profile is not so highly valued when performing gamification. Emphasizing the importance of incorporating the user profile into the methodology is essential for making an

appropriate design of the application. In the case of survivors, it is very important to take both physical and psychological aspects into account, such as anxiety or depression.

The presented system could be adapted to different types of cancer patients or other types of patients even from other health areas. In this way, we would need to analyze patient's characteristics and needs. In order to adapt the system, a new study should be done (based on the presented methodology) to adapt the gamification system. The resources must be oriented to the users who will use the application. It is essential to make a filter of resources for these users by the medical professionals who will use the application.

Finally, we observe that it is important to collect the PROs and to do that gamification is quite relevant, since it encourages cancer survivors to use the app with an extra motivation.

In the future, one of the main objectives of the project is to perform non-invasive recording and measurement of patient evolutions, using devices or sensors, to improve both their treatment and their quality of life. In this way, we will have more options to give points to patients either by putting achievements by traveled distance, steps by day/week or simply by using the devices regularly along with the application.

When the proposal has been tested by more patients, a study will be carried out to check if the information/motivation has been useful to the patients, since to the best of our knowledge no other studies focused on cancer survivors using gamification to motivate them in the use of new technologies. Also, we want to assess whether psychologists have been helpful, in the same way that it has not been a burden for them to have to verify that all the resources shared by the users were valid to enter them in the reward system. In this way, we can further evaluate whether the system is scalable in practice.

CRedit authorship contribution statement

Javier Navarro-Alamán: Visualization, Software, Investigation. **Raquel Lacuesta:** Conceptualization, Data curation, Visualization, Writing - original draft. **Iván García-Magariño:** Methodology, Resources, Writing - review & editing. **Jesús Gallardo:** Supervision, Validation, Writing - review & editing.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgments

This work was partly funded by the Spanish Science, Innovation and University Ministry (MCIU), the National Research Agency (AEI) and the EU (Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)) through the contract RTI2018-096986-B-C31 and by the Spanish Science, Innovation and University Ministry (MCIU), the National Research Agency (AEI) and the EU (FEDER) through the contract RTI2018-096986-B-C31 and by the Aragonese Government and the EU through the FEDER 2014-2020 "Construyendo Europa desde Aragón" action (Group T25_17D).

We also acknowledge "CITIES: Ciudades inteligentes totalmente integrales, eficientes y sostenibles" (ref. 518RT0558) funded by CYTED ("Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo") and "Diseño colaborativo para la promoción del bienestar en ciudades inteligentes inclusivas" (TIN2017-88327-R) funded by the Spanish Council of Science, Innovation and Universities from the Spanish Government.

References

- [1] E. Brozos, F. Vázquez, J. Cueva, F.J. Barón, Supervivientes al cáncer en España: situación actual. Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM). Monográfico SEOM de largos supervivientes en cáncer, 1ª parte, 2012, pp. 7–13.
- [2] C.L. Camacho, Diferencias entre pacientes oncológicos y no oncológicos en doble presencia, inseguridad y necesidad de esconder emociones, *ReiDoCrea: Revista electrónica de investigación y docencia creativa* 7 (2018) 110–123.
- [3] S. Heath, Using Patient-Reported Outcomes Measures to Improve Engagement. Patient Engagement Hit, 2020. <https://patientengagementhit.com/features/using-patient-reported-outcomes-measures-to-improve-engagement>.
- [4] E. Basch, Patient-reported outcomes—harnessing patients' voices to improve clinical care, *N. Engl. J. Med.* 376 (2) (2017) 105–108.
- [5] L.R. Martin, S.L. Williams, K.B. Haskard, M.R. DiMatteo, The challenge of patient adherence, *Ther. Clin. Risk Manag.* 1 (3) (2005) 189.
- [6] K. Robson, K. Plangger, J. Kietzmann, J. McCarthy, L. Pitt, Is it all a game? Understanding the principles of gamification, *Bus. Horiz.* 58 (4) (2015) 411–420.
- [7] D. Johnson, S. Deterding, K.A. Kuhn, A. Staneva, S. Stoyanov, L. Hides, Gamification for health and wellbeing: A systematic review of the literature, *Internet Intervent.* 6 (2016) 89–106.
- [8] D. Codish, G. Ravid, Personality based gamification-Educational gamification for extroverts and introverts, in: Proceedings of the 9th CHAIS Conference for the Study of Innovation and Learning Technologies: Learning in the Technological Era, vol. 1, 2014, pp. 36–44.
- [9] Y. Jia, B. Xu, Y. Karanam, S. Voids, Personality-targeted gamification: a survey study on personality traits and motivational affordances, in: Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2016, pp. 2001–2013.
- [10] S. Deterding et al., Gamification using game-design elements in non-gaming contexts, in: CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '11). ACM, New York, NY, USA, 2011, pp. 2425–2428. <https://doi.org/10.1145/1979742.1979575>.
- [11] E. Basch, Patient-Reported Outcomes—Harnessing Patients' Voices to Improve Clinical Care, *The New England Journal of Medicine*, January 2017, pp. 105–108.
- [12] Memorial Sloan Kettering Cancer Center. Patient-Reported Outcomes, 2020. Retrieved from <https://www.mskcc.org/amplio-system/patient-reported-outcomes>.
- [13] Eugene Nelson, Elena Eftimovska, Cristin Lind, Andreas Hager, John Wasson, Staffan Lindblad, Patient reported outcome measures in practice, *BMJ* 350 (2015) pp. g7818–g7818. [10.1136/bmj.g7818](https://doi.org/10.1136/bmj.g7818).
- [14] S. Marien, D. Legrand, R. Ramdoyal, J. Nsenga, G. Ospina, V. Ramon, A. Spinewine, A User-Centered design and usability testing of a web-based medication reconciliation application integrated in an eHealth network, *Int. J. Med. Inf.* 126 (2019) 138–146.
- [15] L. Pellizzoni, S.D.A. e Silva, A. Falavigna, Multilanguage health record database focused on the active follow-up of patients and adaptable for patient-reported outcomes and clinical research design, *Int. J. Med. Inf.* 135 (2020).
- [16] D. Ragouzeos, J. Gandrup, B. Berrean, J. Li, M. Murphy, L. Trupin, G. Schmajuk, "Am I OK?" using human centered design to empower rheumatoid arthritis patients through patient reported outcomes, *Patient Educ. Couns.* 102 (3) (2019) 503–510.
- [17] N.P. Cechetti, E.A. Bellei, D. Biduski, J.P.M. Rodriguez, M.K. Roman, A.C.B. De Marchi, Developing and implementing a gamification method to improve user engagement: A case study with an m-Health application for hypertension monitoring, *Telematics Inform.* 41 (2019) 126–138.
- [18] T. Leclercq, I. Poncin, W. Hammedi, Opening the black box of gameful experience: Implications for gamification process design, *J. Retail. Consumer Serv.* 52 (2020) 101882.
- [19] R.N. Landers, Gamification misunderstood: how badly executed and rhetorical gamification obscures its transformative potential, *J. Manage. Inquiry* 28 (2) (2019) 137–140.
- [20] M. Pirovano, E. Surer, R. Mainetti, P.L. Lanzi, N.A. Borghese, Exergaming and rehabilitation: A methodology for the design of effective and safe therapeutic exergames, *Entertain. Comput.* 14 (2016) 55–65.
- [21] L. Hassan, A. Dias, J. Hamari, How motivational feedback increases user's benefits and continued use: A study on gamification, quantified-self and social networking, *Int. J. Inf. Manage.* 46 (2019) 151–162.
- [22] J. Hamari, J. Koivisto, H. Sarsa, Does gamification work? – A literature review of empirical studies on gamification, in: Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, 2014, pp. 6–9.
- [23] H. Oinas-Kukkonen, A foundation for the study of behavior change support systems, *Pers. Ubiquit. Comput.* 17 (6) (2013) 1223–1235.
- [24] D.M. Boyd, N.B. Ellison, Social network sites: Definition, history, and scholarship, *J. Comput.-Mediated Commun.* 13 (1) (2007) 210–230.
- [25] A. Chen, Y. Lu, P.Y. Chau, S. Gupta, Classifying, measuring, and predicting users' overall active behavior on social networking sites, *J. Manage. Inf. Syst.* 31 (3) (2014) 213–253.
- [26] S. Diefenbach, A. Müssig, Counterproductive effects of gamification: An analysis on the example of the gamified task manager Habitica, *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 127 (2019) 190–210.
- [27] A.M. Toda, R.M. do Carmo, A.P. da Silva, I.I. Bittencourt, S. Isotani, An approach for planning and deploying gamification concepts with social networks within educational contexts, *Int. J. Inf. Manage.* 46 (2019) 294–303.
- [28] B. Cugelman, Gamification: what it is and why it matters to digital health behavior change developers, *JMIR Serious Games* 1 (1) (2013) e3.
- [29] A. Marczewski, Even Ninja Monkeys like to play. CreateSpace Indep. Publish Platform, Charleston, Chapter User Types, 2015, pp. 69–84.

- [30] SickKids, Pain Squad [Mobile app], 2020. <https://lab.research.sickkids.ca/iouch/pain-squad-app/>.
- [31] Mango Health, Mango Health App [Mobile app], 2020. www.mangohealth.com.
- [32] Reflexion Health, VERA [Web app], 2020. <https://reflexionhealth.com/vera/>.
- [33] Microsoft, Kinect [SDK], 2020. <https://developer.microsoft.com/es-es/windows/kinect>.
- [34] G. Fuertes Muñoz, R.A. Mollineda, J. Gallardo Casero, F. Pla, A RGBD-based interactive system for gaming-driven rehabilitation of upper limbs, *Sensors* 19 (16) (2019) 3478.
- [35] US National Institute of Health, NCI Dictionary of Cancer Terms, 2020. Retrieved from <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/survivorship>.
- [36] W. Landier, Survivorship care: essential components and models of delivery, *Oncology* 23 (4) (2009).
- [37] G.T. Deimling, B. Kahana, K.F. Bowman, M.L. Schaefer, Cancer survivorship and psychological distress in later life, *Psycho-Oncology: J. Psychol. Social Behav. Dimens Cancer* 11 (6) (2002) 479–494.
- [38] J. Navarro-Alamán, R. Lacuesta, I. García-Magariño, J. Gallardo, Close2U: An app for monitoring cancer patients with a gamification system to improve the engagement, in: *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, vol. 31, no. 1, 2019, p. 68.
- [39] J. Brooke, SUS-A quick and dirty usability scale, *Usability Eval. Ind.* 189 (1996) 4–7.
- [40] A.M. Lund, Measuring usability with the use questionnaire12, *Usability Interface* 8 (2001) 3–6.

5.3 *EmotIoT: An IoT System to Improve Users' Wellbeing*

Cita completa:

Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., & Lloret, J. (2022). EmotIoT: An IoT System to Improve Users' Wellbeing. *Applied Sciences*, 12(12), 5804.

Abstract:

IoT provides applications and possibilities to improve people's daily lives and business environments. However, most of these technologies have not been exploited in the field of emotions. With the amount of data that can be collected through IoT, emotions could be detected and anticipated. Since the study of related works indicates a lack of methodological approaches in designing IoT systems from the perspective of emotions and smart adaption rules, we introduce a methodology that can help design IoT systems quickly in this scenario, where the detection of users is valuable. In order to test the methodology presented, we apply the proposed stages to design an IoT smart recommender system named EmotIoT. The system allows anticipating and predicting future users' emotions using parameters collected from IoT devices. It recommends new activities for the user in order to obtain a final state. Test results validate our recommender system as it has obtained more than 80% accuracy in predicting future user emotions.

Article

EmotIoT: An IoT System to Improve Users' Wellbeing

Javier Navarro-Alamán ^{1,*} , Raquel Lacuesta ^{1,2} , Iván García-Magariño ^{3,4}  and Jaime Lloret ^{5,6} 

¹ Department of Computer Science and Engineering of Systems, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain; lacuesta@unizar.es

² Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain

³ Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain; igarciam@ucm.es

⁴ Instituto de Tecnología del Conocimiento, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain

⁵ Integrated Management Coastal Research Institute, Universitat Politècnica de Valencia, 46022 Valencia, Spain; jlloret@com.upv.es

⁶ School of Computing and Digital Technologies, Staffordshire University, Stoke-on-Trent ST4 2DE, UK

* Correspondence: jnavarroa@unizar.es

Abstract: IoT provides applications and possibilities to improve people's daily lives and business environments. However, most of these technologies have not been exploited in the field of emotions. With the amount of data that can be collected through IoT, emotions could be detected and anticipated. Since the study of related works indicates a lack of methodological approaches in designing IoT systems from the perspective of emotions and smart adaption rules, we introduce a methodology that can help design IoT systems quickly in this scenario, where the detection of users is valuable. In order to test the methodology presented, we apply the proposed stages to design an IoT smart recommender system named EmotIoT. The system allows anticipating and predicting future users' emotions using parameters collected from IoT devices. It recommends new activities for the user in order to obtain a final state. Test results validate our recommender system as it has obtained more than 80% accuracy in predicting future user emotions.

Keywords: internet of things—IoT; electro dermal activity—EDA; heart rate variability—HRV



Citation: Navarro-Alamán, J.;

Lacuesta, R.; García-Magariño, I.;

Lloret, J. EmotIoT: An IoT System to Improve Users' Wellbeing. *Appl. Sci.*

2022, 12, 5804. <https://doi.org/10.3390/app12125804>

Academic Editors: Gianni Pantaleo and Pierfrancesco Bellini

Received: 12 May 2022

Accepted: 6 June 2022

Published: 7 June 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The Internet of Things (IoT) supports people in their daily lives in environments such as smart homes, smart cities, and smart wearables. Research in recent years has shown that in order to recognize, interpret, process and simulate human beings' emotions, it is necessary to humanize the user's interaction with technology [1]. Advances in technology are enabling the creation of IoT health applications [2] based on exercise, healthy diet, and lifestyle control, as well as meaningful new communication environments with significant repercussions for social and business relationships, work organization, culture, education and marketing. Currently, the potential benefits of IoT have not been fully exploited in the field of emotion perception.

A clear example of an area where emotions need to be analyzed is the labor market [3]. In this case, the importance of having motivated workers or active users is essential. Emotions are actually linked to work problems such as (a) increased productivity, (b) improved social relationships, (c) reduced sick leave due to stress or depression, (d) improved leisure activities, and (e) increase sales. In addition, children's awareness of emotional intelligence, understanding what and how they feel, is fundamental in educational settings.

Currently, most IoT applications are not focused on studying user emotions. However, many studies show how emotions can be detected from analyzing data collected from IoT devices [4,5] through different types of parameters such as EDA, HRV, electroencephalography, electrocardiography, heart rate (HR), or photoplethysmography. Accessing these

types of metrics by IoT systems will allow tracking of vital signs, emotions, context, social issues, specific situations, and activities related to users. With these types of data, these systems can work to achieve specific goals such as reducing users' negative emotions, motivating them, obtaining better performance from them, or simply achieving a specific goal or emotion that they request or desire. In this context, we present six stages needed to develop an IoT system based on users' emotions and apply them to develop a specific recommended system called EmotIoT. This system introduces intelligent algorithms that can predict users' emotions based on previous emotions and analyze the context. Furthermore, considering both commonly and particularity existing intelligent environments and user heterogeneity, the system allows us to (1) predict user emotions, (2) change activities in real-time to generate better emotions in users, (3) adapt the environmental conditions to modify user context, and (4) reach users' desired states.

The rest of the paper is structured as follows. Section 2 discusses IoT systems, focusing on those based on emotions. Section 3 shows the methodology proposed for designing IoT systems based on emotions and includes the steps followed to develop our recommender system: EmotIoT. Section 4 presents the results and discussion. Section 5 sets out the conclusions, and Section 6 explains future research lines.

2. Related Work

IoT is a network of interconnected devices that integrate sensors, software, and networking to accumulate and exchange data. It includes all the "things" that can be used as production equipment that provide useful information for performing different types of analysis. This information can be recorded and analyzed to improve the operation of one device or to improve other devices.

Currently, many IoT systems adapt or customize to users or their needs. The power consumption of these smart devices is also a factor to consider. In [6], the authors reduced the number of times that a smart band needs to measure the HR, thereby reducing high power consumption without affecting the application usefulness.

Certain examples of using IoT devices are smart cities and smart homes [7]. A set of peripherals deployed in an urban area generate different types of data that are transmitted through appropriate communication technologies to a control center where data is stored and processed. A smart home system can collect information from sensors or inputs and integrate it into any home device equipped with a wireless interface. Every home has a network of wireless sensors, and the data detected by each device are transmitted to a central station, commonly known as a home sink or home hub.

In order to compare our proposal with those currently available, we present an emotion-based IoT research study and applications. Pal et al. [8] used all kinds of sensors to perceive human emotions. Garcia-Ceja et al. [9] classified 23 publications on mental health monitoring systems (MHMS) by the type of mental disorder and listed all of the devices used in these studies (e.g., eye sensors, HRV, EDA, photoplethysmograms, accelerometers, questionnaires). Bassam et al. [10] monitored health status by developing a mobile sensor system in which users wore IoT devices equipped with multiple sensors.

On the topic of emotion detection, there have been significant advances. Many studies have referred to COVID19, and emotions are very important to know the relationships between the service received, the emotions recorded and all of the consequences brought about by the pandemic [11]. Drawing on the results of several studies, we extend what has been studied in the literature, such as the detection of emotions by means of IoT devices [12] and the use of deep learning for their detection and classification [13].

Finally, we studied two applications [14,15], both of which use mobile phone sensors. Neither of these uses other external IoT devices. BeWell is based on a recommender system, and MoodScope identifies the emotional state of users by questioning them through the application.

The review of the related works indicates that even though there are multiple solutions offered by IoT, a methodological approach to IoT services centered on predicting users'

emotions is still lacking. The proposed solution uses the captured sensor data to predict the user's emotions and thus offers an opportunity to adapt the user interaction. As a result, we can provide a tailored experience that meets the user's current needs and expectations and adapts over time to improve the user experience and enhance the system's capabilities. The potential use of the user's history of interaction with the system to predict their current emotional state and provide an adaptive response is an exciting prospect for the future of IoT.

3. EmotIoT—A Recommender Algorithm for IoT Systems Based on Emotions

We propose six stages to apply in the development of an IoT system and apply it in the design of our EmotIoT algorithm, which uses IoT devices to capture and analyze users' data while they carry out several activities. Specifically, in our specific design, we assessed users' feelings while interacting with a mobile device offering entertainment activities. The system analyzes the current user state and predicts future user emotions in order to recommend subsequent activities. The methodology presented is a variation of that presented by the authors in [16].

3.1. Stage 1: Establishment of System Requirements and Data Selection

In the first stage, we need to determine the context where the system will be used, establishing the user's characteristics, activities to be analyzed, frequency and location. Once the context is established, we need to determine the emotional parameters that the system will consider during the analysis. Data can be collected in two ways: (1) IoT data (data collected automatically from IoT devices, for example, physiological parameters) and (2) manual user data (from user's self-reported data).

In the design phase of our recommender system, we determine a "playful" context where users play different games in two different contexts (sitting and walking). The game classification is achieved by taking the following characteristics into account: (1) reasoning, for games where logic needs to be used to solve them, (2) memory, for games where the users need to remember words or patterns, (3) language, for games that use words or letters to add vocabulary and (4) mobility, for games in which the user must physically move. Data to be acquired in the process are age, gender, frequency of smartphone use, and frequency of play. The scale used to collect the data is a 3-level Likert scale: (1) Never, (2) Sporadically, and (3) Usually. With this classification, three different games are selected (one from each category) and are played by participants for ten minutes each.

Users' emotions are registered three times while playing each game (before playing, while playing, and at the end of playing). To register the user's emotion level, we used Russell's Affect Grid [17], designed as a quick means of determining affection along pleasure–displeasure and arousal–sleepiness dimensions on a 1–9 scale, and having a profound impact on the social psychology of measuring emotions. According to the literature, the Affect Grid is potentially suitable for studies related to emotions. Physiological data are also registered. We obtain the inter-beat interval (IBI) (to calculate the HRV), EDA, temperature, and HR.

As the main requirement, our system must allow users to specify a final desired emotional state that will be reached with the use of smart algorithms. These algorithms will analyze the user's state and propose activities or changes to achieve the user's final goal.

3.2. Stage 2: Device Requirements Study

In this stage, we need to determine the sensors/devices that will be used to collect the data identified in Stage 1. Requirements such as cost, sensing frequency, usability, accessibility, or bandwidth are analyzed. Some examples of IoT devices on the market are smart bands, smart refrigerators, smartwatches, medical sensors, fitness trackers, etc. We need also to consider user characteristics and the process of user–system interaction.

For our system, after studying the IoT sensors/devices on the market, we decided to select a smart bracelet that helps to achieve the participants' greater comfort. We decided

to use the Empatica Wristband E4 bracelet that includes (1) a PPG sensor, (2) a 3-axis accelerometer, (3) an EDA sensor (GSR sensor), and (4) an infrared thermopile.

3.3. Stage 3: IoT System Logic and Architecture Design

Stage 3 involves the design of the logical processes and architecture of the IoT system. While other authors [18] include only architectural elements (distribution of sensors, actuators, switches and gates) in the design, we propose to include system logic in the design consisting of an abstract representation of system data flows, input and output, and behavior. Figure 1 illustrates our IoT emotions system architecture. This architecture acts as a proxy between the “things” and the cloud.

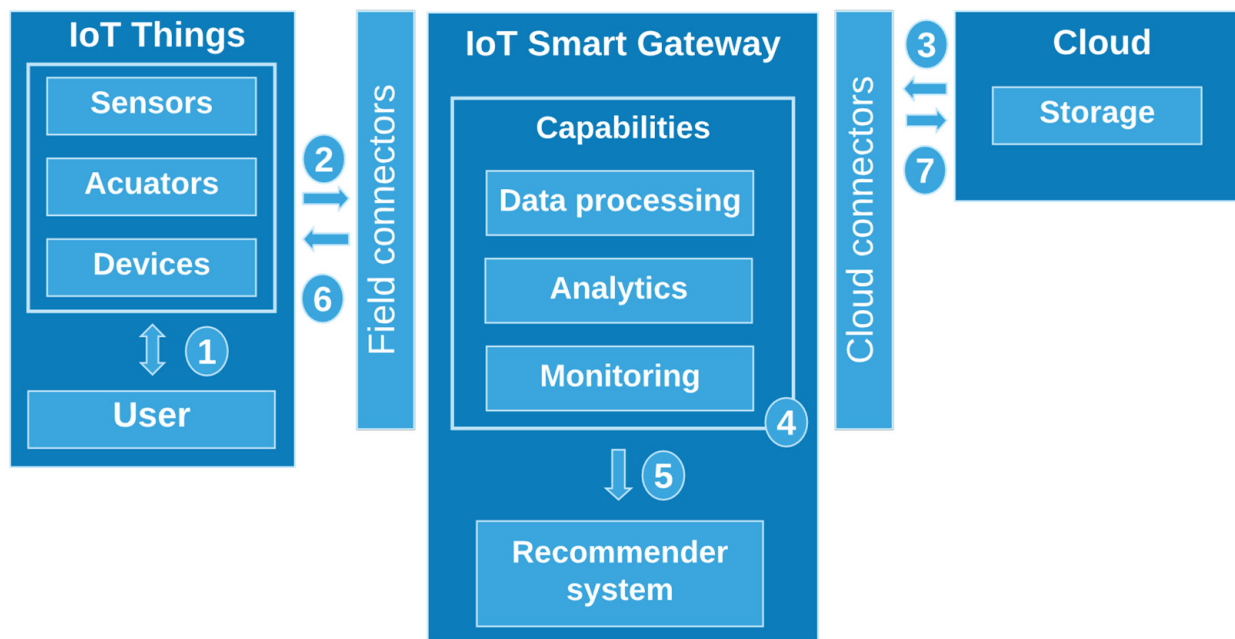


Figure 1. Proposed IoT architecture, with seven steps to follow.

The steps to perform are as follows: (1) The user interacts with the “things” as long as the system is running. (2) Since the sensors, actuators and devices are at the edge, they need to communicate with the smart gateway. The most common communication protocols that can be used are Bluetooth Low-Energy (BLE), Zigbee, Wi-Fi, and NFC. (3) The smart gateway receives data stored from the cloud if needed. (4) The data obtained from the sensors are processed. (5) The IoT system takes data from the smart gateway and the cloud and performs the processing. (6) The system receives the results of the performed analysis. (7) If necessary, data are stored in the cloud using the appropriate communication protocol. We use Bluetooth LE (smart) for our smart devices to communicate with our system, collecting data from user surveys. In addition, the system receives stored user data from the database via HTTP. In our proposed IoT system in Figure 2, we are trying to achieve low latency in the data processing, keeping the processing closer to the end-user’s application and device. In this way, the IoT smart gateway monitors data processing, eliminating many calls to the cloud. This design helps make real-time decisions, improving the user experience.

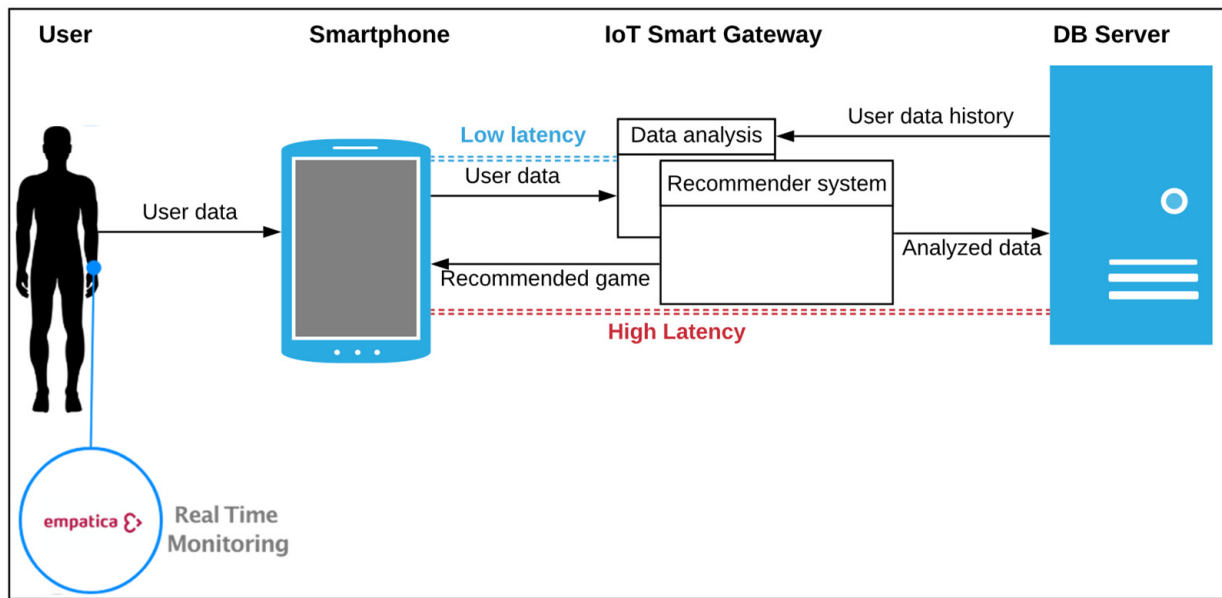


Figure 2. Proposed IoT system.

EmotIoT collects users' data (IoT and self-reported data) and the user's emotions. These data will be used to recommend new games to play. Participants need to reply to a questionnaire that collects users' data, their opinions about the games and their emotions while playing. Users answer five questions about the game (users' game data) at the end of each game. With these data, we know their thoughts and feelings about the games. Questions were selected from the Game Experience Questionnaire (GEQ) survey. The questions selected measure the following parameters (1—boredom) I felt bored, (2—abstraction) I forgot everything around me, (3—frustration) I felt frustrated, (4—enjoyment) I felt good /like to play, and (5—effort) I had to put a lot of effort into it. Users answer on a 5-level Likert scale, (a) not at all, (b) slightly, (c) moderately, (d) enough, and (e) extremely.

IoT devices also collect data from users automatically. This information is used in the next stage to check the relationship between both data sources: users' answers and data collected by IoT devices.

The goal of the proposed design is to generate flexible and adaptable IoT systems based on emotions.

3.4. Stage 4: Data Analysis

In this stage, the collected data are analyzed in order to establish how relationships with games affect users' emotions. We design specific algorithms for the data analysis. Predictions will be performed in the next stage. The algorithm analyzes which data relations result in a change in emotions, for better or worse, and the variety of actions that cause these changes.

EmotIoT continues collecting data while the user is playing a game, analyzing and processing these data. A smart algorithm oversees the selection of those data that characterize the user's state and predict his/her future emotions. The measurement of emotions is classified with the Affect Grid into two scales, Scale 1 and Scale 2. We divided Scale 1 into "high" and "low" emotion categories. For Scale 2, we added a new emotion category called "neutral". We use these categories for both arousal and valency starting from the top left to the bottom right, giving four areas in the grid for Scale 1 and nine areas for Scale 2. For Empatica parameters, we divide the data into three parts, based on the period when they are collected—(1) value 1 (from minute 0 to 4), (2) value 2 (from minute 5 to 7), and (3) value 3 (from minute 8 to 10)—for each HRV and EDA, thus pairing the data with the collection of emotion-related data that occur before, during, and after the user interacts

with the system. Hence, we reduce the number of inputs for the prediction system, due to the large amount of data collected through the IoT for HRV and EDA.

We also analyze users' data: age, gender, type of game (reasoning, memory, language, mobility), and data on the interaction process of users with the game data (boredom, abstraction, frustration, enjoyment, effort).

3.5. Stage 5: Data Prediction

In this stage, we need to decide what predictive models are to be used (e.g., Keras, Pytorch, TensorFlow, or Scikit-learn) to analyze the relationships between the system's specific performance and user data. The data analyzed are those obtained from the previous stage (emotions, activities, or other user data). Our system, as we explained in the previous stage, will split a large amount of data that we collect through IoT. In this way, we will store much less data, obtaining an improvement in data processing and time to make predictions. In our case, to design and train the neural network, we chose Scikit-learn (learning and model evaluation phases), which uses classification algorithms (determines to which category an object belongs), regression (associates constant value attributes to objects), and grouping (groups similar objects into sets). To predict future user emotions, we used a machine learning workflow [19]. This workflow is divided into four steps: data preparation, representation, learning, and evaluation of the used model.

Our model aims to evaluate the probability that similar data units in different samples will show a specific performance. The model assesses which data are related in order to predict decisions involving the user's future activities. The greater the accuracy of the model, the greater the relevance of the IoT recommender system.

3.6. Stage 6: IoT System

In the last stage, we need to design the algorithm that allows the IoT system to recommend or adapt itself (redefine activities or IoT actions) to achieve user goals. In our case, the system will recommend a new game if the "emotions flow" does not match the final desired emotion. A new game proposal is established once previous prediction results are assessed. In this way, the game that has the highest probability of achieving the final desired state is selected. Once the new activity has been proposed, the user will begin a new interaction process with the newly selected game.

Before the release of the recommender system, an assessment is carried out to ensure a good level of accuracy. If the system does not achieve reasonable accuracy, it will be necessary to redesign the proposed algorithm. An iterative process for all stages must be executed until the required accuracy is achieved.

First, we need to devise several experiments in which we use the parameters of the system and that will serve to add them to the algorithm.

- Experiment 1 (Game prediction): The system will be able to predict what game to select to achieve a user's final emotion based on the following data: (1) gender, (2) age, (3) user's initial emotion, and (4) final desired emotion.
- Experiment 2 (Final emotion prediction): The system will be able to predict the final emotion a user will achieve based on the following data: (1) initial emotion, (2) reasoning, (3) memory, (4) language, (5) mobility.
- Experiment 3 (Game score prediction): The system will be able to calculate a prediction value in a user's "emotional game score" for the following parameters: (1) boredom, (2) abstraction, (3) frustration, (4) enjoyment, and (5) effort, based on the following data: (1) HRV1, (2) HRV2, (3) HRV3, (4) EDA1, (5) EDA2, (6) EDA3, (7) reasoning, (8) memory, (9) language and (10) mobility.

Figure 3 shows our proposed recommendation algorithm. Initially, EmotIoT first asks the user about the emotion they want to achieve, and then their current emotional state. Next, the system will recommend a new game at the beginning of the interaction. Experiment 1 obtains data from the database and the user, then uses the current and historical data to recommend that game.

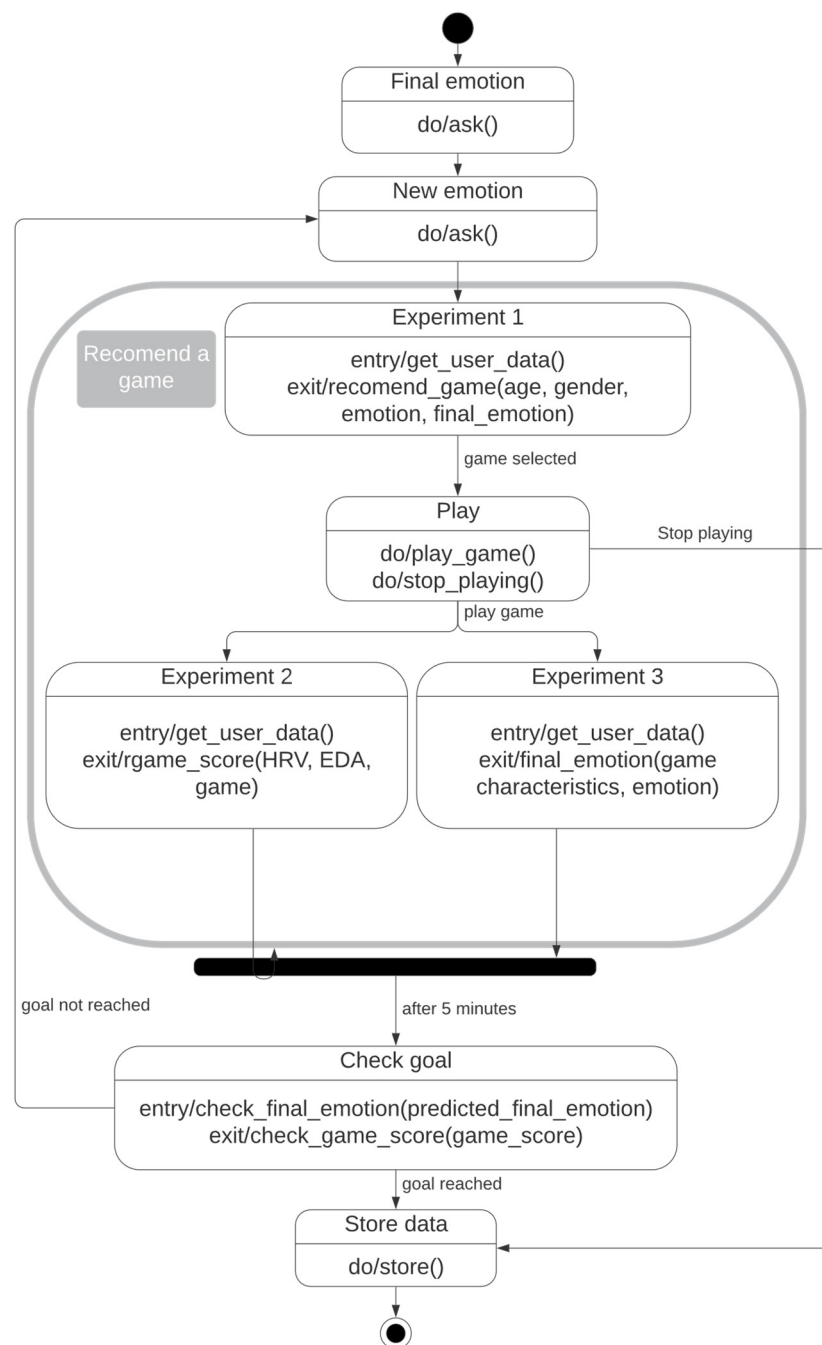


Figure 3. Recommender algorithm.

Thereafter, while EmotIoT continues to record data from the IoT device, the user plays the recommended game. The system performs two experiments, 2 and 3, both of which make predictions based on the data collected during the process while the user is playing the game. In experiment 2, we collect the data from the smart band (HRV and EDA) and game characteristic data from the game the user is playing. With these data, we calculate an “emotional game score”, which classifies the different emotions by calculating the user’s state by considering the following criteria: boredom, abstraction, frustration, enjoyment, and the effort that the user must provide. With experiment 3, we are able to estimate a user’s current emotion and their future final emotion using historical data, according to game characteristics.

With experiment 3, we are able to estimate the user’s final emotion using historical data, according to the user’s current emotion and the game feature data. In this way, by

joining the two experiments' results, we can compare it with the desired final emotion. If the expected result is given, we save the data and finalize the system. In case the result is not satisfactory, we save the data to improve the future prediction of the game and ask the user again how he/she feels at that moment to repeat the whole process again.

The more data we collect for experiment 1, the more the results will be adjusted and the more accurate it will become, as it will learn over time.

This process will be repeated until the user reaches the desired final emotion or decides to quit the game and stop playing, e.g., due to fatigue.

In the following, we present the interfaces of the prototypes designed. Initially, the system asks the user about his/her current emotional state (Figure 4a) and the emotion he/she wants to achieve (Figure 4b). Currently, the system will propose a game based on the data previously collected by other users (Figure 5a), allowing the user to stop at any time (boredom, tiredness, among others). Further, they can start the game until reaching the desired final emotion, or the system changes the game. The system will collect informational and physiological data from the user interacting with the game. All of the collected parameters are stored in a database on which the recommendation algorithm will work to recommend new games to users. With these data, we calculate an "emotional score of the game" in which we will classify the different emotions of the user through their evolution in two axes: energetic (related to their energy) and positive (regarding their attitude). This score will let us know if the user is progressing correctly towards the desired final state. Once the game time of the current game is over, the system proposes to the user to continue or change the game based on the estimated final mood. When the user reaches the final state, the user will be asked again about his/her current state (Figure 5b), so that these data can be added to better estimate the recommended games for future users.

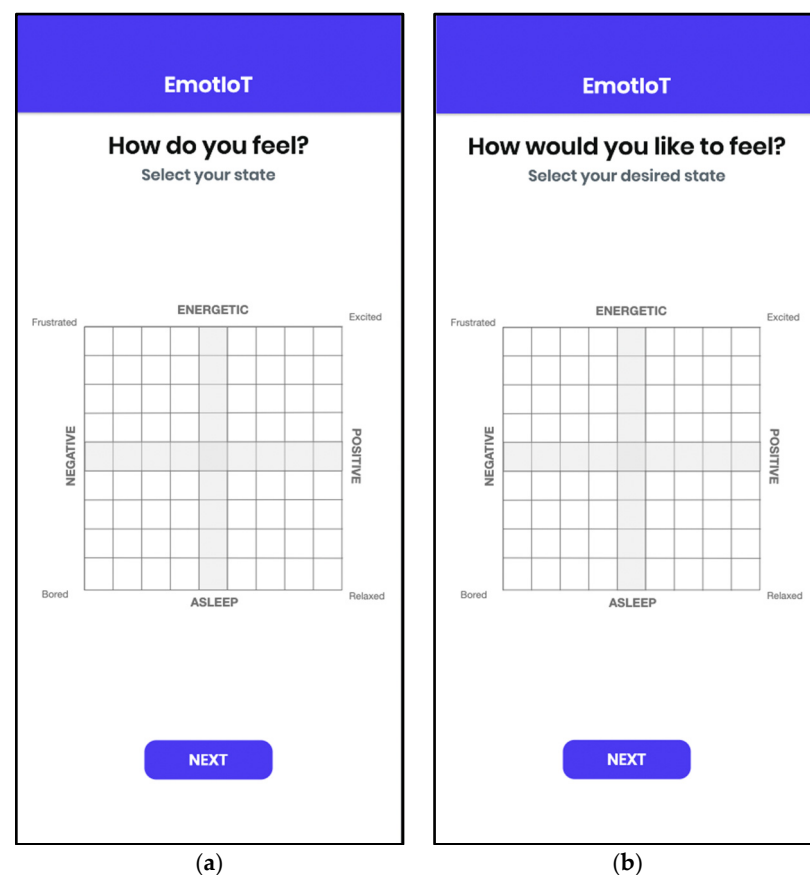


Figure 4. Initial screens for obtaining the initial emotion (a) and the desired emotion (b).

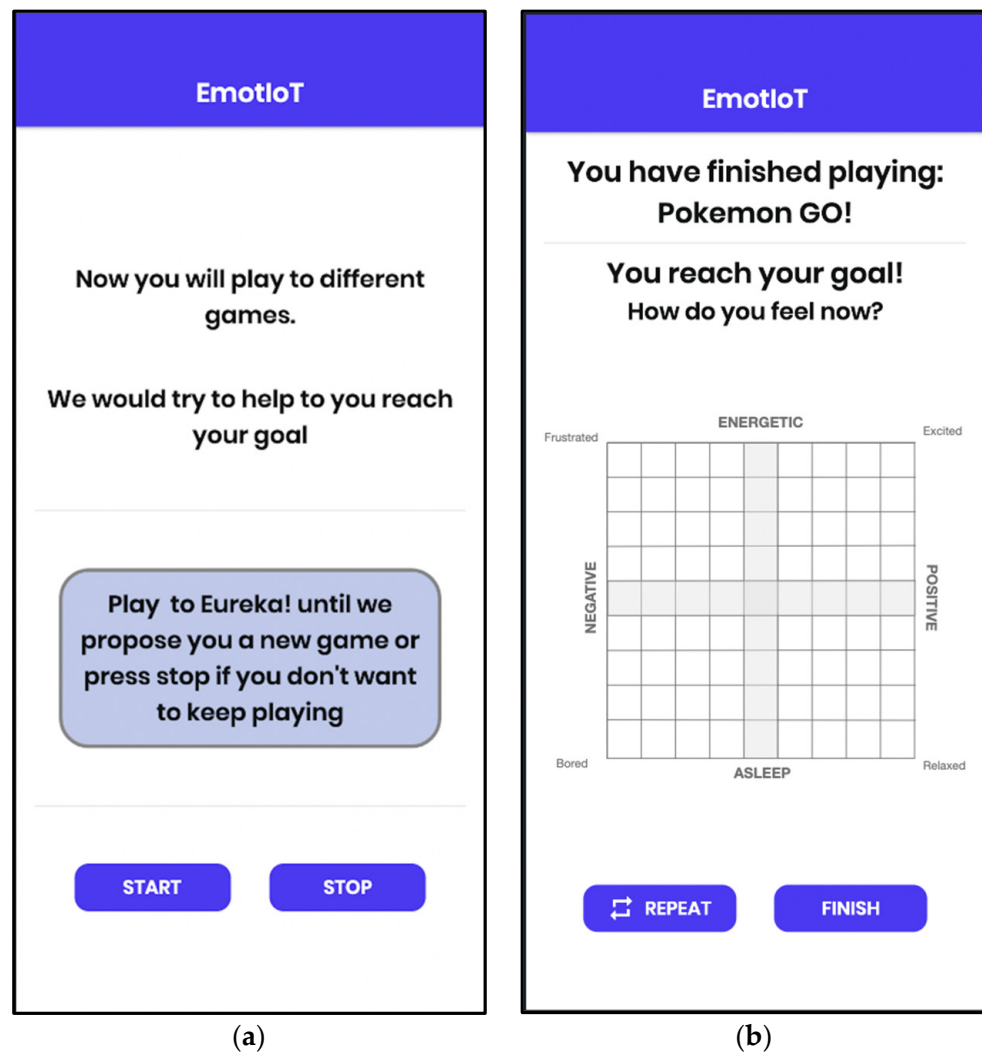


Figure 5. Screens to (a) tell the player what to play the first time, and (b) target range check screen.

4. Results and Discussion

We carried out a test with a group of 18 people of different ages and gender. Three games were selected to perform the experiments: (a) Eureka! (reasoning, memory, and language), (b) Candy Crush (reasoning and memory) and (c) Pokemon Go (mobility).

4.1. Empatica E4 Data

We registered both IoT data and manual user data. Figures 6 and 7 show the average HRV and EDA of all participants, and we could observe the data from the three games users played during the same time range. We used the data patterns in our recommender system to predict the final emotions of the users. Therefore, we concluded that HRV and EDA were the data we would use in our recommender system. Furthermore, they were the data that showed the most variability in the user while playing different games. Thus, these data can give us better results in predicting the games for the recommender system.

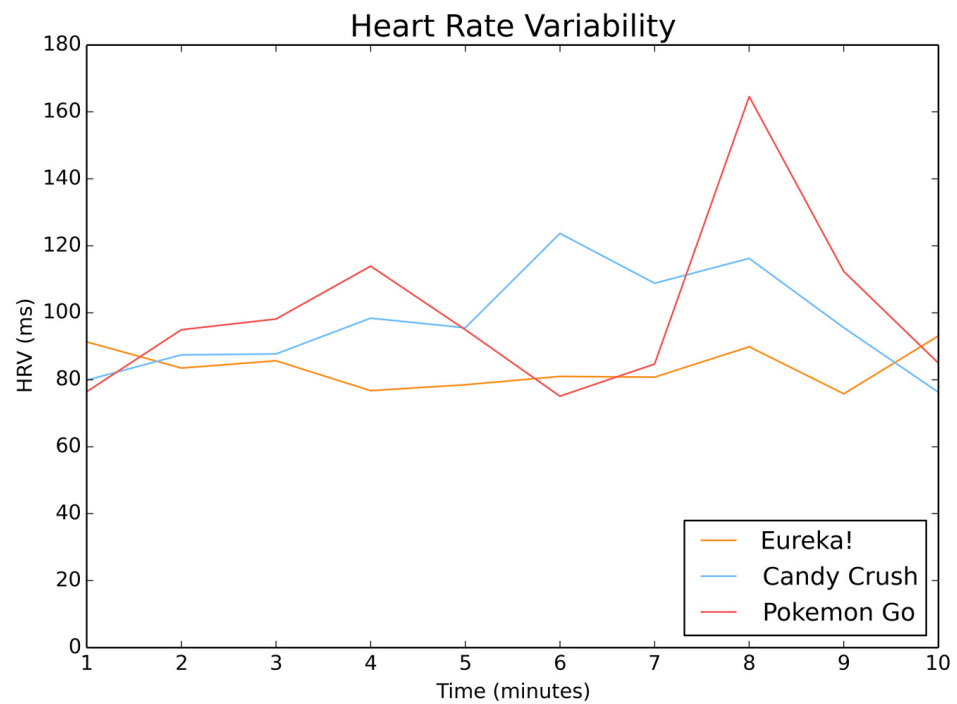


Figure 6. Relation of three games with the HRV.

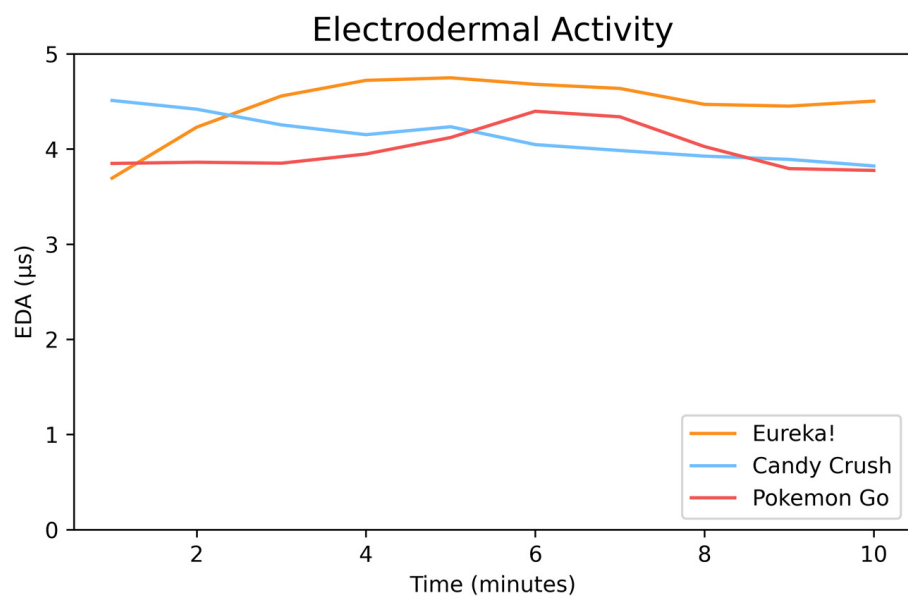


Figure 7. Relation of the three games with the EDA.

4.2. Emotion Data

In Figures 8–10, we performed classifications concerning the arousal and valence of the emotions provided by the users, where we showed the number of users in each arousal/valence pair in each position of the grid, for the previous, during and final states while playing the three games analyzed. We could observe the evolution of users' emotions increasing from the beginning to the end of a game. For example, if we look at the grids from 8–8 to 9–9, when the users started playing, there were 11 users with those emotions, and while the users were playing, they increased to 22 users. Finally, 21 users remained in that high range of emotions (from 8–8 to 9–9). We observed that the excitement and valence of 11 users rose, and in the end, 10 remained in that range.

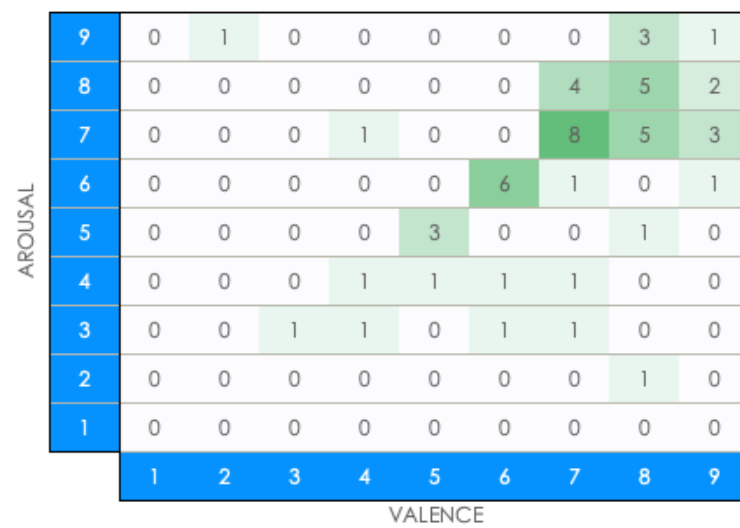


Figure 8. Moods when starting to play.

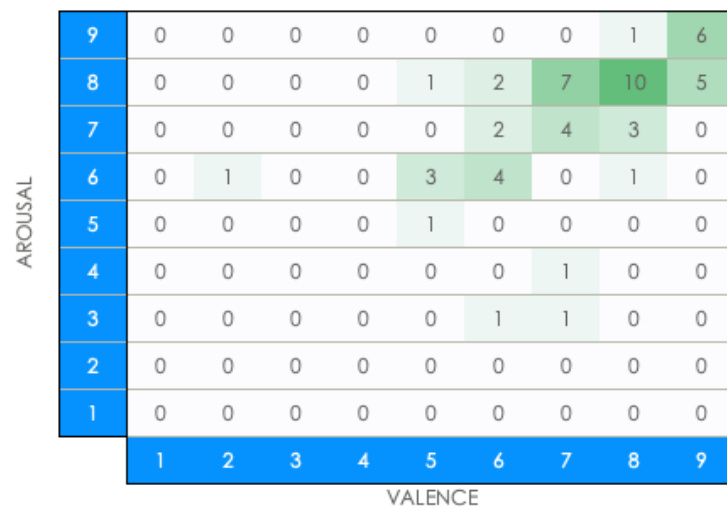


Figure 9. Moods while playing.

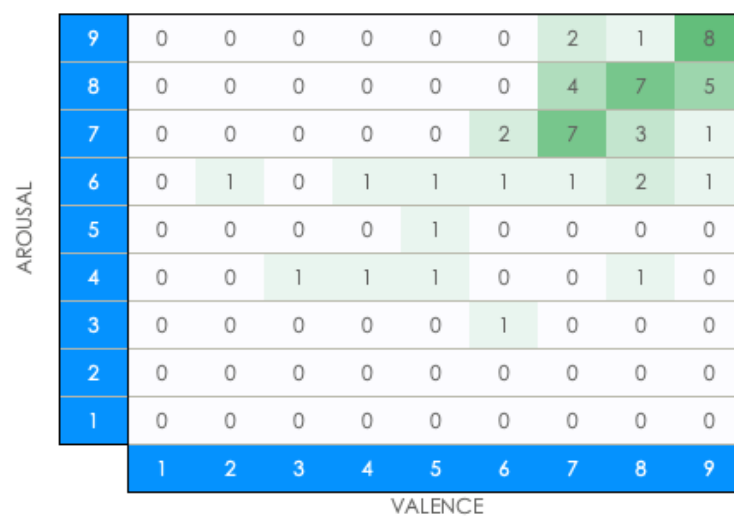


Figure 10. Moods at the end of the game.

If we analyze the concrete evolution in the mood of an individual user (Figure 11) we can observe how his/her condition has changed significantly with respect to the initial state.

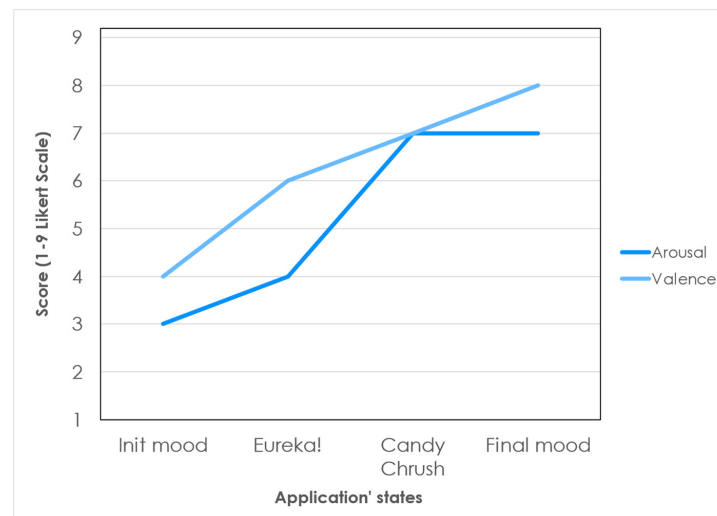


Figure 11. Chart of an individual case in the evolution of mood.

4.3. Experiments on Prediction Accuracy

After thoroughly analyzing the data collected by the Empatica wristband, our algorithm concluded that HR and temperature did not provide relevant information for EmotIoT. In contrast, HRV and EDA enabled EmotIoT to identify user emotions and emotional changes. We noticed that HRV had significant variability, while EDA was more stable, except with Pokemon Go. When the participants played Pokemon Go, we found that the HRV measurements were more variable than those of EDA.

We performed the three experiments as described in Stage 6 and evaluated the data sets using three different classification methods: support vector machines (SVC), k-nearest neighbors (KNN), and decision trees. The model was trained and validated with the collected data using cross-validation from the experiment and was integrated into the recommendation algorithm. In the decision tree, we used six depth values to avoid data noise or other anomalies.

Figure 12 shows the results of these experiments with each of the outputs to check their precision.

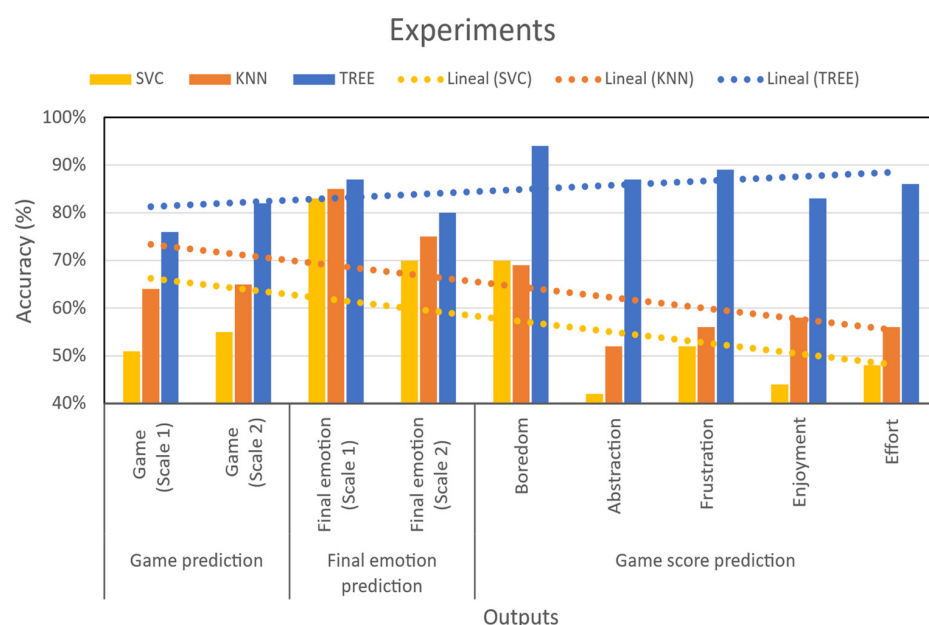


Figure 12. Results of the different types of machine learning classification used in the experiments.

With these results, we found that the SVC and KNN classification algorithms had lower accuracy than tree algorithms, especially when we wanted to predict boredom, abstraction, frustration, enjoyment, and effort. All of our results (except for game prediction-Scale 1) used six depth decision trees with accuracy greater than 80%. In the case of EmotIoT, the algorithm selected was the “tree algorithm model” using Scale 2, as this worked best in predicting emotions.

5. Conclusions

This paper presents an IoT recommendation system based on user emotions. The proposal establishes key requirements that should be considered during the development lifecycle of an IoT application when considering emotions. These included IoT data for analytics, devices, physiological registers, affect grid scale, and more. Algorithms were designed and needed to evaluate efficiency, accuracy, and required goals. In this paper, we presented an IoT recommendation system developed following six stages towards analyzing user state and human emotional response.

The key findings of the work revealed that the prediction of emotions will help to find better IoT systems to improve users’ wellbeing and that it is possible to change those emotions. The Recommender System can be included in other applications to suggest changes in user activities for a better user experience related to their desired emotions.

Moreover, we tested our EmotIoT system, a specific system based on games to modify the user’s emotions. This system recommends activity changes if needed to reach a final user emotion. EmotIoT uses both the data obtained from the IoT environment and data manually introduced by the user. As a result, the system achieved over 80% accuracy in predicting emotions when suggesting new activities.

6. Future Research

In future research, we plan to work on other scenarios to develop specific systems for smart cities. For example, we plan to develop systems addressing the wellbeing of senior citizens. Staying emotionally healthy can help elderly people stave off depression and other health issues that come with aging. To boost their emotional health, they need to make healthy lifestyle choices. The recommender system will analyze the emotional state of the elderly in their daily lives. Anticipating future emotions, we will be able to propose correct choices for their activities. Recognizing their emotions, discerning feelings and labeling them correctly will help guide them to adjust their emotions and their thinking and behavior both on their own and with others. An application centered on emotional intelligence regulation will help them to enjoy improved mental health.

This type of system can also help young people in their job performance and improve leadership skills, connecting with personal experiences and improving empathy. Emotional intelligence is linked to higher job satisfaction and is associated with job performance and self-efficacy. These systems will help handle stress, anxiety sources, and other signs of low emotional state, thus helping to improve the work environment, workflows and social collaboration.

Our system could also be applied to regulate children’s emotions. A child’s capacity to regulate their emotions affects their family and peers, academic performance, long-term mental health, and ability to thrive in a complex world. Learning to self-regulate emotions is a key milestone in child development, the foundations of which are laid in the earliest years of life. Children who can inhibit impulses (often driven by emotions) and avoid distractions can engage in more pro-social behaviors and accomplish their goals. These types of systems, therefore, could be crucial in regulating children’s emotions.

Another example where the system could be useful is in educational environments. Emotional experiences, frustration, anxiety, engagement, or other emotional states are critical in academic settings. Our proposal could help design effective educational systems that provide the best environment conducive to learning in “live” or “virtual” scenarios. The system would propose adaptations in activities, exercises, homework, deadlines,

examinations, or even breaks and rewards depending on the current and “future” emotional state of users. Different emotional states can be associated with topographically distinct and culturally universal body sensations and could even be related to a biomarker for emotional disorders. These factors could also be analyzed in the proposed system.

In the field of health, the system could be used to estimate which emotions generate certain pains or diseases. Additionally, we could analyze how nutrition influences health, mood, fatigue, or energy, or how poor emotional health influences an individual’s immune system, diet, or job performance. The recommender system could be used to propose new ways of behaving.

In conclusion, we can say that our proposal can be applied in a wide range of fields, and specifically in all areas of smart cities where emotions affect users.

Author Contributions: Conceptualization, J.N.-A. and R.L.; methodology, J.N.-A. and R.L.; software, J.N.-A.; validation, R.L., I.G.-M. and J.L.; formal analysis, R.L.; investigation, J.N.-A. and R.L.; data curation, J.N.-A. and R.L.; writing—original draft preparation, J.N.-A.; writing—review and editing, R.L., I.G.-M. and J.L.; visualization, J.N.-A. and R.L.; supervision, R.L., I.G.-M. and J.L.; project administration, R.L. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was partly funded by the Spanish Science, Innovation and Universities Ministry (MCIU), the National Research Agency (AEI) and the EU (FEDER) through the contract RTI2018-096986-B-C31, the MCIU with project TIN2017-88327-R, CYTED (“Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo”) with grant 518RT0558, and by the Aragonese Government and the EU through the FEDER 2014-2020 “Construyendo Europa desde Aragón” action (Group T25_17D).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Dzedzickis, A.; Kaklauskas, A.; Bucinskas, V. Human emotion recognition: Review of sensors and methods. *Sensors* **2020**, *20*, 592. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Lu, W.; Si, P.; Huang, G.; Han, H.; Qian, L.; Zhao, N.; Gong, Y. SWIPT cooperative spectrum sharing for 6G-enabled cognitive IoT network. *IEEE Internet Things J.* **2020**, *8*, 15070–15080. [[CrossRef](#)]
3. Deepika Mathuvanthi, P.; Suresh, V.; Pradeep, C. IoT powered wearable to assist individuals facing depression symptoms. *Int. Res. J. Eng. Technol.* **2019**, *6*, 1676–1681.
4. Lacuesta, R.; Garcia, L.; García-Magariño, I.; Lloret, J. System to recommend the best place to live based on wellness state of the user employing the heart rate variability. *IEEE Access* **2017**, *5*, 10594–10604. [[CrossRef](#)]
5. Veeranki, Y.R.; Ganapathy, N.; Swaminathan, R. Non-Parametric Classifiers Based Emotion Classification Using Electrodermal Activity and Modified Hjorth Features. *Stud. Health Technol. Inform.* **2021**, *281*, 163–167. [[PubMed](#)]
6. González-Landero, F.; García-Magariño, I.; Lacuesta, R.; Lloret, J. Green communication for tracking heart rate with smartbands. *Sensors* **2018**, *18*, 2652. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Skouby, K.E.; Lynggaard, P. Smart home and smart city solutions enabled by 5G, IoT, AAI and CoT services. In Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), Mysore, India, 27–29 November 2014; pp. 874–878.
8. Pal, S.; Mukhopadhyay, S.; Suryadevara, N. Development and Progress in Sensors and Technologies for Human Emotion Recognition. *Sensors* **2021**, *21*, 5554. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Garcia-Ceja, E.; Riegler, M.; Nordgreen, T.; Jakobsen, P.; Oedegaard, K.J.; Tørresen, J. Mental health monitoring with multimodal sensing and machine learning: A survey. *Pervasive Mob. Comput.* **2018**, *51*, 1–26. [[CrossRef](#)]
10. Al Bassam, N.; Hussain, S.A.; Al Qaraghuli, A.; Khan, J.; Sumesh, E.P.; Lavanya, V. IoT based wearable device to monitor the signs of quarantined remote patients of COVID-19. *Inform. Med. Unlocked* **2021**, *24*, 100588. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Yang, K.; Kim, J.; Min, J.; Hernandez-Calderon, A. Effects of retailers’ service quality and legitimacy on behavioral intention: The role of emotions during COVID-19. *Serv. Ind. J.* **2021**, *41*, 84–106. [[CrossRef](#)]
12. Horesh, D.; Milstein, N.; Tomashin, A.; Mayo, O.; Gordon, I. Pre-pandemic electrodermal activity predicts current COVID-related fears: Household size during lockdown as a moderating factor. *Stress* **2021**, 1–8. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Javed, N.; Muralidhara, B.L. Emotions During COVID-19: LSTM Models for Emotion Detection in Tweets. In Proceedings of the 2nd International Conference on Recent Trends in Machine Learning, IoT, Smart Cities and Applications, Hyderabad, India, 28–29 March 2021; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2022; pp. 133–148.

14. LiKamWa, R.; Liu, Y.; Lane, N.D.; Zhong, L. Can your smartphone infer your mood. In Proceedings of the PhoneSense Workshop, Seattle, WA, USA, 1–5 November 2011; pp. 1–5.
15. Lane, N.D.; Mohammad, M.; Lin, M.; Yang, X.; Lu, H.; Ali, S.; Doryab, A.; Berke, E.; Choudhury, T.; Campbell, A. Bewell: A smartphone application to monitor, model and promote wellbeing. In Proceedings of the 5th International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, Dublin, Ireland, 23–26 May 2011; Volume 10.
16. Navarro-Alamán, J.; Lacuesta, R.; Garcia-Magariño, I.; Gallardo, J. A methodology for the design and development of gamified mobile apps for monitoring cancer survivors. *J. Biomed. Inform.* **2020**, *106*, 103439. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Russell, J.A.; Weiss, A.; Mendelsohn, G.A. Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal. *J. Pers. Soc. Psychol.* **1989**, *57*, 493. [[CrossRef](#)]
18. Vlachogianni, P.; Tselios, N. Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS): A systematic review. *J. Res. Technol. Educ.* **2021**, 1–18. [[CrossRef](#)]
19. Serra, J.; Sanabria-Russo, L.; Pubill, D.; Verikoukis, C. Scalable and flexible IoT data analytics: When machine learning meets SDN and virtualization. In Proceedings of the 2018 IEEE 23rd International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD), Barcelona, Spain, 17–19 September 2018; pp. 1–6.

5.4 Una propuesta de caracterización inicial de mayores para el desarrollo de interfaces adaptativas

Cita completa:

Navarro-Alamán, J., Gilaberte, R. L., & Bagdasari, E. C. (2021). Una propuesta de caracterización inicial de mayores para el desarrollo de interfaces adaptativas. Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO), 2(2), 34-41.

Abstract:

En el diseño de interfaces para personas mayores la adaptación de estas a las características físicas y cognitivas de los usuarios es un factor importante a la hora de asegurar su facilidad de uso y puede ser determinante a la hora de fomentar su adherencia en el contexto de las aplicaciones de m-health. Este artículo propone un sistema para la personalización de interfaces móviles para mayores basado en la realización de una serie de test sencillos que permiten caracterizar a los usuarios y llevar a cabo una adaptación automática de la interfaz. Para la selección de los parámetros se ha partido de las recomendaciones de las WCAG. Se ha llevado a cabo una prueba piloto con usuarios para valorar el proceso inicial de personalización con resultados satisfactorios.

Una propuesta de caracterización inicial de mayores para el desarrollo de interfaces adaptativas

A proposal for the initial characterization of the elderly to develop adaptive interfaces

Javier Navarro-Alamán

Dpto. de Informática e Ingeniería de
Sistemas, EUPT/Universidad de
Zaragoza

Teruel, España

jnavarroa@unizar.es

Raquel Lacuesta

Dpto. de Informática e Ingeniería de
Sistemas, EUPT/Universidad de
Zaragoza

Teruel, España

lacuesta@unizar.es

Eva Cerezo

Dpto. de Informática e Ingeniería de
Sistemas, EINA/Universidad de Zaragoza
Zaragoza, España

ecerezo@unizar.es

Recibido: 28.10.2021 | Aceptado: 16.12.2021

Palabras Clave

Interfaces adaptativas
Personalización
Personas mayores
M-health

Resumen

En el diseño de interfaces para personas mayores la adaptación de estas a las características físicas y cognitivas de los usuarios es un factor importante a la hora de asegurar su facilidad de uso y puede ser determinante a la hora de fomentar su adherencia en el contexto de las aplicaciones de m-health. Este artículo propone un sistema para la personalización de interfaces móviles para mayores basado en la realización de una serie de test sencillos que permiten caracterizar a los usuarios y llevar a cabo una adaptación automática de la interfaz. Para la selección de los parámetros se ha partido de las recomendaciones de las WCAG. Se ha llevado a cabo una prueba piloto con usuarios para valorar el proceso inicial de personalización con resultados satisfactorios.

Keywords

Adaptive interfaces
Personalization
Elderly
M-health

Abstract

In the design of interfaces for older people, the adaptation of these to the physical and cognitive characteristics of the users is an important factor when it comes to ensuring their ease of use and can be decisive when it comes to promoting their adherence in the context of m-health applications. This article proposes a system for the customization of mobile interfaces for the elderly based on the realization of a series of simple tests that allow to characterize the users and carry out an automatic adaptation of the interface. For the selection of the parameters, we have started from the recommendations of the WCAG. A pilot test has been carried out with users to assess the initial characterization process with satisfactory results.

1. Introducción

Según los estudios de Naciones Unidas, la población mundial está envejeciendo. Para 2050, una de cada 6 personas en el mundo tendrá más de 65 años (16%), más que la proporción de una de cada 11 en 2019 (9%). Como se ve, las personas mayores representan un segmento de mercado en aumento. Sin embargo, actualmente esta población presenta dificultades en el acceso y uso de las tecnologías digitales, estando en general poco acostumbrados a su uso y resultándoles complejo incluso la realización de tareas sencillas para el resto de la población. La brecha digital existente provoca la desmotivación hacia el uso de la tecnología por este sector de la población (Hong *et al.*, 2016; Gonzales *et al.*, 2015). Ante esa situación van surgiendo guías y recomendaciones (Costa, 2013) a la hora diseñar interfaces para este colectivo. Este tipo de recomendaciones generales son de gran utilidad para mejorar de forma significativa la usabilidad y accesibilidad de las aplicaciones. Sin embargo, en este segmento de edad las diferencias individuales incluso entre individuos de la misma edad, pueden ser muy significativas. En el ámbito sanitario la población mayor de 65 años se clasifica en 3 tipos según su capacidad funcional: población autónoma, población frágil (independientes, pero con incipiente pérdida de función y alta probabilidad de deterioro) y población dependiente. Actualmente se está poniendo el foco en el colectivo de mayores frágiles para los que las aplicaciones de m-health pueden ser de gran ayuda para el mantenimiento de su independencia. Sin embargo, su propia característica de fragilidad hace imprescindible una adecuada personalización de las interfaces para asegurar el uso y adherencia a las aplicaciones.

La personalización de las interfaces es un medio eficaz para adaptarse a las diferencias entre individuos, consiguiendo mejorar la usabilidad y accesibilidad de los sistemas interactivos. Una interfaz personalizada puede ayudar a mejorar la eficacia de un usuario realizando acciones asociadas a tareas que se repiten día a día, cambiando la apariencia de la interfaz para que se adapte mejor a sus limitaciones y capacidades, ofreciendo asesoramiento sobre las tareas que se están realizando e incluso mediando en la interacción de un usuario a través del análisis de su estado físico y emocional (Arazy *et al.*, 2015). Dentro de los tipos de personalización existentes debemos distinguir entre tres tipos (Yigitbas *et al.*, 2014): (1) Adaptable (Manual) en el que el usuario es capaz de cambiar la interfaz, pero de manera que solo él decide los cambios, (2) Adaptativa (semi-automática) en el que sistema puede identificar a los usuarios y apoyarlos con sugerencias, puede detectar si un usuario tiene dificultades para alcanzar su objetivo, y (3) Auto-adaptativa (automática) donde se cambian automáticamente algunas

partes o incluso toda la interfaz de usuario. El trabajo presentado en este artículo sigue el enfoque adaptativo (semi-automático). En particular, se presenta una herramienta que permite, a través de un test sencillo, caracterizar a los usuarios y determinar las opciones de personalización para la posterior adaptación de la aplicación objetivo. Para la elección de los parámetros se han estudiado las recomendaciones de accesibilidad para mayores de la W3C. Los parámetros son: tamaño de letra, contraste, tamaño y alineación de botones, color, tema y volumen.

El artículo se ha estructurado de la siguiente forma: primero se hace un repaso de trabajos relacionados con la personalización de interfaces (sección 2); a continuación (sección 3), se presenta el sistema propuesto poniendo el foco en el test inicial de caracterización del usuario mayor. En la sección 4 se presenta un test piloto con usuarios para la valoración del proceso de caracterización. Por último, en la sección 5, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Interfaces personalizables: estado del arte

A nivel de personalización de la interfaz, son varios los autores que han trabajado en aproximaciones adaptables o manuales. En el estudio de Hitz *et al.* (2017) se presenta una notación propia (OWL/Turtle notation) para descripciones específicas de los aspectos de la interfaz. Mediante esas anotaciones se genera automáticamente una interfaz personalizada. Otro ejemplo de este tipo de herramientas para mejorar la usabilidad y adaptación es la presentada por Zhang *et al.* (2017). Los autores proponen un estudio basado modelos con el objetivo de mejorar la usabilidad y adaptación de sistemas de información complejos (CIS). El mapeo entre diagramas de casos de uso, diagramas de tareas y modelos de funciones permite la selección automática de una interfaz de usuario abstracta y el desarrollo de una interfaz de usuario concreta para cada trabajo. El método utilizado permite a los usuarios seleccionar las funciones deseadas de un proveedor para personalizar una interfaz.

Dentro de las herramientas adaptativas o semi-automáticas se presentan varias líneas de investigación. En el estudio de Khriyenko *et al.* (2015) se presenta una herramienta de personalización de la interfaz de usuario a nivel semántico impulsado por el perfil de usuario semántico personal y la combinación de módulos reutilizables de visualización adaptativa. Otro aspecto importante es la adaptación al dispositivo (responsive). En esta línea Laine *et al.* (2021) proponen un nuevo marco web avanzado para generar una interfaz de usuario que se adapte automáticamente al dispositivo, pero también al usuario (personalizadas). Utilizan técnicas de optimización de forma que, a partir de una serie

de objetivos de optimización, de restricciones y de las interacciones del usuario genera diseños personalizados y adaptados al dispositivo. Yigitbas *et al.* (2014) explican que, en las interfaces de usuario adaptativas, el usuario puede personalizar o individualizar la interfaz de usuario adaptando el diseño o adaptando la navegación, siempre de forma manual. En cooperación con un socio industrial, estos autores desarrollan una nueva metodología para un desarrollo basado en modelos de interfaz de usuario para sistemas de autoservicio distribuido, teniendo en cuenta aspectos de adaptación e integración dentro del modelo de desarrollo. Por otro lado, Lim *et al.* (2018) proponen un sistema UI / UX inteligente para adultos mayores llamado SmartSenior, que se basa en aprendizaje semi-supervisado para llevar a cabo adaptaciones automáticas de la interfaz. El sistema evalúa inicialmente (Ji *et al.*, 2017) la capacidad cognitiva, produciendo el primer perfil y luego modifica el perfil según sus acciones.

Finalmente, a nivel de desarrollo de aplicaciones auto-adaptativas o automáticas podemos encontrar varios trabajos. Park *et al.* (2016) diseñan un sistema que utiliza un modelo de avatar que se adapta a los usuarios. En Yigitbas *et al.* (2017) los autores presentan un entorno de desarrollo integrado (IDE), llamado Adapt-UI, para el desarrollo de interfaces de usuario autoadaptables. De esta forma, la interfaz de usuario se adaptará automáticamente en función de los cambios en el contexto de uso. En el estudio de Feit *et al.* (2020) se propone un enfoque para detectar la relevancia de la información durante la toma de decisiones a partir de los movimientos oculares para permitir la adaptación de la interfaz de usuario. En Rendely *et al.* (2021) los autores proponen que se cambie la interfaz de usuario, si los usuarios dan permiso para ello, a partir de los datos analíticos obtenidos durante su interacción. Por medio de un modelo de inteligencia artificial el usuario recibe una nueva interfaz adaptada a dichos datos.

3. Diseño de interfaces adaptativas para mayores

Una vez constatada la necesidad de adaptación de las interfaces para el colectivo de mayores, y estudiado las alternativas, en el marco del desarrollo de aplicaciones de m-health para mayores frágiles, se está diseñado un sistema que permita la adaptación semiautomática de la interfaz de las aplicaciones. Para ello, a partir de una caracterización inicial que permita establecer un perfil para el usuario se llevará a cabo la adaptación inicial de la interfaz. El perfil del usuario se enriquecerá mediante la toma de parámetros de uso de la aplicación por parte del usuario, lo que permitirá la continua adaptación de la interfaz al mismo. El trabajo presentado en

este artículo se centra en la creación del perfil inicial a partir de un test de caracterización del usuario. A continuación, se detalla dicho test.

3.1 Selección de parámetros: accesibilidad

Las personas mayores cuentan con limitaciones asociadas a la edad que interfieren en el uso de sistemas interactivos. Entre estos factores se encuentran limitaciones visuales, físicas y cognitivas. Entre las limitaciones visuales se encuentran la reducción de la sensibilidad al contraste, percepción del color y enfoque, lo que en ocasiones puede dificultar la lectura de contenido visual. Respecto a las limitaciones físicas se encuentran la destreza reducida y el menor control de la motricidad fina, dificultando la interacción táctil con objetos pequeños o el uso de periféricos; además, la limitación auditiva les dificulta escuchar sonidos de tonos altos. Además, respecto a su capacidad cognitiva suelen tener reducida la memoria a corto plazo, dificultando la concentración y potenciando la distracción, lo que dificulta completar tareas en línea o la navegación por el sistema. El proyecto WAI-AGE, financiado por la Comisión Europea, investigó las necesidades de los usuarios web de mayor edad y la superposición con la accesibilidad web para personas con discapacidad. Los resultados de la investigación, y el trabajo posterior, determinaron los estándares de accesibilidad internacionales existentes de la Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) del W3C que abordan la mayoría de las necesidades de los usuarios mayores (Initiative, 2021). Así, las pautas sobre accesibilidad de contenido web (WCAG) se han convertido en la base para el desarrollo de aplicaciones accesibles orientadas a personas mayores. Las pautas se basan en cuatro principios de accesibilidad web: perceptible, operable, comprensible y robusto. Nuestro trabajo se ha centrado en los aspectos relativos a información perceptible e interfaz de usuario (tamaño del texto, estilo de texto y diseño de texto, color y contraste, multimedia) y a interfaz de usuario operable (enlaces, navegación y ubicación, uso del ratón o del teclado y tabulación). En este artículo nos centramos en el análisis de modelos de adaptación de interfaz de usuario/experiencia de usuario para personas mayores teniendo en cuenta sus principales limitaciones frente a otros estudios que trabajan con usuarios generales. Las recomendaciones presentadas en las pautas analizadas en el WCAG se han utilizado de base para establecer los mínimos contrastes recomendados para personas mayores, por ejemplo, tienen que tener una ratio de contraste mínimo de 7:1. De la misma forma, se han seleccionado tamaños mínimos de letra recomendados para dicho colectivo, por ejemplo, el tamaño mínimo recomendado en este caso son 18 puntos si no es negrita y 14 puntos si es negrita.

En la Tabla 1 se presentan en concreto los parámetros seleccionados para la adaptación de la interfaz, relacionándolos con la prueba del test inicial en la que se van a determinar y el requisito en el que están basados.

3.2 Diseño de las pruebas

El test inicial consta de cuatro pruebas. Para su diseño se partió de la propuesta de Ji et al. (2017), adaptándola a los parámetros elegidos, lo que supuso la eliminación de alguna prueba y la adición de una de audio, inexistente en dicho trabajo.

A continuación se detallan las pruebas indicando, para cada una de ellas, el parámetro o parámetros que permiten establecer y los valores posibles de los mismos.

Tabla 1: Parámetros para la personalización de la interfaz basados en las pautas de accesibilidad de la WCAG 2.0

Requisitos WCAG 2.0	Parámetros	Prueba
1.4.4 (Resize text)	Tamaño mínimo de letra	Prueba visual
1.4.1 (Use of Color)	Tamaño mínimo de letra	Prueba de contraste
1.4.3 (Contrast Minimum)	Tamaño mínimo de letra	Prueba de contraste
1.4.3 (Contrast Minimum)	Tema preferido	Prueba de contraste
1.4.1 (Use of Color)	Ratio de contraste mínimo	Prueba de botones
1.4.8 (Visual presentation)	Tamaño de botón mínimo	Prueba de botones
2.4.5 (Multiple Ways)	Alineamiento preferido	Prueba de botones
1.4.2 (Audio Control)	Volumen mínimo	Prueba de audio

3.2.1 Prueba visual.

Parámetro: tamaño mínimo de letra que el usuario es capaz de visualizar correctamente.

Valores posibles: 18, 20, 22, 24 o 26.

Prueba: Para la determinación de los valores se usan dos pantallas. En primer lugar (figura 1 izquierda), al usuario le aparece un número de tres cifras acompañado de un teclado numérico y debe introducir uno a uno los números que componen dicho número. En segundo lugar (figura 1 derecha), al usuario le aparece una letra "C", rotada aleatoriamente, de modo que, mediante un teclado de cuatro flechas, (1) Izquierda, (2) Arriba, (3) Derecha y (4) Abajo, debe introducir la dirección en la que está abierta la "C".

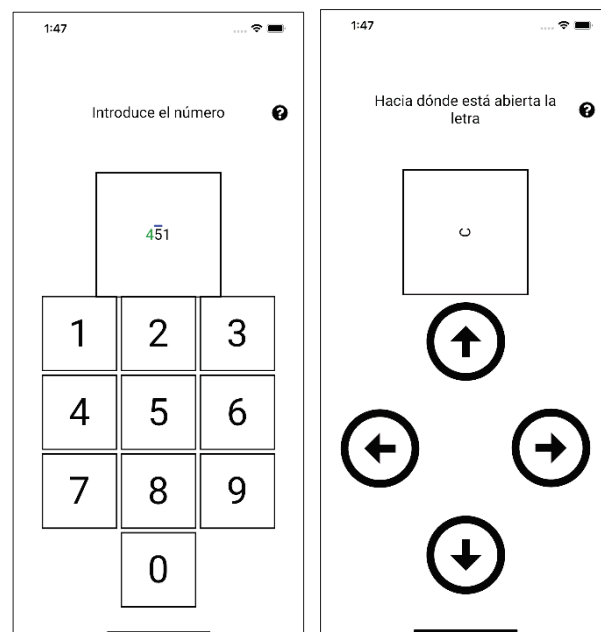


Figura 1: Interfaz de la prueba visual.

3.2.2 Prueba de contraste.

Parámetros: mínimo ratio de contraste y tema preferido.

Valores posibles: Contraste: (1) Máximo - 21:1, (2) Alto - Mayor de 11:1, (3) Medio - Mayor de 9:1 y (4) Bajo - Mayor de 7:1 (requisito AAA de las WCAG 2.0).

Modo: Claro u oscuro.

Prueba: El usuario debe contestar en cuatro pantallas diferentes (figura 2 izquierda) en las que se va variando el contraste y el modo, a la pregunta ¿Puedes leer el texto fácilmente?: (a) sí, (b) me tengo que esforzar y (c) no. El texto que se muestra es una noticia completa de la página web de noticiasfacil.es.

3.2.3 Prueba de botones.

Parámetros: color preferido, tamaño mínimo de botón y posición/alineación de los botones.

Valores posibles: Color: (a) azul, (b) rojo, (c) verde y (d) púrpura.

Tamaño mínimo de botón: (1) grande, (2) mediano y (3) pequeño. Posición/alineación botones: izquierda o derecha.

En primer lugar (figura 3 derecha) se muestra una pantalla que contiene cuatro botones con tamaño mediano para que el usuario elija entre los colores elegidos como valores. Se recoge no solo el color sino posibles fallos al pulsar. En la segunda pantalla (figura 3 izquierda), aparece un minijuego simple con un contador con cuatro bombillas apagadas que el usuario tendrá que ir encendiendo una a una. La posición y el tamaño de los botones va variando y se contabilizan los errores del usuario.

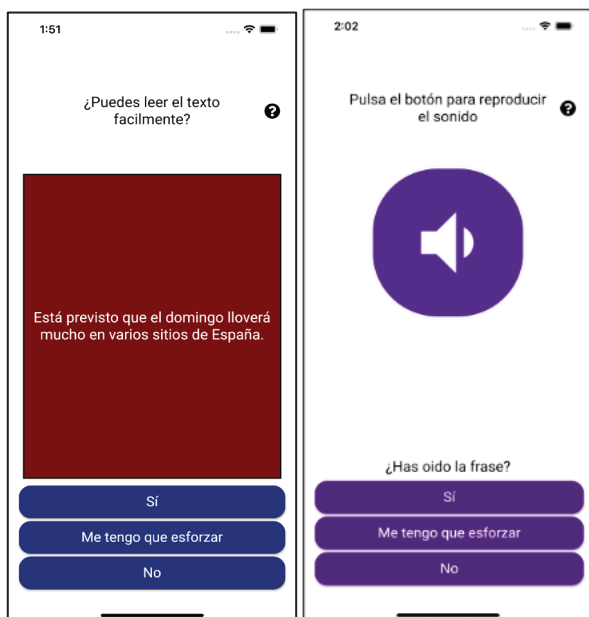


Figura 2: Interfaz de la prueba de contraste (izquierda) Interfaz de la prueba de audio (derecha).

3.2.4 Prueba de audio.

Parámetro: volumen mínimo.

Valores posibles: valor entre 0,5 y 1 (del rango del volumen del dispositivo).

Prueba; El usuario tiene que pulsar un botón y escuchar una frase (figura 2 derecha). Se empieza con un volumen de nivel medio y va cambiando según el usuario conteste a las preguntas (1) ¿Has oído la frase? y (2) ¿Has entendido la frase? El usuario a cada una de las preguntas podrá contestar (a) Sí, (b) No y (c) Con problemas. A partir de las respuestas del usuario se elegirá el volumen mínimo de la aplicación.

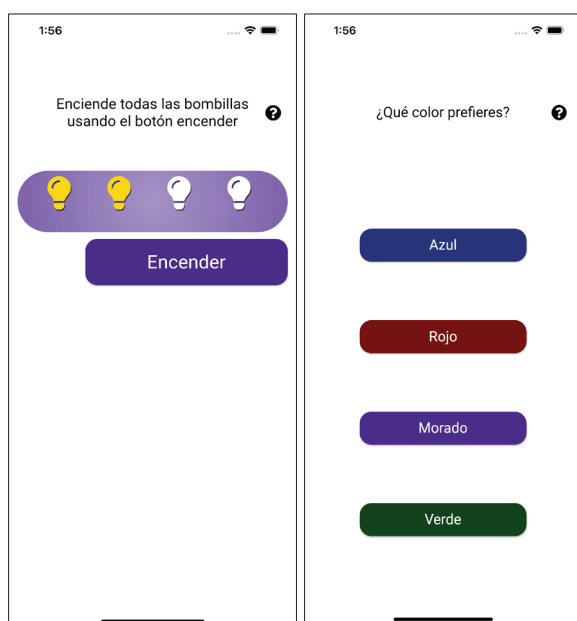


Figura 3: Interfaz de la prueba de botones.

4. Test piloto con usuarios

Se ha llevado a cabo un test piloto con usuarios con objeto de valorar la adecuación del procedimiento y del test planteado.

4.1 Metodología e instrumentos

En el test con usuarios participaron 5 personas con una media de edad de 61 años (50, 52, 63, 67, 73). Los participantes eran 3 hombres y 2 mujeres. La muestra incluyó a gente con menos edad de la media con objeto de tener un mayor rango de adaptabilidad de la interfaz. En los siguientes estudios se pretende focalizar en la caracterización de usuarios mayores gracias a una colaboración en marcha con centros de día de mayores. El criterio de inclusión para el test fue poseer un nivel tecnológico mínimo de forma que fueran capaces de usar smartphones para llamar y escribir mensajes.

Las pruebas se realizaron de forma presencial, en dos días y de forma individual para respetar todas las medidas sanitarias vigentes. Las sesiones duraron una media de diez minutos. Antes de la sesión se les mandó un mail de invitación y se descargaron la aplicación, de este modo al llegar a la sesión todos los participantes tenían la aplicación en su teléfono móvil. Los usuarios utilizaban dispositivos Smartphone con dimensiones mínimas de 5.5 pulgadas, utilizando una orientación siempre vertical del teléfono. Todos realizaron las pruebas sentados en espacios interiores en un contexto tranquilo y sin ruido.

La sesión se dividió en cuatro partes, en la primera los usuarios rellenaron un test de caracterización con variables demográficas y personales relacionadas con el género, la edad, el hábito o la competencia digital y el estado físico; en la segunda los usuarios llevaron a cabo el test inicial con las cuatro pruebas explicadas anteriormente; en la tercera usaron el móvil para rellenar una encuesta sencilla de cinco preguntas cuyas pantallas se adaptan según los resultados del test inicial; en la parte final realizaron la evaluación de la actividad planteada. El objetivo de esa parte final es evaluar el proceso de realización del test inicial (en cuanto a utilidad, facilidad de uso y satisfacción), así como para tener una primera valoración de la adaptación de la interfaz a la que da lugar.

Para el primer objetivo se han tomado como base los cuestionarios USE (Lund *et al.*, 2001) y SUS (Brooke *et al.*, 1996) (ver Tabla 2).

Tabla 2: Preguntas relativas al proceso de caracterización

Caracterización	
Orden	Pregunta
1	El uso del test de adaptación no requiere esfuerzo
2	Encuentro este test innecesariamente complejo
3	Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar el test de adaptación
4	Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este test de adaptación
5	Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este test de forma rápida
6	Estoy satisfecho con el test que me permite adaptar la interfaz
7	Me gustaría que este test de adaptación sirviera para mis otras aplicaciones
8	Recomendaría que otras aplicaciones incorporaran un test de adaptación de la interfaz para poder adaptar colores, botones, etc.
9	El test es divertido o entretenido de usar

Para el segundo objetivo las cinco pantallas de la encuesta se adaptaban a cada usuario usando los valores obtenidos del test inicial. (ver Figura 4).

Las preguntas usadas para la valoración de la adaptación de la interfaz se muestran en la Tabla 3.

4.2 Resultados y reflexiones

A continuación, se muestran los resultados del estudio piloto con usuarios, tanto en lo referente a la realización del test como a la adaptación de la interfaz.

En la Figura 5 se muestran las medias, en escala 7 de Likert, de las contestaciones de los participantes a las preguntas referentes al test de adaptación (Tabla 2). Como se ve estas son positivas, pero hay margen de mejora: la respuesta a la pregunta 4 sobre la necesidad de ayuda por parte de otras personas obtuvo los valores más altos en las personas de mayor edad. Ello puede ser debido a una menor confianza en las propias habilidades digitales (de hecho, todos fueron capaces de completar el test de forma autónoma) pero muestra la necesidad de reforzar toda la parte de ayuda/explicación del test con especial atención al lenguaje usado que no ha de dar lugar a la aparición de dudas en los usuarios.

Tabla 3: Preguntas relativas a la adaptación de la interfaz.

Adaptación	
Orden	Pregunta
1	El tamaño de la letra de la encuesta me parece adecuado a mi capacidad visual
2	El audio que oigo en la encuesta está ajustado a mi capacidad auditiva
3	Los botones eran muy pequeños de acuerdo con mis capacidades
4	Me gustaban los colores
5	El contraste de los colores me permitía ver correctamente la información

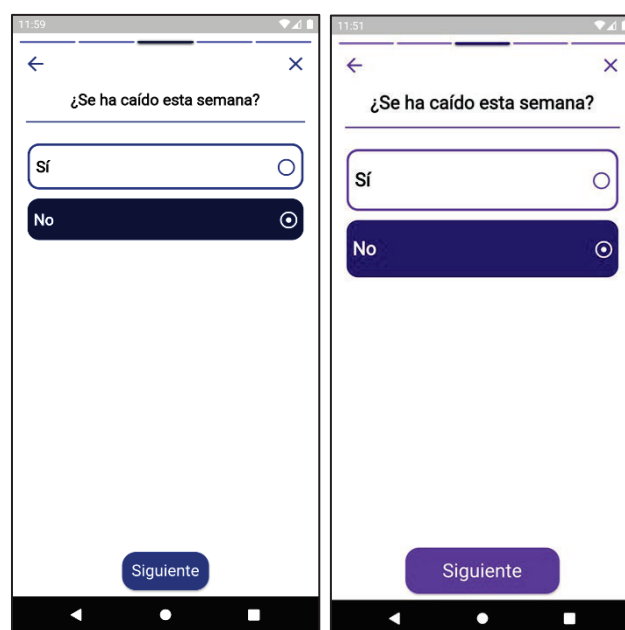


Figura 4: Pantalla de la encuesta antes y después de ser adaptada. La pantalla adaptada muestra una interfaz diferente en relación al tamaño de los botones, colores o el tamaño de la letra.

En la Figura 6 se muestran las respuestas de los usuarios a las preguntas de la Tabla 3. Como se puede observar estas son también positivas. Sin embargo, se observa, especialmente en el caso de los botones, que la adaptación es todavía mejorable. De hecho, se ha observado durante el test, especialmente con los usuarios más mayores que una cosa es el tamaño/volumen al que la persona puede oír/leer/pulsar y otro aquel en el que le resulta cómodo hacerlo sobre todo de forma continuada. Es un resultado interesante a tener en cuenta en la posterior adaptación de la interfaz a partir de los resultados obtenidos.

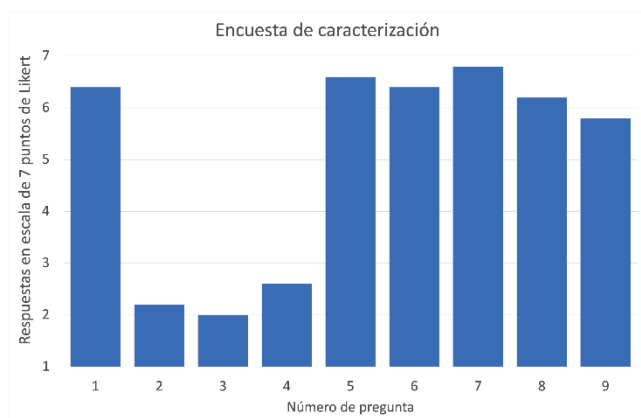


Figura 5: Respuestas a la encuesta de caracterización.

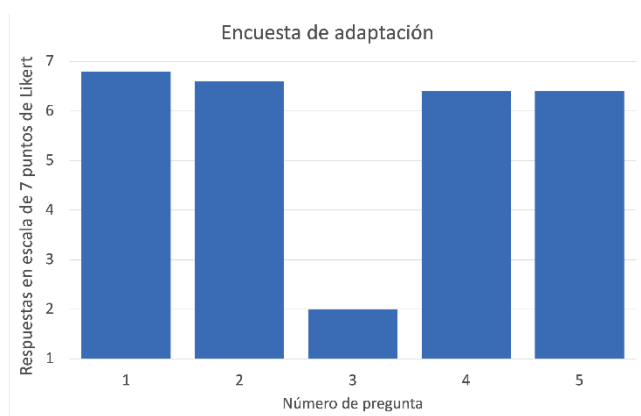


Figura 6: Respuestas a la encuesta de adaptación.

Más allá de los resultados satisfactorios de las pruebas, somos conscientes de las limitaciones del estudio en cuanto al número y características de los usuarios que han participado, y los tomamos con un respaldo para continuar con la línea. Se hace necesaria una evaluación con más usuarios, especialmente de mayor edad, y focalizada no tanto en el test inicial sino en los propios resultados de la adaptación.

5. Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo se propone un sistema para la personalización de interfaces móviles para mayores basado en la realización de una serie de test sencillos que permiten caracterizar a los

usuarios y llevar a cabo una adaptación automática de la interfaz. Para la selección de los parámetros a adaptar se ha partido de las recomendaciones de la WCAG 2.0. Se ha llevado a cabo un test piloto con usuarios para valorar el test de personalización con resultados satisfactorios.

Se trata de un primer paso dentro de un enfoque semiautomático en el que el propio uso de la aplicación llevará consigo el refinamiento de la personalización de la interfaz. Este tipo de personalizaciones creemos son fundamentales para incrementar la aceptación, en los mayores, de aplicaciones m-health que pueden presentar grandes beneficios para este colectivo y jugar un papel fundamental en el envejecimiento activo de los mismos. La OMS define el envejecimiento activo como “el proceso por el que se optimizan las oportunidades de bienestar físico, social y mental durante toda la vida, con el objetivo de ampliar la esperanza de vida saludable, la productividad y la calidad de vida en la vejez”. Nuestro trabajo actual y futuro se centra, de hecho, en el desarrollo de un sistema para el seguimiento domiciliario, por parte de sanitarios, de mayores frágiles y para el fomento de hábitos saludables en ellos a través de recomendaciones personalizadas. La encuesta usada por los usuarios en el piloto es precisamente parte de esta aplicación. Como trabajos futuros se plantea además que la adaptación se realice también adecuando la modalidad de interacción (entre otros táctil, voz y gestos) de acuerdo a los resultados del test de caracterización del usuario, potenciando de esta forma la mejor accesibilidad en el proceso interactivo. El objetivo último del trabajo es contribuir a que dichos mayores frágiles mantengan el mayor tiempo posible su autonomía e independencia de otras personas.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i RTI2018-096986-BC31, financiado por MCIN/ AEI/ 10.13039/ 501100011033/ y “FEDER Una manera de hacer Europa”, y por el Gobierno de Aragón (Grupo T60_20R).

Referencias

- Arazy, O., Nov, O., & Kumar, N. (2015). Personalization: UI Personalization, Theoretical Grounding in HCI and Design Research. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 7(2), 43–69. <https://doi.org/10.17705/1thci.00065>.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7.
- Costa, M. (2013). Guía de recomendaciones para el desarrollo de videojuegos e interfaces para mayores. Gestión de contenidos del IBV. Recuperado 27 de octubre de 2021, de https://gestion.ibv.org/gestoribv/index.php?option=com_docman&view=download&alias=482-guia-senior-play&category_slug=productos&Itemid=142.

- Feit, A. M., Vordemann, L., Park, S., Bérubé, C., & Hilliges, O. (2020, June). Detecting Relevance during Decision-Making from Eye Movements for UI Adaptation. In *ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications* (pp. 1-11).
- Gonzales, E., Matz-Costa, C., & Morrow-Howell, N. (2015). Increasing Opportunities for the Productive Engagement of Older Adults: A Response to Population Aging. *The Gerontologist*, 55(2), 252–261. <https://doi.org/10.1093/geront/gnu176>.
- Hitz, M., Kessel, T., & Pfisterer, D. (2017, February). Automatic UI Generation for Aggregated Linked Data Applications by Using Sharable Application Ontologies. In *International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development* (pp. 328-353). Springer, Cham.
- Hong, S. G., Trimi, S., & Kim, D. W. (2016). Smartphone use and internet literacy of senior citizens. *Journal of Assistive Technologies*, 10(1), 27–38. <https://doi.org/10.1108/jat-03-2015-0006>.
- Initiative, W. W. A. (2021, 7 octubre). Developing Websites for Older People: How Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0 Applies. Web Accessibility Initiative (WAI). Recuperado 27 de octubre de 2021, de <https://www.w3.org/WAI/older-users/developing/>.
- Ji, H., Yun, Y., Lee, S., Kim, K., & Lim, H. (2017). An adaptable UI/UX considering user's cognitive and behavior information in distributed environment. *Cluster Computing*, 21(1), 1045–1058. <https://doi.org/10.1007/s10586-017-0999-9>.
- Khriyenko, O. (2015). Semantic UI: Automated Creation of Semantically Personalized User Interface. *GSTF Journal on Computing (JoC)*, 4(3). <https://doi.org/10.7603/s40601-014-0016-6>.
- Laine, M., Zhang, Y., Santala, S., Jokinen, J. P., & Oulasvirta, A. (2021). Responsive and Personalized Web Layouts with Integer Programming. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 5(EICS), (pp.1-23)
- Lim, H., Hooshyar, D., Ji, H., Lee, S., & Jo, J. (2018). SmartSenior: Automatic Content Personalization Through Semi-supervised Learning. *Wireless Personal Communications*, 105(2), 461–473. <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5947-3>.
- Lund, A. M. (2001). Measuring usability with the use questionnaire12. *Usability interface*, 8(2), 3-6.
- Park, H. S., Kim, H. W., & Park, C. J. (2016, July). Dynamic-interaction UI/UX design for the AREIS. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 412-418). Springer, Cham.
- Rendely, M. S., Nyquist, T., Boonsiri, T., Bansal, T., Crouse, M., Gorski, F., ... & Gupta, A. (2021). Automatic Personalization of User Interfaces based on User Interaction Analytics. *Technical Disclosure Commons*, https://www.tdcommons.org/dpubs_series/4533
- Yigitbas, E., & Sauer, S. (2014). Flexible & Adaptive UIs for Self-Service Systems. In *Mensch & Computer 2014–Workshopband* (pp. 167-176). De Gruyter Oldenbourg.
- Yigitbas, E., Sauer, S., & Engels, G. (2017, June). Adapt-UI: an IDE supporting model-driven development of self-adaptive UIs. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems* (pp. 99-104).
- Zhang, L., Qu, Q. X., Chao, W. Y., & Duffy, V. G. (2017, July). Object-oriented user interface customization: Reduce complexity and improve usability and adaptation. In *International Conference on Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management* (pp. 404-417). Springer, Cham.

6 Discusión de los artículos presentados

Esta tesis nace con el objetivo de diseñar e implementar sistemas interactivos inteligentes adaptativos para el seguimiento de parámetros de salud y bienestar; para los que se establecieron varios objetivos específicos dirigidos a detectar las necesidades en la temática estudiada.

En este capítulo se describen las publicaciones editadas que se aportan, así como una discusión de cómo con ellas se cubren los principales objetivos de investigación planteados en esta tesis doctoral. Los artículos presentan la evolución de nuestro estudio contemplando los casos que se han considerado más importantes a la hora de adaptar las interfaces a las características de los usuarios y su seguimiento. A lo largo de los cuatro artículos se ha puesto el foco en la indagación de las necesidades más importantes y diferenciadoras de nuestra propuesta. Este capítulo se divide en varias secciones que reflejan las líneas de trabajo planteadas en la sección 2.

6.1 *Coherencia y relación directa entre los artículos presentados*

Los artículos se encuentran alineados con un trabajo de investigación bien definido y planificado, de esta forma, mediante el trabajo en varios ámbitos de investigación dentro de la temática planteada, se consigue llegar a la consecución del objetivo prioritario de la tesis. Los resultados de este estudio y las evidencias de investigaciones anteriores sugieren que la consideración de los parámetros de salud y bienestar en el diseño de interfaces puede ser beneficioso para mejorar la adaptación y el éxito de estas adaptaciones en futuras aplicaciones, con respecto a una mejora en la usabilidad y la aceptación tecnológica. Los artículos se presentan en orden cronológico de acuerdo con su aceptación y su publicación.

En el artículo (Navarro-Alamán et al., 2023) se ha investigado un nuevo enfoque para la monitorización ubicua de pacientes de trasplante de hígado, con el objetivo de mejorar su calidad de vida y reducir la necesidad de visitas frecuentes al hospital.

Los gráficos de los periodos de monitoreo muestran la relación entre la actividad, las emociones y la frecuencia cardíaca de los usuarios. Es interesante observar que el uso de la medicación por parte del usuario 1 se refleja en un aumento en su frecuencia cardíaca. Esto puede indicar que la medicación está teniendo un impacto en el sistema cardiovascular del usuario 1, lo cual puede ser un indicio relevante para evaluar la eficacia de la medicación en su caso específico.

Además, se identificaron diferencias en la constancia de la frecuencia cardíaca y los parámetros de actividad y emoción entre los usuarios. Estas diferencias pueden estar relacionadas con factores individuales, como la condición de salud general de los usuarios, su nivel de actividad física y sus estados emocionales. Estos hallazgos respaldan el objetivo OB-2.1 de analizar la relación entre parámetros fisiológicos y emocionales, ya que se observa una interacción entre la actividad, las emociones y la frecuencia cardíaca. Además, tanto los pacientes como el personal médico han expresado su satisfacción con el sistema y su facilidad de uso. Los resultados indican claramente que las emociones tienen un impacto en la frecuencia cardíaca de los usuarios. Las emociones negativas, como el estrés o la ansiedad, pueden aumentar la frecuencia cardíaca, mientras que las emociones positivas, como la felicidad o la relajación, pueden disminuirla. Estos hallazgos son consistentes con la literatura existente que ha demostrado la relación entre el estado emocional y la actividad del sistema cardiovascular.

Estos resultados también respaldan el objetivo OB-2.1 de analizar la relación entre parámetros fisiológicos y emocionales, ya que se confirma la influencia de las emociones en la frecuencia cardíaca de los usuarios. Además, este hallazgo puede contribuir al objetivo OB-2.4 de desarrollar un algoritmo de análisis de información de interacción enriquecida. Si se pueden identificar patrones específicos entre las emociones experimentadas y los cambios en la frecuencia cardíaca, se puede utilizar esta información para desarrollar un algoritmo que permita predecir el impacto de diferentes estados emocionales en la salud cardíaca de los usuarios. Además, la recolección de datos de las emociones a través de la aplicación también mostró ser prometedora. En el artículo se presentó una adaptación para la recolección de los datos emocionales de manera que se pueda implementar en una aplicación móvil, basado en la rueda de emociones de Plutchik. Los resultados obtenidos a través de encuestas de satisfacción y uso mostraron que los usuarios encontraron el sistema efectivo y fácil de usar. Este enfoque innovador en la recolección de emociones podría resultar útil en futuras investigaciones en el campo de la psicología y la salud emocional. Este hallazgo encajaría en el objetivo OB-1.2, al adaptar la rueda de emociones de Plutchik para su uso en una aplicación móvil, de esta forma, se está desarrollando un algoritmo de adaptación basado en emociones que podría ser aplicado a otros juegos o sistemas interactivos que busquen mejorar la experiencia del usuario y su bienestar emocional.

En cuanto al tema de la soledad, aunque no se menciona explícitamente en el artículo, se destaca que el sistema proporciona un foro para pacientes de trasplante de hígado y una comunicación directa con el personal médico especializado. Esto podría ayudar a los pacientes a sentirse más conectados y apoyados durante su tratamiento postoperatorio, lo que podría tener un impacto positivo en su bienestar emocional.

Con respecto al artículo (Navarro-Alamán, Lacuesta, Garcia-Magariño, et al., 2020) se presenta una metodología para el diseño de entornos gamificados en un contexto de salud específico, dirigido a los pacientes supervivientes de cáncer. La metodología fue evaluada mediante su aplicación en el diseño de un sistema de seguimiento de mHealth específico para incluir elementos de gamificación. En el diseño de los elementos de gamificación para pacientes oncológicos y/o supervivientes, se debe considerar su adaptación según el tipo de paciente y los recursos deben ser adaptados a los usuarios de acuerdo con factores influyentes como el estado de la enfermedad y el estado del paciente.

En la evaluación de los recursos diseñados, descritos en la sección 4.2, se observó que los recursos informativos fueron los mejor valorados, mientras los recursos motivacionales recibieron las puntuaciones más bajas. Sin embargo, estos últimos obtuvieron una puntuación media, lo que indica que son de interés, pero se debe trabajar en los errores a nivel de diseño de los recursos. Se pudo observar que la relajación es un aspecto relevante para los supervivientes, ya que a menudo se enfrentan a estrés y ansiedad debido a su enfermedad. Por lo tanto, el recurso motivacional mejor valorado fue la relajación, junto con los ejercicios de mindfulness.

Por último, los aspectos mejor valorados de la gamificación fueron “compartir y visualizar los recursos”. Se concluye, que la denominada “Red de Apoyo Social” puede llegar a ser muy útil para estos usuarios. La intervención fue diseñada e implementada siguiendo la metodología descrita en el mismo artículo y cumplió con las estrategias y herramientas (SAT) definidas en el “Etapa 4” de la misma. Además, fue uno de los aspectos mejor valorados dentro del sistema de gamificación.

Uno de los hallazgos de esta investigación es que el sistema de la "Red de Apoyo Social", que implica el uso anónimo de los recursos por parte de los pacientes en situaciones similares, podría ser utilizado como modelo para su aplicación en diferentes tipos de pacientes. Esta estrategia puede servir como punto de partida para el diseño e implementación de sistemas similares en distintos contextos, adaptándolos y modificándolos según las necesidades específicas de cada tipo de paciente. La metodología presentada establece que la adaptación de los elementos de gamificación y recursos dependerá de factores contextuales influyentes, como el tipo de enfermedad, el tipo de paciente y el estado del usuario. Asimismo, en el estudio llevado a cabo, es necesario definir la figura del “moderador” de recursos, siendo en nuestro caso profesionales médicos los encargados de regular los recursos que se publican en la “Red de Apoyo Social”.

Este hallazgo contribuye al objetivo (OB-2.2) de la investigación, que busca desarrollar una metodología de diseño y desarrollo de aplicaciones gamificadas para la monitorización de supervivientes de cáncer. La propuesta de utilizar la "Red de Apoyo Social" como modelo para la implementación de sistemas similares en diferentes contextos se ajusta a la idea de gamificación y de ofrecer un apoyo social a los pacientes, lo que podría mejorar su experiencia en el proceso de recuperación. Además, el hecho de que se establezca la figura de un moderador de recursos, que en este caso serían profesionales médicos, refleja la preocupación por garantizar la calidad de los recursos y su relevancia para cada tipo de paciente.

Los resultados del análisis estadístico descriptivo indican que la aplicación fue considerada fácil de usar y proporcionó información útil por parte de los participantes. La dimensión “facilidad de uso” obtuvo el índice más alto, el cual consideramos esencial para que todos los pacientes sepan utilizar la aplicación y completar la tarea sin necesitar ayuda de una persona experimentada. En ambos cuestionarios, SUS y USE, los valores de desviación estándar sugieren que las respuestas de los participantes fueron muy coherentes y altamente positivas con respecto al uso de los recursos.

Siguiendo con la investigación relacionada con las emociones, llegamos al artículo (Navarro-Alamán et al., 2022), se determina que los datos del HRV y el EDA, obtenidos mediante el dispositivo Empatica E4, eran los más adecuados para estimar el estado del usuario y servir como base para el sistema de recomendación de juegos. Durante el estudio, se observó que estos datos presentaban una mayor variabilidad cuando los usuarios jugaban diferentes juegos, lo que incrementa las posibilidades de precisión en la predicción de las emociones de los usuarios. Esta información se utilizó para mejorar la estimación de las recomendaciones y ayudar al usuario a alcanzar los estados emocionales futuros deseados.

Además, en este artículo se puede observar cómo se complementa el objetivo OB-2.3 “Sistema de detección de estados de alarma” con el OB-1.2 “Algoritmo de adaptación basado en emociones para juegos soportado por interfaces IoT”, demostrando su eficacia en la mejora del estado emocional de los usuarios. Se pudo observar una evolución positiva en las emociones de los usuarios mientras jugaban, ya que más del 60% de ellos aumentaron en activación emocional y valencia afectiva, y de esos, el 91% mantuvo ese rango hasta finalizar el juego. Utilizando el mismo sistema de detección de estados emocionales, se podría también explorar la detección de estados emocionales negativos en los usuarios, lo cual podría indicar la necesidad de activar un estado de alarma.

En relación con la capacidad para identificación y predicción de emociones, se lleva a cabo una comparación de diferentes algoritmos de aprendizaje automático. Según los resultados obtenidos, se concluyó que los algoritmos de DT fueron más precisos en la predicción de emociones específicas como aburrimiento, abstracción, frustración, disfrute y esfuerzo, en comparación con otros algoritmos como los de clasificación SVC y KNN. Es importante destacar que nuestro estudio utilizó SVC, una variante de la clasificación de máquinas de vectores de soporte (SVM, por sus siglas en inglés) adaptada a la biblioteca scikit-learn.

Al comparar los resultados de precisión obtenidos en nuestro artículo con los de otros estudios similares, se confirma que la precisión de nuestro sistema EmotIoT es significativamente buena. En particular, los resultados de clasificación obtenidos por (Nezam et al., 2021) para tres y cinco niveles de dolor se estimaron en un 80% al utilizar KNN, y aumentaron hasta un 83% al utilizar SVM. Por otro lado, el modelo de (Marín-Morales et al., 2018) obtuvo una precisión del 75% a lo largo de la dimensión de excitación y del 71,21% a lo largo de la dimensión de valencia. En nuestro estudio, los resultados de pruebas validan el sistema de recomendación con una precisión de más del 80% en la predicción de las emociones futuras del usuario. Esto sugiere que nuestro enfoque metodológico puede ser efectivo en la detección precisa de las emociones, lo que es un aspecto clave en la mejora del bienestar de los usuarios y en el diseño de sistemas de IoT más efectivos y personalizados.

En el artículo (Navarro-Alamán et al., 2021) se han observado resultados prometedores en cuanto a la forma en que los usuarios, especialmente mayores, interactúan con la tecnología. Se ha encontrado que existe una clara diferencia entre el tamaño o volumen al que los usuarios pueden oír, leer o pulsar, y aquel que les resulta cómodo hacerlo de forma continuada. Este hallazgo es especialmente relevante dado el aumento de la población mayor de edad y el consiguiente aumento de la demanda de tecnologías accesibles para todos.

Además, se ha observado que los datos recopilados en la investigación pueden ser utilizados para adaptar la interfaz a las características específicas de cada usuario. Al personalizar la experiencia del usuario de esta manera, se espera mejorar la accesibilidad y la comodidad de la interacción con la tecnología, no solo para los usuarios mayores sino también para otros grupos que puedan tener necesidades y preferencias específicas, como aquellas personas que padezcan alguna discapacidad o enfermedad que les impida interactuar de manera convencional con la tecnología.

Este hallazgo está relacionado con el objetivo (OB-1) de Diseño de sistemas inteligentes de adaptación de las interfaces a usuarios, en particular con el sub-objetivo (OB-1.1) de Algoritmo de adaptación basado en accesibilidad para mayores, ya que se destaca la importancia de considerar la comodidad del usuario al interactuar con la tecnología en el diseño de los sistemas de asistencia personal. Se ha observado que el compromiso y la comodidad del usuario son factores clave en la interacción con el sistema, como se ha medido en el caso de (Rodríguez-Lizundia et al., 2015), quienes evaluaron la interacción del usuario con un robot asistente interactivo. Aunque este tipo de sistema puede parecer alejado del enfoque basado en aplicaciones móviles para el seguimiento de pacientes, es fundamental destacar que ambos necesitan una experiencia de usuario satisfactoria para garantizar la adopción y el uso continuo del sistema.

En el contexto de las aplicaciones móviles para el seguimiento de pacientes, la comodidad del usuario es un factor crítico por considerar. Los pacientes son más propensos a utilizar la aplicación si se sienten cómodos y seguros al hacerlo, lo que

puede lograrse mediante una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar, así como medidas adecuadas de privacidad y seguridad adecuadas para proteger los datos de los pacientes. Además, también está relacionado con el objetivo (OB-2) de Contribuciones al diseño de sistemas de seguimiento de parámetros de salud y bienestar, ya que una interfaz de usuario cómoda y fácil de usar es crítica para garantizar la adopción y el uso continuo de las aplicaciones móviles para el seguimiento de pacientes.

Además, al tener en cuenta la comodidad del usuario en el diseño de sistemas de seguimiento de pacientes, se puede mejorar la calidad de los datos recopilados. Si los usuarios se sienten cómodos y comprometidos con el uso del sistema, es más probable que proporcionen información precisa y completa, lo que puede mejorar la eficacia de los sistemas de seguimiento de pacientes.

En el artículo (Navarro-Alamán, Lacuesta, García-Magariño, et al., 2020) se investigó la relación entre los datos auto informados sobre el estado del paciente y los parámetros propios de la interacción con la aplicación. Se encontró una correlación significativa entre las variables analizadas (estado de ánimo, calidad de sueño, dolor y nivel de dolor) y el número de cambios realizados por el usuario en el proceso de interacción con la aplicación. Se sugiere que el número de cambios en las respuestas es relevante y proporciona información del estado del usuario, ya que se confirmó que está relacionado con la información valiosa que se recoge del usuario. Se concluye que las aplicaciones de salud podrían inferir información precisa sobre la salud y el estado del usuario analizando los parámetros de interacción.

Este hallazgo contribuye al objetivo (OB-2.4) "Algoritmo de análisis de información de interacción enriquecida", ya que sugiere que los parámetros de interacción, como el número de cambios en las respuestas, son relevantes y proporcionan información valiosa sobre el estado del usuario. Además, se sugiere que las aplicaciones de salud podrían utilizar esta información para inferir información precisa sobre la salud y el estado del usuario. En general, este hallazgo sugiere la importancia de analizar los parámetros de interacción para mejorar la detección y monitoreo de la salud y el bienestar del usuario, lo que contribuye al objetivo (OB-2) "Contribuciones al diseño de sistemas de seguimiento de parámetros de salud y bienestar".

Durante el uso de la aplicación, se observó que los usuarios presentaban una mayor indecisión al seleccionar estados de ánimo negativos, niveles altos de sueño y niveles altos de dolor, según lo revelado por los resultados del análisis. Estos hallazgos pueden sugerir que los usuarios perciben las emociones básicas, como una combinación de varias emociones, de acuerdo con la teoría de Keltner et al. (Keltner et al., 2019) sobre las emociones básicas, y cómo otros factores, incluso los fisiológicos, influyen en ellas. Se encontró una relación inversa entre las variables de estado de ánimo y sueño, lo que confirma que el dolor tiene un efecto negativo en el estado de ánimo y posiblemente, en la capacidad para dormir bien. Además, se observó que los usuarios dedicaban más tiempo a informar sobre sus síntomas cuando tenían un mayor nivel de dolor, lo que sugiere que el dolor es un factor importante a tener en cuenta al diseñar interfaces para la recopilación de datos de la salud.

6.2 Caracterización de los sujetos del estudio

En cualquier investigación, la caracterización de los sujetos de estudio es un paso importante para conocer las características y variables relevantes de la población objeto de estudio. A continuación, se describen las principales características de los sujetos de estudio, incluyendo su edad, género, nivel educativo, ocupación, entre otros aspectos

relevantes para el estudio en cuestión. Además, se explicará el proceso de selección de los sujetos de estudio y se justificará la elección de esta población específica para el estudio.

Los participantes de los estudios son personas voluntarias que no reciben ninguna compensación económica. La edad de los participantes varía en cada estudio, con una edad media y una desviación estándar (DE) específicos para cada caso. Además, el número de hombres y mujeres también varía entre los estudios. Algunos estudios incluyen tanto pacientes con cáncer o de trasplantes hepáticos, como personas sanas, mientras que otros estudios se centran únicamente en pacientes para la aplicación específica mencionada en el artículo. Además, los criterios de inclusión pueden diferir entre los estudios, como en el caso del último estudio, que requería un nivel tecnológico mínimo para poder usar smartphones.

- Artículo (Navarro-Alamán et al., 2023): En este estudio 15 personas se ofrecieron voluntariamente para participar sin recibir ningún tipo de compensación económica. La edad promedio de los participantes era de 53.2 años, con una variación de 14.4 años. La muestra estuvo compuesta por 9 hombres y 6 mujeres. Para el análisis de las encuestas de usabilidad, se utilizaron los datos de todos los usuarios, mientras que para el análisis de los datos de las pulseras se eligieron los datos de dos participantes: un hombre de 73 años y una mujer de 68 años, que fueron observados durante tres días consecutivos.
- Artículo (Navarro-Alamán, Lacuesta, Garcia-Magariño, et al., 2020): En este artículo, 15 personas se ofrecieron voluntariamente para participar durante un periodo de 2 semanas sin recibir ningún tipo de compensación económica. La edad promedio de los participantes era de 40.53 años, con una variación de 16.85 años. La muestra incluyó 7 hombres y 8 mujeres, todos ellos enfermos de cáncer o supervivientes.
- Artículo (Navarro-Alamán et al., 2022): En este artículo, 18 personas se ofrecieron voluntariamente para participar sin recibir ningún tipo de compensación económica. La edad promedio de los participantes era de 48 años, y la muestra incluyó 6 hombres y 12 mujeres.
- Artículo (Navarro-Alamán et al., 2021): En este artículo, 5 personas participaron en una prueba. La edad promedio de los participantes era de 61 años, con una muestra compuesta por 3 hombres y 2 mujeres. Para ser elegibles para el estudio, los participantes debían tener un nivel mínimo de habilidades tecnológicas, lo suficiente para usar un teléfono inteligente para hacer llamadas y enviar mensajes.

6.3 Adaptación según la interacción de los usuarios

Durante el transcurso de la investigación y tras analizar los resultados de los estudios, se ha constatado la importancia de tener en cuenta las características individuales del usuario y su estado emocional, adaptando los recursos disponibles a sus necesidades específicas y promoviendo actividades saludables para mejorar su bienestar emocional. Igualmente relevante resulta adaptar los interfaces para facilitar la interacción del paciente con los recursos de atención médica y, de esta manera, mejorar la efectividad del tratamiento. Por otra parte, los patrones de interacción entre el usuario y los recursos ofrecidos proporcionan información valiosa sobre la salud del paciente, lo que contribuye a entender mejor sus necesidades y mejorar su atención médica, se puede

decir que se aborda el objetivo (OB-2) "Contribuciones al diseño de sistemas de seguimiento de parámetros de salud y bienestar".

Este texto se relaciona principalmente con el objetivo (OB-2.2) "Metodología de diseño y desarrollo de aplicaciones gamificadas para la monitorización de supervivientes de cáncer" de contribuir al diseño de sistemas de adaptación de interfaces a usuarios a través de la gamificación. Los resultados obtenidos sugieren que la aplicación gamificada puede ser eficaz en el manejo de las emociones de los usuarios, y sugieren que los recursos de "recompensa" ofrecidos por la aplicación, relacionados con la relajación, son valorados positivamente por los usuarios. Estos hallazgos sugieren que dichos recursos podrían resultar especialmente importantes para motivar a los usuarios a utilizar la aplicación y mejorar su capacidad para manejar sus emociones. En general, se pueden considerar los resultados prometedores y sugieren que la gamificación puede ser una herramienta útil para abordar la gestión de las emociones, concretamente, los recursos de "recompensa" relacionados con la relajación podrían ser especialmente efectivos en este sentido.

Además, es importante destacar que se requiere una comprensión adecuada de las necesidades y preferencias de los usuarios para lograr una adaptación efectiva de acuerdo con su interacción. Para lograr esto, se pueden emplear diversas técnicas de investigación y análisis de datos, tales como encuestas, entrevistas, análisis de comportamiento y retroalimentación de los usuarios, lo que se relaciona con el objetivo (OB-1) de diseñar sistemas inteligentes de adaptación de las interfaces a usuarios. En particular, se mencionan técnicas de investigación y análisis de datos que se pueden utilizar para comprender mejor las necesidades y preferencias de los usuarios y diseñar sistemas más efectivos.

En el contexto de la salud, particularmente en el ámbito de las emociones, es posible considerar los siguientes recursos adicionales que podrían ser incluidos en una aplicación para ayudar a mejorar el bienestar emocional de las personas:

- Recursos psicosociales: como terapia y apoyo emocional, que pueden ayudar a las personas a enfrentar situaciones difíciles y mejorar su bienestar emocional.
- Actividades de ocio que pueden mejorar la salud: como actividades físicas, culturales o sociales que promuevan la relajación, la creatividad y el disfrute, y que a su vez mejoren el estado de ánimo.
- Testimonios de otras personas que han pasado por experiencias similares: historias inspiradoras que pueden ayudar a las personas a sentirse comprendidas, acompañadas y motivadas para enfrentar sus propias situaciones difíciles.
- Actividades para ejercitar la atención y la memoria: como juegos, ejercicios y técnicas que pueden mejorar la concentración, la memoria y la atención, y que a su vez contribuyan a una mejor salud emocional.

La inclusión de estos recursos adicionales en una aplicación de salud puede resultar muy beneficiosa para los usuarios que busquen mejorar su bienestar emocional, independientemente de su condición de salud.

6.4 Limitaciones

En esta sección se presentan las limitaciones identificadas durante el análisis de los resultados de la investigación. Es importante tener en cuenta que los estudios realizados presentan ciertas limitaciones que pueden afectar a la generalización de los resultados.

El tamaño de la muestra en cada estudio fue relativamente pequeño, lo que puede limitar la representatividad de los resultados obtenidos. Por lo tanto, sería recomendable realizar más estudios con muestras más amplias para validar estos hallazgos y obtener una comprensión más completa del tema en cuestión.

Los dos primeros estudios están relacionados ya que se realizaron con pacientes uno con pacientes de trasplantes hepáticos del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa y otro con pacientes oncológicos de la Asociación Española Contra el Cáncer (AECC) de Teruel y la muestra es el número de personas con los que trabajaban los profesionales médicos en ese mismo momento. Se destaca que son los pacientes que los profesionales médicos recomendaron, por lo que no es el número completo de pacientes, sino los que se consideraron psicológicamente preparados para usar la aplicación, sin que ello pudiera repercutir en su estado físico o mental.

La pandemia de COVID-19 tuvo un impacto significativo en la investigación. Se enfrentaron limitaciones para llevar a cabo pruebas fisiológicas con usuarios debido a las restricciones de movimiento y las medidas de distanciamiento social. Esto ha sido especialmente problemático para la realización de pruebas con dispositivos como pulseras para medir datos fisiológicos, lo que afectó al tercer estudio, ya que se tuvieron que retrasar las pruebas y realizarlas cuando acabo la cuarentena. Además, solo se contó con la disponibilidad de una pulsera por su alto precio, por lo que la investigación se vio limitada en su capacidad para recopilar datos fisiológicos de una muestra más amplia de participantes.

Asimismo, las preocupaciones de seguridad relacionadas con el COVID-19 han hecho que algunos participantes se sientan incómodos al participar en pruebas en persona, lo que ha llevado a una reducción en el número de participantes disponibles para realizar pruebas fisiológicas. Se destaca que al realizar el cuarto estudio, la mayoría de las restricciones ya habían terminado, aunque se tuvieron que realizar las pruebas con las medidas higiénicas y de distanciamiento recomendadas.

7 Conclusiones y trabajo futuro

Para lograr el objetivo planteado en este trabajo de tesis, ha sido necesario la consecución de cada uno de los sub-objetivos descritos en el capítulo 2. El ámbito de investigación abarcado fue más amplio de lo que se refleja en las cuatro publicaciones presentadas, tal como se muestra en otras publicaciones en revista y conferencias, así como un artículo que aún no ha sido publicado.

En esta tesis, se presentan cuatro estudios principales que han permitido el desarrollo de algoritmos adaptativos en el campo de la salud y el bienestar. Para alcanzar este objetivo, se trabajó en la creación de diferentes aplicaciones móviles enfocadas en mejorar la salud de los pacientes, a través del seguimiento de estados de ánimo, sueño y dolor, así como en la realización de un análisis de emociones para determinar la mejor forma de aumentar la participación y motivación de los usuarios. Todo esto se lleva a cabo mediante la gamificación y la adaptación de interfaces, prestando especial atención a la accesibilidad y la personalización para garantizar la facilidad de uso de las aplicaciones por parte de todos los usuarios, independientemente de sus habilidades físicas o cognitivas.

En una primera fase, se ha trabajado con pacientes con trasplantes hepáticos en colaboración con el Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa para determinar de qué forma el seguimiento de parámetros fisiológicos y su relación con las emociones se

veían influenciados en la salud y el bienestar de los pacientes. Con este fin, se desarrolló una aplicación móvil en colaboración con el Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa. La aplicación permitió llevar un registro completo de la salud del paciente, centrándose en el estado de ánimo y los parámetros fisiológicos. Estos parámetros fueron recopilados en tiempo real mientras el paciente utilizaba la aplicación.

Es importante destacar que la aplicación no constituye un tratamiento en sí mismo, sino que se trata de una herramienta para ayudar a recopilar datos sobre la salud y el bienestar de los pacientes. A partir de estos datos, se pueden analizar los patrones y tendencias para determinar si existe alguna correlación entre la salud y el bienestar de los pacientes y los parámetros fisiológicos.

La herramienta desarrollada permitió a los profesionales de la salud mejorar el tratamiento, aumentar la eficacia de las citas, realizar un seguimiento diario de los pacientes y comunicarse con ellos fuera de las sesiones en persona, lo que generó una mayor atención y reducción de la soledad en los pacientes.

En el artículo (Navarro-Alamán, Lacuesta, García-Magariño, et al., 2020) complementario al artículo principal del estudio 1, se ha observado que los patrones de interacción proporcionan información valiosa sobre variables del usuario, lo que facilita a los profesionales médicos recopilar datos relevantes sobre la enfermedad de manera más fácil, efectiva y rápida que si hubieran tenido que hacerlo de forma manual.

Durante el desarrollo de la aplicación principal Close2U, al aplicar una metodología ágil en constante evaluación y retroalimentación ayudó a identificar la soledad de los pacientes como un factor importante y, a partir de esa observación, se abrió una nueva vía de investigación para mejorar la motivación de los pacientes y reducir su sensación de soledad. Como resultado, en el estudio 2, se propuso una metodología de gamificación personalizada para motivar a los pacientes oncológicos a utilizar aplicaciones de salud y así contribuir a mejorar su bienestar.

Se destaca la importancia de adaptar el sistema de gamificación para cada paciente. Hasta la fecha, no se han llevado a cabo ningún estudio similar que se enfoque en los supervivientes de cáncer y que utilice la gamificación para motivar en el uso de tecnologías modernas. En este trabajo, se completó la aplicación de Close2U, utilizando la metodología propuesta y se creó lo que se denominó “Red de Apoyo Social”. Esta red social combina los conceptos que consideramos más relevantes:

- No se trata de una red social convencional, sino que se agrega el componente de apoyo emocional. Se considera que el apoyo emocional es esencial para los pacientes que se encuentran en situaciones difíciles y se les ofrece un espacio seguro y acogedor en el que puedan sentirse acompañados y escuchados.
- El objetivo es que los pacientes sientan menos soledad y más empatía. La soledad puede ser un problema importante para los pacientes que están lidiando con una enfermedad, y la “Red de Apoyo Social” busca aliviar esa sensación. Al mismo tiempo, se fomenta la empatía entre los pacientes, para que puedan apoyarse mutuamente y compartir experiencias similares.
- La “Red de Apoyo Social” ofrece recursos que han hecho sentir bien a otros pacientes en la misma situación. Se quiere que la “Red de Apoyo Social” sea una fuente de recursos para los pacientes y, por lo tanto, se ofrecen recursos que han sido útiles para otros pacientes en la misma situación, como consejos sobre cómo manejar los síntomas de la enfermedad, recomendaciones de libros o

películas que pueden inspirar o entretener, o información sobre eventos y actividades locales.

Se considera esencial la participación activa de los pacientes en la “Red de Apoyo Social” para su éxito. Los pacientes son invitados a compartir los recursos que han encontrado útiles y que creen que podrían ayudar a otros pacientes en situaciones similares, lo que fomenta la colaboración y la creación de una comunidad de apoyo que puede ser valiosa para los pacientes.

Los pacientes se sintieron más atendidos y con menos sensación de soledad, algo que hemos visto que es importante para los diferentes tipos de pacientes con los que hemos trabajado. En el artículo (Navarro-Alamán, Lacuesta, García-Magariño, et al., 2020), se menciona que el uso de la aplicación móvil aumentó la sensación de los pacientes de ser atendidos a diario, ya que no se sentían solos. En el artículo (Navarro-Alamán, Lacuesta, García-Magariño, et al., 2020), se aborda el tema del aislamiento social en los supervivientes de cáncer y cómo esto puede provocar sentimientos de abandono y dificultades en las relaciones sociales. Se propone una solución que implica el uso de una aplicación gamificada que incorpora estrategias y herramientas para la regulación emocional, la adaptación a los cambios y la promoción de estilos de vida saludables, entre otros aspectos. Este tipo de soluciones ayudan a reducir la sensación de soledad y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

En el estudio 3 se propone un sistema de recomendación basado en IoT para la detección de emociones. Se describen los requisitos necesarios para desarrollar una aplicación IoT que sea sensible a las emociones, incluyendo los datos recolectados por dispositivos IoT, los registros fisiológicos y la escala de la red de afectos. Se diseñaron algoritmos para evaluar la eficacia, la precisión y los objetivos específicos, y se presenta un sistema desarrollado en seis etapas para analizar el estado emocional del usuario y responder de manera adecuada. También se presenta un sistema específico llamado EmotIoT, basado en juegos para mejorar las emociones del usuario, que logró una alta precisión en la predicción de emociones y sugerencia de nuevas actividades.

Por último, en el estudio 4 se presenta un método para adaptar las aplicaciones móviles para personas mayores mediante la realización de pruebas simples para identificar sus características y automáticamente ajustar la interfaz. Se basa en las directrices de la WCAG 2.0 y se lleva a cabo una prueba piloto que muestra unos resultados positivos. Este enfoque tiene como objetivo mejorar la aceptación de las aplicaciones mHealth entre las personas mayores y mejorar su envejecimiento activo, con el fin último de desarrollar un sistema de monitoreo en el hogar para personas mayores en situación de fragilidad y fomentar hábitos saludables mediante recomendaciones personalizadas.

7.1 Otras contribuciones relacionadas

Además de los resultados presentados por las contribuciones, se han llevado a cabo investigaciones en diversos campos y se han desarrollado aplicaciones específicas de seguimiento que han sido de gran utilidad tanto para los profesionales médicos como para pacientes. Estas herramientas han sido valoradas positivamente por los profesionales de la salud debido a su capacidad para realizar el seguimiento de los pacientes y recoger datos relevantes para mejorar el tratamiento. Los sistemas de salud digitales permiten a los profesionales médicos acceder a información valiosa en tiempo real, lo que les permite ajustar el tratamiento y ofrecer una atención más personalizada y

eficaz. Estas herramientas siguen los principios de adaptación del contenido dependiendo las necesidades de los usuarios.

Se realizó una aplicación que se enfocó en pacientes de cáncer óseo en colaboración con el Hospital Obispo Polanco de Teruel para el seguimiento de los pacientes en relación con el dolor. Otra aplicación se desarrolló para pacientes de trasplantes hepáticos recién trasplantados desarrollada para el artículo (Navarro-Alamán et al., 2023), en colaboración con el Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa. Finalmente, se utilizó la aplicación desarrollada para el artículo (Navarro-Alamán et al., 2021) que es una aplicación para ancianos frágiles en colaboración con el Grupo de investigación de la Universidad de Zaragoza AffectiveLab y se realizaron pruebas con ancianos del Complejo Residencial San Hermenegildo de Teruel.

7.1.1 Estudio de diferentes tipologías de usuarios

En cuanto a los usuarios “pacientes con cáncer/supervivientes”, se ha observado que pueden experimentar soledad debido a la dureza de la enfermedad y el impacto emocional que esta puede tener en sus vidas. El cáncer puede ser una experiencia abrumadora y estresante que no solo afecta a la salud física, sino también la salud mental y emocional de una persona.

Es importante que estos pacientes reciban el apoyo adecuado para ayudarles a lidiar con estos sentimientos de soledad y aislamiento. Esto puede implicar opciones como la terapia emocional, la participación en grupos de apoyo para pacientes con cáncer, actividades sociales y de recreativas, así como acceso a recursos y servicios que les brinden apoyo emocional.

En el caso de los pacientes recién trasplantados (en nuestro caso de trasplantes hepáticos), puede observarse que pueden sentirse abrumados y preocupados acerca de cómo volver a su vida normal después del trasplante hepático. Sin embargo, se explica desde la aplicación cómo seguir una vida saludable mediante el ejercicio y la nutrición, es importante que sepan que con el cuidado adecuado, el ejercicio y la nutrición pueden ser herramientas importantes para ayudarles a recuperarse y llevar una vida saludable después del trasplante. El ejercicio regular puede ayudar a los pacientes a recuperar la fuerza muscular y la flexibilidad después del trasplante, así como a reducir el riesgo de complicaciones como la obesidad, la diabetes y las enfermedades del corazón.

Es recomendable que los pacientes hablen con su médico o equipo de atención médica antes de comenzar cualquier programa de ejercicio para asegurarse de que es seguro y adecuado para su nivel de condición física y salud. Además, la nutrición adecuada es esencial para una buena recuperación después del trasplante hepático. Por lo tanto, los pacientes deben trabajar con un nutricionista o dietista para crear un plan de alimentación saludable que les proporcione los nutrientes necesarios para una buena recuperación y para prevenir la obesidad y las enfermedades relacionadas con la dieta.

Por último, en el caso de los ancianos frágiles que residen en centros de atención, puede ser beneficioso para ellos realizar ejercicios por su cuenta, con el beneficio de que puedan sentirse menos solos y más independientes, aunque esto dependerá de varios factores individuales, como la salud y el estado físico y mental del anciano. Realizar ejercicios regularmente puede tener muchos beneficios para la salud física y mental de los ancianos, incluyendo la mejora de la fuerza muscular, la flexibilidad, la coordinación y el equilibrio, así como la reducción del riesgo de caídas y de enfermedades crónicas. Además, el ejercicio puede mejorar el estado de ánimo y reducir el estrés y la ansiedad.

Sin embargo, es importante que los ancianos reciban la supervisión y la orientación adecuadas antes de comenzar cualquier programa de ejercicio, especialmente si tienen condiciones médicas preexistentes o limitaciones físicas. Es posible que necesiten adaptaciones específicas en los ejercicios para garantizar su seguridad y evitar lesiones.

7.1.2 Continuación en la investigación de la tesis

El artículo 8.4.3 “Diseño de una aplicación basada en el juego para el seguimiento de estados emocionales”, describe un estudio que se lleva a cabo previo al estudio 3 y se expandió, completándolo, dentro del mismo. El objetivo del estudio fue diseñar una aplicación basada en juegos para evaluar el impacto de actividades destinadas a mejorar el bienestar emocional de los ancianos frágiles en su estado emocional. Durante la investigación, surgió la oportunidad de realizar una investigación alternativa basada en el estudio 3, donde se realizaron pruebas con los usuarios mayores participantes en el estudio 4. Esta investigación se describe en el artículo (Navarro-Alamán et al., 2022), con el objetivo de evaluar la forma en que las actividades diseñadas para mejorar el bienestar emocional de los ancianos frágiles, en este caso dichas actividades se realizan habitualmente con ellos en la residencia de forma habitual, afectaban su estado emocional durante el proceso de interacción digital. El artículo presenta un algoritmo basado en el análisis de emociones que busca adaptar las interfaces en función de las emociones y mejorar su aceptación tecnológica.

Se destaca la importancia de comprender las emociones experimentadas por los usuarios mayores durante la interacción digital, como la frustración, ansiedad y miedo, debido a limitaciones físicas y cognitivas. El análisis emocional, basado en un algoritmo de inteligencia artificial, permitió adaptar las interfaces para mejorar la experiencia del usuario, personalizando la interacción para hacerla más amigable y accesible para las personas mayores.

El artículo 8.3.6 “Early Detection of Abandonment Signs in Interactive Novels with a Randomized Forest Classifier”, se centra en la detección temprana de señales de abandono en novelas interactivas utilizando un clasificador de bosques aleatorios (RF, por sus siglas en inglés). Aunque no está directamente relacionado con el estudio 3, se utilizó el mismo clasificador de DT para detectar emociones en ambos estudios. En este estudio, se utilizó un algoritmo basado en RF para analizar variables de tiempo y geolocalización con el fin de predecir el abandono de la aplicación. El estudio se centró en una aplicación que recopila datos para el diseño de ciudades inteligentes mediante el uso de novelas visuales. Los resultados muestran que el algoritmo utilizado para predecir el abandono de la aplicación tiene una precisión mínima del 81%. Estos resultados prometen mejorar la experiencia del usuario en aplicaciones interactivas, lo que es especialmente importante en el caso de aplicaciones destinadas a personas mayores.

El artículo 8.3.4 “Un primer análisis de caracterización de asistentes virtuales para el seguimiento del estado de salud de personas mayores”, se relaciona con el estudio 4, en el que se utilizó la misma aplicación pero se le añadió un avatar. El artículo se enfoca en el diseño de aplicaciones para personas mayores, con un enfoque en la importancia de la interacción natural y la aceptación tecnológica. Se propone el uso de agentes conversacionales y agentes virtuales (avatars) para mejorar la usabilidad y aceptación entre las personas mayores, incluyendo aquellas que viven solas. En relación con el tema de la soledad, se menciona que cada vez es más frecuente la existencia de personas mayores que viven solas y las visitas por parte de familiares son más escasas en la gran

mayoría de los casos. Se discute cómo el uso de avatares puede ayudar a brindar compañía a las personas mayores que viven solas. El análisis de caracterización de avatares presentado en el artículo destaca los aspectos que generan más agrado entre las personas mayores y son influyentes en el proceso de aceptación.

7.2 Trabajo futuro

En cuanto a trabajos futuros, se pueden explorar diferentes enfoques para el desarrollo de sistemas adaptativos con el objetivo de mejorar la salud y el bienestar de las personas. Se podrían integrar diferentes tipos de sensores, incluyendo mediciones no invasivas para el registro de los datos, y utilizar algoritmos de aprendizaje automático para el análisis los mismos. Además, se podrían investigar nuevas formas de presentar y visualizar la información recopilada a los médicos y pacientes para mejorar la calidad del tratamiento y la experiencia del usuario.

En el futuro, se podrá desarrollar una aplicación de seguimiento domiciliario para pacientes frágiles, con el fin de fomentar hábitos saludables mediante recomendaciones personalizadas. También se está considerando el desarrollo de sistemas adaptativos específicos para ciudades inteligentes, con el objeto de abordar el bienestar emocional de diferentes grupos de personas, como jóvenes, niños y mayores. Para lograr esto, se llevará a cabo un análisis del estado emocional de estos grupos en su vida cotidiana para identificar las necesidades específicas y proponer opciones adecuadas para sus actividades diarias.

En futuros trabajos, se buscará mejorar los algoritmos de adaptación en el ámbito de la accesibilidad con dispositivos de asistencia para personas mayores frágiles, con el objetivo de ayudarles a mantener su autonomía e independencia. Se pretende pasar de una interacción semiautomática a una interacción totalmente automática que se adapte a las características y necesidades específicas de cada usuario. Para ello, se utilizarán los datos del test de caracterización del usuario, el cual permitirá obtener información detallada sobre las capacidades y limitaciones de cada persona mayor para personalizar las opciones de interacción con el dispositivo de asistencia.

Además, se llevará a cabo una evaluación para determinar la utilidad de la participación de los psicólogos en el proceso de validación de los recursos compartidos por los usuarios. Con esta medida se espera determinar la viabilidad y escalabilidad del sistema de recompensas utilizado para validar los recursos compartidos por los usuarios. Se espera lograr una mayor eficiencia en la ayuda brindada a los usuarios, así como una mejor calidad de vida para ellos.

Se puede observar cómo los diferentes trabajos futuros están interconectados y tienen objetivos comunes relacionados con la mejora de la salud y el bienestar de las personas. Por ejemplo, el uso de diferentes sensores y algoritmos de aprendizaje automático para el análisis de datos podría aplicarse tanto a la aplicación de seguimiento domiciliario para pacientes frágiles como a los sistemas adaptativos específicos para ciudades inteligentes.

En resumen, estos trabajos futuros se complementan entre sí y podrían tener un impacto positivo en la salud y el bienestar de las personas.

Referencias

- Aapro, M., Caprariu, Z., Chilingirov, P., Chrápavá, M., Curca, R.-O., Gales, L., Grigorescu, A. C., Huszno, J., Karlínová, B., & Kellnerová, R. (2022). Assessing the impact of antiemetic guideline compliance on prevention of chemotherapy-induced nausea and vomiting: Results of the nausea/emesis registry in oncology (NERO). *European Journal of Cancer*, 166, 126–133.
- Agrafioti, F., Hatzinakos, D., & Anderson, A. K. (2012). ECG Pattern Analysis for Emotion Detection. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 3(1), 102–115. <https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2011.28>
- Al Bassam, N., Hussain, S. A., Al Qaraghuli, A., Khan, J., Sumesh, E. P., & Lavanya, V. (2021). IoT based wearable device to monitor the signs of quarantined remote patients of COVID-19. *Informatics in Medicine Unlocked*, 24, 100588.
- Albro, D. R., Darby, K. A., Dudzinski, R. J., Masching, M. J., Mortenson, P. A., Pollock, B., & Rilantonio, H. (2019). *Medical treatment application for optimizing medical patient visits based on known preferences and other selection criteria*. Google Patents.
- Amplio System: Patient-Reported Outcomes* | Memorial Sloan Kettering Cancer Center. (n.d.). Retrieved October 18, 2022, from <https://www.mskcc.org/amplio-system/patient-reported-outcomes>
- Arazy, O., Nov, O., & Kumar, N. (2015). Personalityzation: UI personalization, theoretical grounding in HCI and design research. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 7(2), 43–69.
- Basch, E. (2017). Patient-reported outcomes-harnessing patients' voices to improve clinical care. *New England Journal of Medicine*, 376(2), 105–108.
- Cardoso, F., Bese, N., Distelhorst, S. R., Bevilacqua, J. L. B., Ginsburg, O., Grunberg, S. M., Gralla, R. J., Steyn, A., Pagani, O., & Partridge, A. H. (2013). Supportive care during treatment for breast cancer: Resource allocations in low-and middle-income countries. A Breast Health Global Initiative 2013 consensus statement. *The Breast*, 22(5), 593–605.
- Cechetti, N. P., Bellei, E. A., Biduski, D., Rodriguez, J. P. M., Roman, M. K., & De Marchi, A. C. B. (2019). Developing and implementing a gamification method to improve user engagement: A case study with an m-Health application for hypertension monitoring. *Telematics and Informatics*, 41, 126–138.
- Chin, Z. Y., Zhang, Z., Wang, C., & Ang, K. K. (2021). An Affective Interaction System using Virtual Reality and Brain-Computer Interface. *2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, 6183–6186. <https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9630045>
- Colomo-Palacios, R., Casado-Lumbreras, C., Soto-Acosta, P., & García-Crespo, Á. (2011). *Using the affect grid to measure emotions in software requirements engineering*.
- Consulting, V. W. (2009). mHealth for development: The opportunity of mobile technology for healthcare in the developing world. *Washington Dc and Berkshire, UK*.
- Cugelman, B. (2013). Gamification: What it is and why it matters to digital health behavior change developers. *JMIR Serious Games*, 1(1), e3139.

- D'Auria, D., Persia, F., & Siciliano, B. (2016). Human-computer interaction in healthcare: How to support patients during their wrist rehabilitation. *2016 IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing (ICSC)*, 325–328.
- Deepika Mathuvanthi, P., Suresh, V., & Pradeep, C. (2019). IoT powered wearable to assist individuals facing depression symptoms. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6, 1676–1681.
- Diefenbach, S., & Müssig, A. (2019). Counterproductive effects of gamification: An analysis on the example of the gamified task manager Habitica. *International Journal of Human-Computer Studies*, 127, 190–210.
- D'Mello, S., Kappas, A., & Gratch, J. (2018). The Affective Computing Approach to Affect Measurement. *Emotion Review*, 10(2), 174–183. <https://doi.org/10.1177/1754073917696583>
- Dzedzickis, A., Kaklauskas, A., & Bucinskas, V. (2020). Human emotion recognition: Review of sensors and methods. *Sensors*, 20(3), 592.
- Feit, A. M., Vordemann, L., Park, S., Berube, C., & Hilliges, O. (2020). Detecting relevance during decision-making from eye movements for ui adaptation. *ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 1–11.
- Fernandes-Magalhaes, R., Carpio, A., Ferrera, D., Van Ryckeghem, D., Peláez, I., Barjola, P., De Lahoz, M. E., Martín-Buro, M. C., Hinojosa, J. A., & Van Damme, S. (2022). Pain E-motion Faces Database (PEMF): Pain-related micro-clips for emotion research. *Behavior Research Methods*, 1–14.
- Finan, P. H., Hunt, C. A., Mun, C. J., Lerman, S. F., Tennen, H., Smith, M. T., & Haythornthwaite, J. A. (2022). Association of affective state with the assimilation of daily pain expectancy and pain experience. *PAIN*, 163(11), 2254–2263. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002624>
- Fu, H., McMahon, S. K., Gross, C. R., Adam, T. J., & Wyman, J. F. (2017). Usability and clinical efficacy of diabetes mobile applications for adults with type 2 diabetes: A systematic review. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 131, 70–81.
- García, L., Tomás, J., Parra, L., & Lloret, J. (2019). An m-health application for cerebral stroke detection and monitoring using cloud services. *International Journal of Information Management*, 45, 319–327.
- Garcia-Ceja, E., Riegler, M., Nordgreen, T., Jakobsen, P., Oedegaard, K. J., & Tørresen, J. (2018). Mental health monitoring with multimodal sensing and machine learning: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 51, 1–26.
- Garcia-Garcia, J. M., Penichet, V. M. R., & Lozano, M. D. (2017). Emotion detection: A technology review. *Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3123818.3123852>
- Hibbeln, M. T., Jenkins, J. L., Schneider, C., Valacich, J., & Weinmann, M. (2017). How is your user feeling? Inferring emotion through human-computer interaction devices. *Mis Quarterly*, 41(1), 1–21.
- Hitz, M., Kessel, T., & Pfisterer, D. (2017). Automatic UI Generation for Aggregated Linked Data Applications by Using Sharable Application Ontologies. *International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development*, 328–353.
- Horesh, D., Milstein, N., Tomashin, A., Mayo, O., & Gordon, I. (2021). Pre-pandemic

electrodermal activity predicts current COVID-related fears: Household size during lockdown as a moderating factor. *Stress*, 1–8.

Ilyés, E. (2019). Create your own agile methodology for your research and development team. *2019 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, 823–829.

Istepanian, R. S., Jovanov, E., & Zhang, Y. T. (2004). Guest editorial introduction to the special section on m-health: Beyond seamless mobility and global wireless health-care connectivity. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 8(4), 405–414.

Javed, N., & Muralidhara, B. L. (2022). Emotions During Covid-19: LSTM Models for Emotion Detection in Tweets. *Proceedings of the 2nd International Conference on Recent Trends in Machine Learning, IoT, Smart Cities and Applications*, 133–148.

Ji, H., Yun, Y., Lee, S., Kim, K., & Lim, H. (2018). An adaptable UI/UX considering user's cognitive and behavior information in distributed environment. *Cluster Computing*, 21(1), 1045–1058.

Keltner, D., Sauter, D., Tracy, J., & Cowen, A. (2019). Emotional expression: Advances in basic emotion theory. *Journal of Nonverbal Behavior*, 43, 133–160.

Khriyenko, O. (2015). Semantic UI: Automated creation of semantically personalized user interface. *GSTF Journal on Computing (JoC)*, 4(3), 1–9.

Lacuesta, R., Garcia, L., García-Magariño, I., & Lloret, J. (2017). System to recommend the best place to live based on wellness state of the user employing the heart rate variability. *IEEE Access*, 5, 10594–10604.

Laine, M., Zhang, Y., Santala, S., Jokinen, J. P., & Oulasvirta, A. (2021). Responsive and personalized web layouts with integer programming. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 5(EICS), 1–23.

Landers, R. N. (2019). Gamification misunderstood: How badly executed and rhetorical gamification obscures its transformative potential. *Journal of Management Inquiry*, 28(2), 137–140.

Leclercq, T., Poncin, I., & Hammedi, W. (2020). Opening the black box of gameful experience: Implications for gamification process design. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 52, 101882.

Lim, H., Hooshyar, D., Ji, H., Lee, S., & Jo, J. (2019). SmartSenior: Automatic content personalization through semi-supervised learning. *Wireless Personal Communications*, 105(2), 461–473.

Lloret, J., Parra, L., Taha, M., & Tomás, J. (2017). An architecture and protocol for smart continuous eHealth monitoring using 5G. *Computer Networks*, 129, 340–351.

Loibl, S., & Lederer, B. (2014). The importance of supportive care in breast cancer patients. *Breast Care*, 9(4), 230.

Lottridge, D., Chignell, M., & Jovicic, A. (2011). Affective interaction: Understanding, evaluating, and designing for human emotion. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 7(1), 197–217.

Marczewski, A. (2015). Even Ninja Monkeys like to play. *London: Blurb Inc*, 1(1), 28.

Marín-Morales, J., Higuera-Trujillo, J. L., Greco, A., Guixeres, J., Llinares, C.,

- Scilingo, E. P., Alcañiz, M., & Valenza, G. (2018). Affective computing in virtual reality: Emotion recognition from brain and heartbeat dynamics using wearable sensors. *Scientific Reports*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32063-4>
- Marín-Morales, J., Llinares, C., Guixeres, J., & Alcañiz, M. (2020). Emotion recognition in immersive virtual reality: From statistics to affective computing. *Sensors*, 20(18), 5163.
- Martinez-Calderon, J., Matias-Soto, J., & Luque-Suarez, A. (2022). “My Pain Is Unbearable... I Cannot Recognize Myself!” Emotions, Cognitions, and Behaviors of People Living With Musculoskeletal Disorders: An Umbrella Review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 52(5), 243-A102.
- Mohammed, M. S., Sendra, S., Lloret, J., & Bosch, I. (2018). Systems and WBANs for controlling obesity. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018.
- Navarro-Alamán, J., Gilaberte, R. L., & Bagdasari, E. C. (2021). Una propuesta de caracterización inicial de mayores para el desarrollo de interfaces adaptativas. *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 2(2), Article 2.
- Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., Garcia-Magariño, I., & Gallardo, J. (2020). A methodology for the design and development of gamified mobile apps for monitoring cancer survivors. *Journal of Biomedical Informatics*, 106, 103439.
- Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., Gallardo, J., Ibarz, E., & Lloret, J. (2020). Close2U: An App for Monitoring Cancer Patients with Enriched Information from Interaction Patterns. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020, 1–13.
- Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., & Lloret, J. (2022). EmotIoT: An IoT system to improve users’ wellbeing. *Applied Sciences*, 12(12), 5804.
- Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., Garcia-Magariño, I., & Muñoz, S. H. (2022). Análisis emocional para el bienestar de los ancianos en el proceso de interacción digital. *Revista de La Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 3(2), 90–98.
- Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., Jimenez, J. M., & Mauri, J. L. (2023). Ubiquitous monitoring of liver transplantation patients. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 43(1), 1. <https://doi.org/10.1504/IJAHUC.2023.10052490>
- Nelson, E. C., Eftimovska, E., Lind, C., Hager, A., Wasson, J. H., & Lindblad, S. (2015). Patient reported outcome measures in practice. *Bmj*, 350.
- Nezam, T., Boostani, R., Abootalebi, V., & Rastegar, K. (2021). A Novel Classification Strategy to Distinguish Five Levels of Pain Using the EEG Signal Features. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 12(1), 131–140. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2018.2851236>
- Nikolova, D., Petkova, P., Manolova, A., & Georgieva, P. (2018). ECG-based Emotion Recognition: Overview of Methods and Applications. *ANNA '18; Advances in Neural Networks and Applications 2018*, 1–5.
- Nilsson, J., Piovesana, V., Turini, M., Lezzi, C., Eriksson, J., & Aapro, M. (2022). Cost-effectiveness analysis of NEPA, a fixed-dose combination of netupitant and palonosetron, for the prevention of highly emetogenic chemotherapy-induced nausea and vomiting: An international perspective. *Supportive Care in Cancer*, 30(11), 9307–9315.
- Pal, S., Mukhopadhyay, S., & Suryadevara, N. (2021). Development and Progress in

- Sensors and Technologies for Human Emotion Recognition. *Sensors*, 21(16), 5554.
- Park, H. S., Kim, H. W., & Park, C. J. (2016). Dynamic-interaction UI/UX design for the AREIS. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 412–418.
- Pirovano, M., Surer, E., Mainetti, R., Lanzi, P. L., & Borghese, N. A. (2016). Exergaming and rehabilitation: A methodology for the design of effective and safe therapeutic exergames. *Entertainment Computing*, 14, 55–65.
- Plan Autonómico de I+D+i (PAIDi)*. (n.d.). Portal de Aragon. Retrieved November 14, 2022, from <https://www.aragon.es/-/plan-autonomico-investigacion>
- Rendely, M. S., Nyquist, T., Boonsiri, T., Bansal, T., Crouse, M., Gorski, F., Hu, M., Trainor, D., & Gupta, A. (2021). *Automatic Personalization of User Interfaces based on User Interaction Analytics*.
- Rodriguez-Lizundia, E., Marcos, S., Zalama, E., Gómez-García-Bermejo, J., & Gordaliza, A. (2015). A bellboy robot: Study of the effects of robot behaviour on user engagement and comfort. *International Journal of Human-Computer Studies*, 82, 83–95.
- Saccá Espinoza, G. (2015). *Estrategia para el Reconocimiento de Emociones Colectivas en Entornos Sociales basados en TIC* [Master's Thesis].
- Sarkar, P., & Etemad, A. (2022). Self-Supervised ECG Representation Learning for Emotion Recognition. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 13(3), 1541–1554. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2020.3014842>
- Sarkar, U., Gourley, G. I., Lyles, C. R., Tieu, L., Clarity, C., Newmark, L., Singh, K., & Bates, D. W. (2016). Usability of commercially available mobile applications for diverse patients. *Journal of General Internal Medicine*, 31(12), 1417–1426.
- Saxena, S., Saxena, P., & Dubey, S. K. (2013). Various levels of human stress & their impact on human computer interaction. *2013 International Conference on Human Computer Interactions (ICHCI)*, 1–6.
- Sourina, O., Wang, Q., Liu, Y., & Nguyen, M. K. (2012). *EEG-Enabled Human-Computer Interaction and Applications* (pp. 251–268). https://doi.org/10.1007/978-3-642-29746-5_13
- Toda, A. M., do Carmo, R. M., da Silva, A. P., Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2019). An approach for planning and deploying gamification concepts with social networks within educational contexts. *International Journal of Information Management*, 46, 294–303.
- Torres, E. P., Torres, E. A., Hernández-Álvarez, M., & Yoo, S. G. (2020). EEG-Based BCI Emotion Recognition: A Survey. *Sensors*, 20(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/s20185083>
- Veeranki, Y. R., Ganapathy, N., & Swaminathan, R. (2021). Non-Parametric Classifiers Based Emotion Classification Using Electrodermal Activity and Modified Hjorth Features. *Studies in Health Technology and Informatics*, 281, 163–167.
- Xu, L., Hou, J., & Gao, J. (2021). A Novel Smart Depression Recognition Method Using Human-Computer Interaction System. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2021/5565967>
- Yadegaridehkordi, E., Noor, N. F. B. M., Ayub, M. N. B., Affal, H. B., & Hussin, N. B. (2019). Affective computing in education: A systematic review and future research.

- Computers & Education*, 142, 103649. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103649>
- Yang, K., Kim, J., Min, J., & Hernandez-Calderon, A. (2021). Effects of retailers' service quality and legitimacy on behavioral intention: The role of emotions during COVID-19. *The Service Industries Journal*, 41(1–2), 84–106.
- Yigitbas, E., & Sauer, S. (2014). Flexible & Adaptive UIs for Self-Service Systems. *Mensch & Computer 2014-Workshopband*.
- Yigitbas, E., Sauer, S., & Engels, G. (2017). Adapt-UI: An IDE supporting model-driven development of self-adaptive UIs. *Proceedings of the ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems*, 99–104.
- Zhang, L., Qu, Q.-X., Chao, W.-Y., & Duffy, V. G. (2017). Object-oriented user interface customization: Reduce complexity and improve usability and adaptation. *International Conference on Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management*, 404–417.

8 Apéndices

A continuación se añaden los artículos publicados que se aportan como parte de esta Tesis Doctoral.

8.1 APÉNDICE 1: Factor de impacto y Área temática de las revistas

Revista	Año de publicación	Factor de Impacto	Categoría	Cuartil
International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing	2021	0,773	Computer Science, Information Systems	Q4
Journal of biomedical informatics	2020	6,317	Computer Science, Interdisciplinary Applications	Q1
Applied Sciences *	2022	2,838	Engineering, Multidisciplinary	Q2
Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO) **	2021	-	Interacción Persona-Ordenador	-

Nota: El factor de impacto y el cuartil corresponden al indicador Journal Citation Reports (JCR) según el año de publicación.

* En esta revista el factor del impacto y cuartil corresponden al año 2021 debido a que los datos referidos al año de publicación (2022) no se han hecho públicos todavía.

** La revista *Interacción* es una publicación de la Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO), centrada en la comunidad española e iberoamericana. Su objetivo es difundir la Interacción Persona-Ordenador (IPO) y servir de vínculo entre los científicos y profesionales que desarrollen actividades en este ámbito. *Interacción* selecciona los artículos para publicar en un sistema de revisión por pares, doble ciego, siguiendo las prácticas de las buenas revistas académicas. Además, *Interacción* defiende que la publicación de acceso abierto que fomente el avance del conocimiento científico a disposición de todos

8.2 APÉNDICE 2: Contribución del Doctorando a los artículos

1. **Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., Jiménez, J.M., Lloret, J., & Serrano, T. (in press). Ubiquitous monitoring of liver transplantation patients. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing.**
 - Conceptualización.
 - Diseño y desarrollo de la aplicación.
 - Ejecución de las pruebas con los usuarios.
 - Tratamiento de los datos y su análisis estadístico.
 - Redacción del paper.
 - Maquetación y diseño gráfico.
 - Mejoras del paper según las correcciones requeridas por los expertos.
2. **Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., & Gallardo, J. (2020). A methodology for the design and development of gamified mobile apps for monitoring cancer survivors. Journal of biomedical informatics, 106, 103439.**
 - Conceptualización.
 - Ejecución de la metodología.
 - Diseño y desarrollo de la gamificación en aplicación.
 - Tratamiento de los datos y su análisis estadístico.
 - Redacción del paper.
 - Maquetación y diseño gráfico.
 - Mejoras del paper según las correcciones requeridas por los expertos.
3. **Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., & Lloret, J. (2022). EmotIoT: An IoT system to improve users' wellbeing. Applied Sciences, 12(12), 5804.**
 - Conceptualización.
 - Revisión de la literatura.
 - Diseño y desarrollo del algoritmo de predicción y recomendación.
 - Ejecución de las pruebas con los pacientes.
 - Tratamiento de los datos y su análisis estadístico.
 - Redacción del paper.
 - Maquetación y diseño gráfico.
 - Gestión del envío a la revista.
 - Mejoras del paper según las correcciones requeridas por los expertos.
4. **Navarro-Alamán, J., Gilaberte, R. L., & Bagdasari, E. C. (2021). Una propuesta de caracterización inicial de mayores para el desarrollo de interfaces adaptativas. Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO), 2(2), 34-41.**
 - Conceptualización.

- Revisión de la literatura
- Diseño y desarrollo de la aplicación de accesibilidad adaptada.
- Ejecución de las pruebas con los usuarios.
- Tratamiento de los datos y su análisis estadístico.
- Redacción del paper.
- Maquetación y diseño gráfico.
- Gestión del envío a la revista.

8.3 APÉNDICE 3: Otros artículos

8.3.1 Close2U: An App for Monitoring Cancer Patients with Enriched Information from Interaction Patterns

Cita completa:

Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., Gallardo, J., Ibarz, E., & Lloret, J. (2020). Close2U: An App for Monitoring Cancer Patients with Enriched Information from Interaction Patterns. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020.

Research Article

Close2U: An App for Monitoring Cancer Patients with Enriched Information from Interaction Patterns

Javier Navarro-Alamán,¹ Raquel Lacuesta,^{1,2} Iván García-Magariño ,^{3,4} Jesús Gallardo,¹ Elena Ibarz,⁵ and Jaime Lloret^{6,7}

¹Department of Computer Science and Engineering of Systems, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain

²Instituto de Investigación Sanitaria Aragón, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain

³Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain

⁴Instituto de Tecnología del Conocimiento, UCM, Madrid, Spain

⁵Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain

⁶Integrated Management Coastal Research Institute, Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, Spain

⁷School of Computing and Digital Technologies, Staffordshire University, Stoke, UK

Correspondence should be addressed to Iván García-Magariño; igarciam@ucm.es

Received 27 October 2019; Revised 29 May 2020; Accepted 16 June 2020; Published 15 July 2020

Academic Editor: Jesus Fontecha

Copyright © 2020 Javier Navarro-Alamán et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The management of cancer patients' symptoms in doctor consultations is a cornerstone in clinical care, this process being fundamental for the follow-up of the evolution of these. This article presents an application that allows collecting periodically and systematically the data of cancer patients and their visualization by the medical team. In this article, we made the analysis, design, implementation, and final evaluation by analyzing the correlation of this data collection with interaction patterns to determine how the user information can be enriched with information from the interaction patterns. We have followed an agile methodology based on the iterative and incremental development of successive prototypes with increased fidelity, where the requirements and solutions have evolved over time according to the need and assessments made. The comprehensive analysis of the patient's condition allowed us to perform a first analysis of the correlation of the states of patients concerning mood, sleeping quality, and pain with the interaction patterns. A future goal of this project is to optimize the process of data collection and the analysis of information. Another future goal is to reduce the time dedicated to reporting the evolution of symptoms in face-to-face consultations and to help professionals in analyzing the patient's evolution even in the period that has not been attended in person.

1. Introduction

The management of the symptomatology of patients consumes more than half the time spent by health professionals in monitoring the patient's evolution. It is considered a cornerstone of clinical care, particularly for patients with chronic diseases. However, symptoms and physical disabilities are not detected by health professionals until the patient has an appointment. As a result, the opportunity to intervene and alleviate suffering is lost. In addition, the incomplete information in the Electronic Health Records (EHRs) limits the ability of medical professionals to understand the results of patients. There are several mHealth applications that can remotely monitor patients to overcome this barrier in many

medical fields, such as the app for monitoring patients with risk of suffering cerebral strokes by means of cloud services [1]. There are systems based on wearables that also monitor patients, like the wireless body area network system for controlling obesity [2]. There are proposals for monitoring patients with 5G networks, such as the architecture and protocol for smart eHealth monitoring [3].

The number of people who suffer and overcome cancer is continuously increasing, so there is a great concern for their quality of life and quality of care. Most of these people adapt well psychologically and physically after completing their initial treatment. Thus, it is essential to identify the needs in progress to provide support as soon as possible. The need of monitoring oncological patients is considered a fundamental

aspect in their follow-up [4], the main objective being the maximization of the benefits of treatments adjusted to the effects and reactions. The impact of knowing the disease greatly influences the roles played by patients at home, at work, and in their community [5].

The articles [6, 7] agree that there are usability problems in health applications. Therefore, the participation of patients in the design is very important, so that it can have an impact on the state of patients through the use of the app. According to [6], patients are interested in using these new technologies, but current tools are not suitable for them. For this reason, we aim at analyzing the data and give patients control over the collection of their data and see how their status affects the use of the application.

In this work, the end users are cancer patients, being the evaluation of all the possible influential factors on their evolution (psychic, physical, treatments, and pharmacology) fundamental. For a better design and development of the application, we follow a patient-centered design, with patients and medical professionals in successive interviews with them.

The objective of the present study is to perform an integral follow-up of cancer patients through the use of a mobile application that allows registering the levels of physical and psychological follow-up, as well as additional influential parameters in its evolution: treatments, medication, activities carried out, and quality of sleep among others. This monitoring allowed professionals to evaluate the effectiveness of the treatments, as well as to guide or personalize their selection, identifying additionally the population at risk and thus improving the quality of life of patients.

Additionally, parameters are recorded to take interaction patterns into account, such as the choice changes made by the patient when replying to each question and the whole reply time. Through the study of the collected data, we made an analysis of the relationship between user variables (concerning mood, sleeping quality, and pain) and the interaction patterns.

The rest of the paper is structured as follows. The related work is studied in Section 2. Section 3 analyzes the materials and methods that we use in this research. The results of the research are presented in Section 4. Section 5 discusses the results and the limitations. Finally, the conclusion and future work are mentioned in Section 6.

2. Related Work

The Human-Computer Interaction (HCI) applied to the field of health is increasingly essential in the development of interactive systems for medical professionals and patients [8]. The work of medical professionals (doctors, psychologists, etc.) can be simplified by the continuous use of technology to obtain information in real time from patients. Patients can be supported by technology during their treatment or recovery process, both in the diagnosis and treatment phases, and in the case of having successfully overcome the disease. Providing patients with these applications can be beneficial for them as they are more pleasant, or at least not as monotonous, in their treatment of the

disease. In addition, one can motivate them to complete their daily tasks and their treatment such as daily activities and medication. One of the main objectives is to improve the monitoring of patients with the aim of also improving the quality of life of people. For this purpose, the HCI discipline contributes to the design of usable interfaces that improve the record of their evolution.

The analysis of emotions has begun to acquire scientific interest according to the possible applications, increasing the number of studies related to the emotional component and its form of evaluation in different areas [9].

The role of emotional communication in the context of HCI is very relevant and challenging when considering the different areas of technological application [10], like in the example that focuses on remote medical care and assistive technologies. In this area, there is an increasing interest in this type of research, which includes a synthesis of the effects and emotion. Emotions affect human behavior and the system, so when a user is using an application, their emotional state can affect the usability of the system [11].

The term mHealth is defined as the union of mobile computing, medical sensors, and communication technologies for health care [12]. MHealth is an upgrowing field about the application of mobile technologies in health, which in recent years has emerged as an important segment of telemedicine and its main objective is to improve health services, integrating the benefits of mobility and ubiquity, typical of mobile systems, to the care treatments of traditional health, pretending to bring health care to people and not people to the health system. MHealth applications are creating mechanisms for the exchange of information related to health care, even in remote and low-income areas, due to the large area of coverage and social influence of mobile telephone networks, becoming a factor strategic to save lives [13]. In this context of mHealth, we will focus on the follow-up of cancer patients.

In addition to the intervention of the doctors in the consultations with their patients, another relevant aspect is the optimization of their next consultations before doing them. In this way, they can improve the way in which the medical professionals dictate a new treatment. There is an application of medical treatment to optimize the consultations of medical patients according to the known preferences and other selection criteria [14]. That work refers to optimizing the appointments of the patients, the insurance payment options, the treatment in the medical facilities, and other aspects of the interactions between patients. The application gathers data from the patient's history and calculates a placement score in a medical center based on a plurality of parameters of the user's medical history associated with the user's medical history and schedules the medical care consultation at a medical center that provides the highest placement score in a medical center. Many more applications are being developed and can be downloaded through the Google Play Store for Android phone users. Some of the mHealth systems are for some hereditary diseases and disorders [15], cancer-based apps [16–19], or studies on the impact of stress or emotions on the interaction with the application [11, 20].

Android Mobile Informatics Application for Some Hereditary Diseases and Disorders (AMAHHD) is a complementary framework for medical practitioners and patients. The mobile application will help to sensitize and complement the efforts of biomedical, medical, and bio-informatics researchers working in the areas of inheritance research and genetics. AMAHD has proven to be a valuable resource for the research company in the battle against hereditary diseases and disorders [15].

There are some cancer-based applications. For instance, a smartphone-based pain management app for adolescents with cancer provides patients pain management support based on their individual pain [16]. Another article evaluates the usability of their app and shows the results of the iterative development of their app. Its authors inform other developers and researchers in development, integration, and evaluation of mobile health apps and services that support cancer patients in managing their health-related issues [17]. The goal of another app is to stabilize a daily functional activity in breast cancer patients. App-using participants could more frequently report adverse events, and those under supervision made fewer and more precise entries than unsupervised participants [18]. The last reviewed app is a smartphone app framework for segmented cancer care coordination, which provides both medical risk assessment and health care monitoring functions [17]. However, none of these apps considered information from interaction patterns to enrich the extracted information, as the current work does.

Besides implemented applications, some papers have studied the impact of emotions over the medical applications and how emotions can be related to the usability of the system that they are interacting with [11, 20]. Defining the stress level of the user can train the system in such a way that it could not only detect the user's stress level but can also modify itself accordingly, thereby increasing the usability of the system and the user satisfaction [11]. In [20], it is shown that experiencing negative emotions during the use of the system can negatively influence important user behaviors, including the client's decisions regarding the application.

In conclusion, monitoring and reminder applications have been helpful for users in assisting them in monitoring and keep track of the patient's health care records as well as their medication intake, and there are some studies that show how the emotions can affect the usability of mobile applications. This motivates the development of Close2U application with the intention to help the medical practitioners with the analysis that the app can bring them and help them in improving the treatment for the patient. In addition, a novelty of Close2U app is that it shows that the analysis of interaction patterns can enrich self-reported user information. This work analyzes the correlations among cancer-patient variables and interaction-pattern variables.

3. Materials and Methods

3.1. Materials: Close2U App. The main material for this research is the mobile application Close2U. The application

contemplates the integral monitoring of patients. Patients were able to see and manage both their medication and their appointments. For the part of the appointments that have both with the psychologist and with the doctor, a section was designed in which they can visualize the appointments in a calendar or in a detailed list, and they can be managed by them. The part of the patient's medication has also been designed, in this way they can keep track of his prescriptions, allowing them to visualize and manage them themselves; the medication can be viewed weekly or through a list with the details.

The methodology used for the application Close2U was an agile methodology based on the iterative and incremental development of successive prototypes with increased functionality. The application has evolved in its phases of analysis, design, implementation, and evaluation. The successive refinements have allowed the evolution of the prototypes and the increase of their functionality and quality. The agile methodology may be the most appropriate for projects that suffer a high number of changes and need more control and communication with the client in real time and allows both adapting to problems that may arise and making the necessary changes at the beginning of each phase, without having to wait to finish all the actions.

Nowadays, it is crucial to incorporate the user into the design and implementation cycle of a mobile application. In addition, in the medical-scientific research community, there is a growing thought that states that the control and prevention of cancer must incorporate a communication with the patient [10]. In this way, the benefit of current medical discoveries in diagnosis and treatment is maximized, particularly in the emerging era of personalized medicine. Although patient-medical communication has focused on results such as patient satisfaction, understanding, and assessment, we must strengthen the understanding of how these can impact on their attitude and the results of the disease [10]. Throughout all phases of development, we have worked in cooperation with the psychologists of the AECC (Spanish Association against Cancer) in Teruel, who were present throughout the cycle of design, implementation, and evaluation of the product.

To design and develop the application, a conceptual framework was first made; then the necessary algorithms for data capture were designed and the software tools necessary to design it were selected. The developed application allows one to treat and use all the information collected about physical condition, activities, treatments, and so on. Each element of the follow-up was fundamental to know the overall situation of the patient, maintaining their privacy. Information was collected and, in order of priority, actions to be carried out were defined.

3.1.1. User Interface of Close2U App. This section presents the user interface showing the most relevant screens of the final implementation of Close2U app. The changes that occurred in the successive evaluations will be explained, since changes were made throughout the implementation,

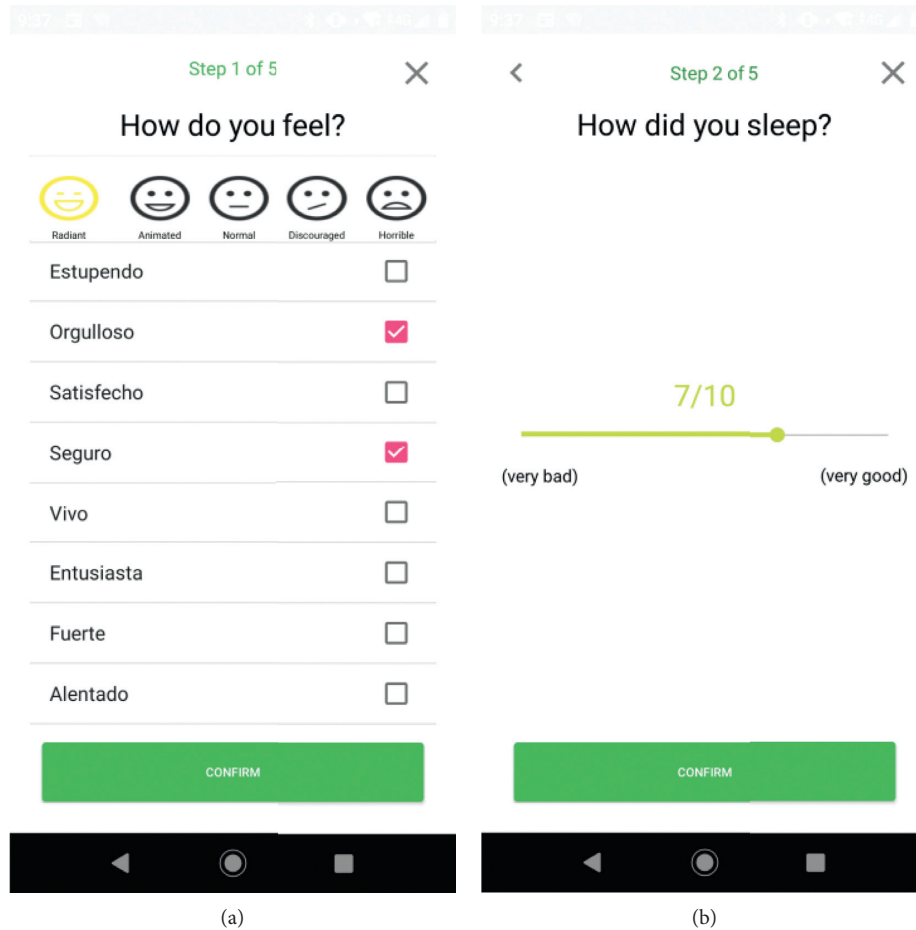


FIGURE 1: Screens of the user interface 1: (a) mood selection and (b) sleep quality selection.

with the help of the evaluation we made together with the psychologists and the cancer patients.

Figure 1(a) shows the screen in which the patient is asked about their mood. It is a question that had many changes since at the beginning, the emotions were not taken into account, only the mood, which limited the patient to specifying his mood. Once the emotions were introduced, it was possible to clarify in more detail how they feel, opening the way to a new “mood register” called “Undecided”; this state of mind depends on the emotions that the patient selects. When the patient selects various moods, the medical professional can see the situation of patient’s indecision.

In the screen of Figure 1(b), one can see the question about sleep quality. This screen was modified several times according to the requirements and evaluation meetings established by the psychologists of the AECC Teruel; it was decided to show the patient in a numerical form from 0 to 10, since it is more comfortable and clearer in terms of usability. This same change was also made with the level of pain, which is presented later in Figure 2(b).

Figure 2(a) shows the options to assess whether you feel pain or discomfort, or do not feel both. Initially only the pain was registered, but later considering the comments from patients and psychologists, it was later decided to add a differentiation between pain and discomfort.

Another valued aspect was the parts where the patient felt pain or discomfort, and a screen was made with which the patient could visualize a body in which a pain could be indicated by buttons to make it more visual. This is intended to be more intuitive for the patient as seen in Figure 2(c), since at first there was no image but simply buttons.

3.1.2. Internal Functioning of Close2U App. The purpose of the design phase was to ensure that the developed application meets the requirements of the end user before the prototype is translated into the production application. We used the Unified Modeling Language (UML) for defining the design diagrams.

To carry out the plan of user activities, the psychologists of the AECC Teruel were taken into consideration. In this way, the interactions that the user must perform with the application were identified. Figure 3 shows how patient interacts with the application when carrying out the surveys. In each question, the app checks that the answer is valid and continues to the next question until the end of the questionnaire. The replies are sent through the API, and it will be verified that the survey has been registered. In the user interface, the app confirms the patient that the survey has been successfully registered.

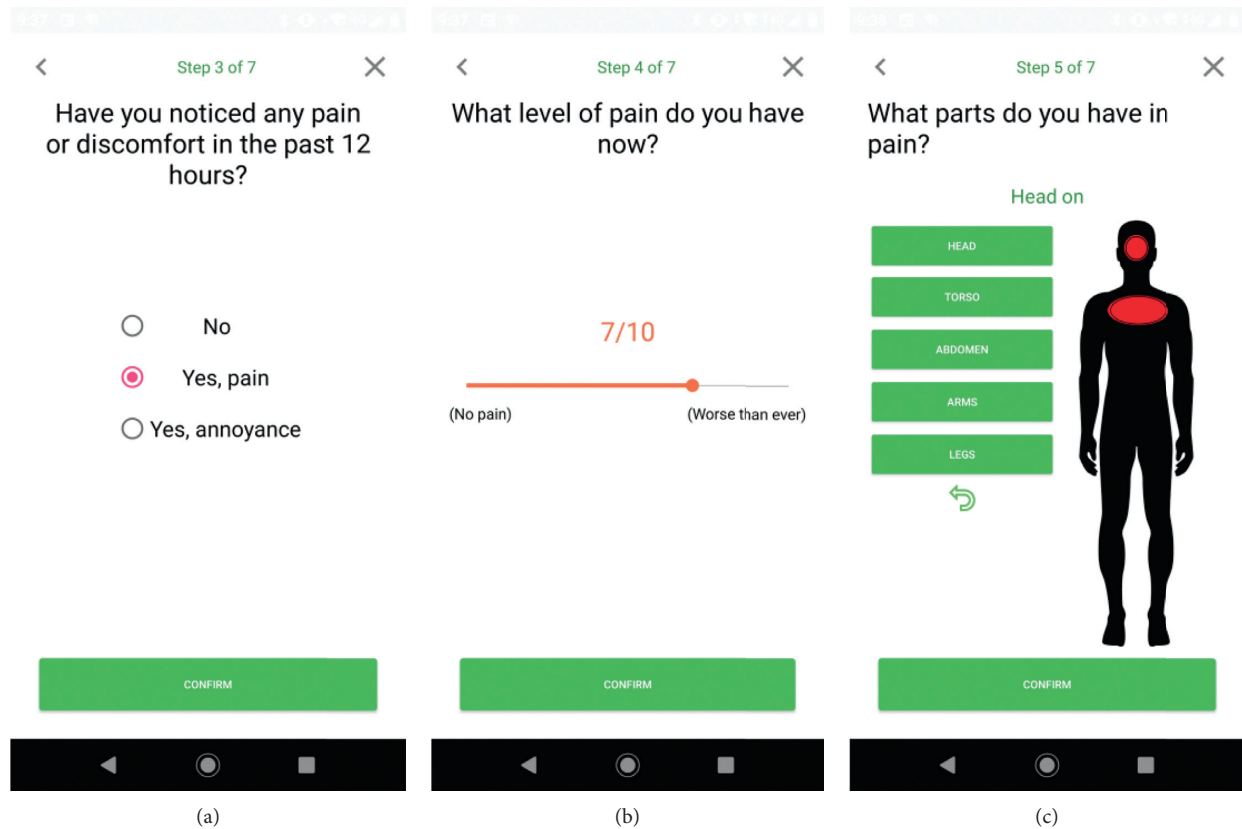


FIGURE 2: Screens of the user interface 2: (a) pain/discomfort selection, (b) pain level selection, and (c) body parts with pain selection.

For the selection of the questions to be shown in the survey, a previous analysis was carried out and they were refined through successive evaluations. Next, the interface associated with each of them was designed, as described in Section 3.1.1. For this stage, the flow of activities and their order were designed, so that in this way the patient will "connect" better with the survey and neither feels bad when doing it nor gets bored along with it.

In the next stage of the design, once the activities were defined, a sequence diagram was defined, and Figure 4 presents this diagram, in which we show how the surveys work internally in the application. For all the questions shown on the screen, in parallel when the patient answers each question, the change is added to that answer. Then, when the patient confirms their answer, it goes to the next question. For the first and last questions, there are special sequences. In the first question, the start time of the survey is recorded and in the last question the total time is calculated, the response is sent to the server, and finally, the survey ends.

At the sequence diagram, the objects are shown as lifelines along the survey and with their interactions over time represented as arrows from the origin lifeline to the destination lifeline. Sequence diagrams are appropriate for showing which objects communicate with each other and the messages that trigger those communications.

For the implementation, the IDE (Integrated Development Environment) Android Studio was used, together

with its emulator to perform the patient part. The implementation and validation were carried out over twelve months.

The validation of the application has been made from the requirements analysis phases until the final implementation with the medical professionals of the AECC Teruel. The first tests with patients allowed us to correct the existing conceptual and design errors.

Once the first functional prototype of the application was ready, tests were carried out with the users. Based on them, we got back to the design phase and improved the design. Through the evaluation carried out, the interfaces were modified to improve aspects of the usability and functional application, for example, so that this would be intuitive for the patient. In addition, being able to assess the mood of the users during the use of the live system had a practical meaning for the design and improvement of our application.

3.2. Methods

3.2.1. Participants. There were 23 users that voluntarily participated in this study, without any economical compensation. They were 50.21 years old in average with a standard deviation (SD) of 10.09. They were 6 males and 17 females. The sample included 7 cancer patients and 16 healthy people.

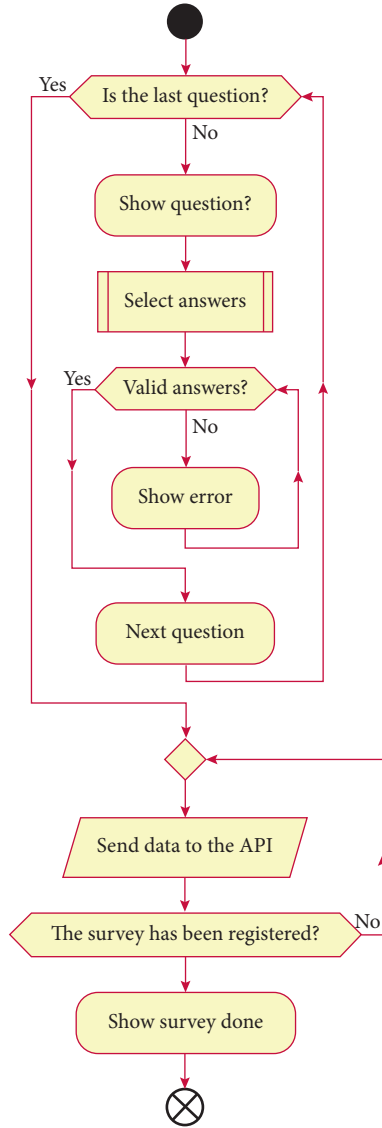


FIGURE 3: Activity diagrams of Close2U app.

3.2.2. Measures. We evaluated sleep quality with the self-reported question “How did you sleep?” replied in a 0–10 range (zero meaning the worst sleep quality and ten meaning the best). We determined the existence of pain with the question “Have you noticed any pain or discomfort in the last 12 hours?” with an answer from “yes,” “no,” and “discomfort” options. If the user replied affirmatively, then the app asked, “What level of pain/discomfort do you have now?” which was answered in a 1–10 range (one, minimum pain level and ten, maximum). The app recorded zero level if the user had previously answered to feel neither pain nor discomfort. We evaluated the mood by asking the user “How are you feeling?” with a multiple response among 97 moods classified in five mood categories (1: horrible, 2: discouraged, 3: normal, 4: animated, and 5: radiant), categorized by the medical professionals with who we worked in every step of the design and development of the app. These moods were the following ones:

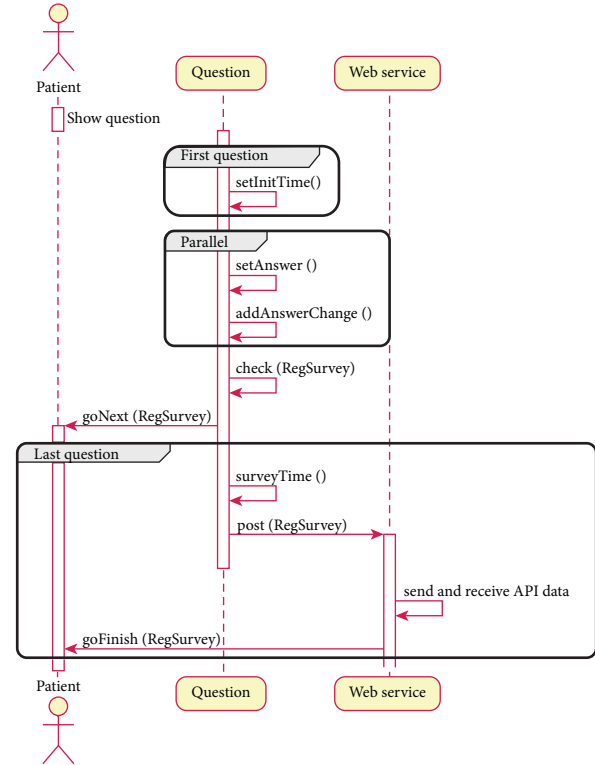


FIGURE 4: Sequence diagram of Close2U app.

- (i) Category 1: overwhelmed, agitated, ashamed, depressed, angry, exhausted, hurt, scared, alone, apprehensive, defeated, desperate, despondent, exhausted, helpless, angry, frustrated, impatient, pessimistic, self-critical, irritated, defensive, despised, and resentful
- (ii) Category 2: guilty, stressed, angry, bad, grumpy, dizzy, nervous, sad, discouraged, apathetic, worried, anxious, agitated, hurt, disappointed, distressed, nostalgic, offended, hungry, lacking confidence, impotent, repentant, insecure, and rejected
- (iii) Category 3: bored, confused, asleep, busy, pensive, tired, neutral, unequal, confused, hesitant, lazy, disconnected, reserved, indifferent, apprehensive, conflicted, disconnected, reserved, indifferent, scattered, restless, sensitive, and vulnerable
- (iv) Category 4: well, happy, awake, relieved, cared, empathetic, not critical, confident, calm, and sincere
- (v) Category 5: super, proud, satisfied, confident, alive, enthusiastic, strong, encouraged, excited, grateful, hopeful, and open-minded

We labeled the responses with more than one mood as undecided. We assessed the indecision for each question with the number of times that the user changes their reply before submitting it. We applied this measure to (a) sleep quality, (b) whether the user felt pain, (c) the level of this pain, and (d) the mood.

We used System Usability Scale (SUS) [21] to measure the usability of the app.

TABLE 1: Relation of mood changes and time of realization.

Average	Undecided	Radiant	Animated	Normal	Discouraged	Horrible
Num. changes when selecting mood (#)	1.57	0.22	0.39	0.24	0.67	1.50
Survey completion time (mm:ss)	00:57	01:08	00:57	01:00	01:16	01:36

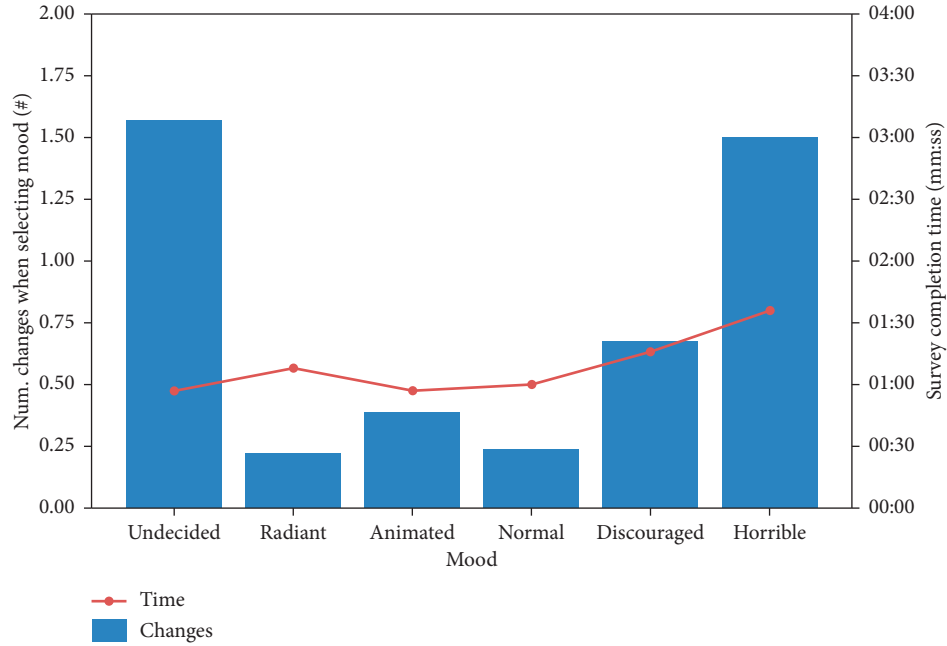


FIGURE 5: Relation of mood changes and time of realization.

3.2.3. Protocol. Firstly, we followed a user-centered design. Three psychologists familiar with cancer tested the Close2U app during the whole development process and provided feedback. The developer improved the app following their recommendations until they were satisfied, to achieve a high level of usability. In this way, the functionalities of the app were enriched according to the common specific needs of cancer patients and their doctors.

The app was uploaded to Google Play, which is the main store of apps for Android. We encouraged cancer patients to use the app in a noncontrolled environment, advising them to use the app regularly.

We measured the collected information about users (related to mood, sleep, and pain) and the information from interaction patterns (number of changes when selecting replies to specific questions and the global survey time). We analyzed the correlations among all these variables.

We measured the usability of the app at the end of the study with SUS scale.

4. Results

Table 1 shows (a) the average of the changes made by the patient each time he had to choose the emotions that mark his mood and (b) the time the survey took.

In Figure 5, it can be observed that the patient modifies his response in a greater number of occasions when his mood is negative. When the users are undecided, they

usually take more changes before selecting their final state. Also, in this case, they select more than one state of mind. The average of the number of changes in this case is 1.57. Regarding the total time of the survey, this was generally longer when the patient felt worse.

In a first approximation, it can be estimated that the indecision corresponds to positive moods, since the average completion time of the undecided survey was similar to the times of positive states.

Table 2 shows the average of the changes made by the patient each time he had to choose the level of pain and the time in which he performs the survey.

What we can observe in the graph of Figure 6 is an increase in the number of changes that the patient made when they had more pain, as in the time of conducting the survey that is higher when the patient chose a higher level of pain. This relation was also observed in other experiments, as one can see in the next presented graph.

Table 3 shows an average of the changes made by the patient when he had to decide if he had pain or not, and in the case of having pain if it is discomfort or pain and the time in which he performed the survey.

In the graph of Figure 7, it can be seen to what extent it affected that the patient did not have pain, and we found that it took less than half the time to complete the survey. When comparing pain and discomfort, there were not such differences in the time to carry out the survey.

TABLE 2: Relation of pain level changes and time of realization.

Average	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Num. changes when selecting pain level (#)	0.08	0.42	0.78	0.42	0.93	0.67	0.31	0.61	1.00	1.43
Survey completion time (mm:ss)	01:40	01:29	01:19	01:30	01:16	01:17	00:59	01:43	03:35	02:30

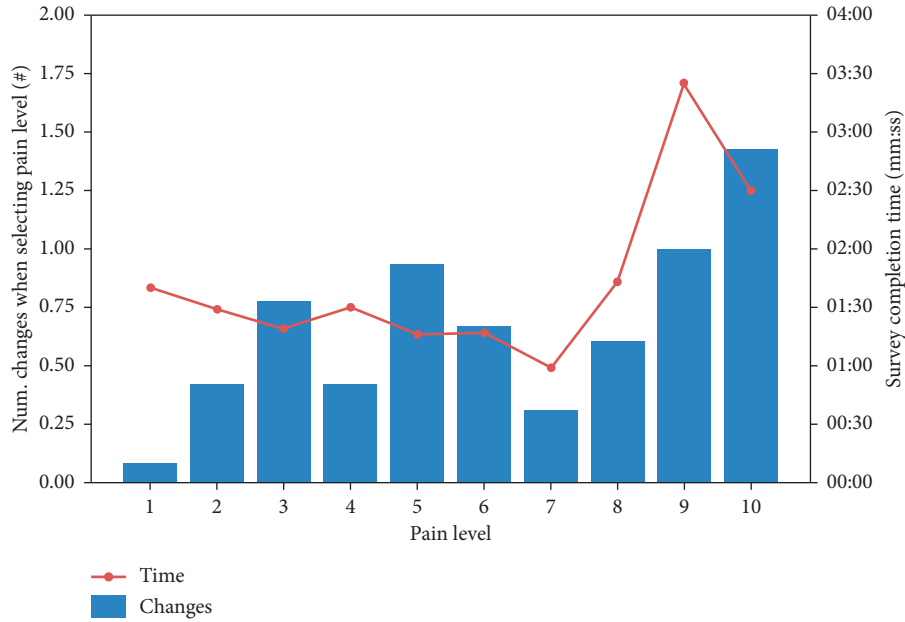


FIGURE 6: Relation of pain level changes and time of realization.

TABLE 3: Relation of pain changes and time of realization.

Average	No pain	Pain	Discomfort
Num. changes when selecting pain (#)	0.00	0.04	0.13
Survey completion time (mm:ss)	00:49	01:22	01:24

Table 4 shows an average of the changes that the patient makes when deciding the level of sleep and the time in which the survey is performed, for each sleeping-quality level. Figure 8 shows this information graphically. One can observe that with the exception of a peak in level 1, the time of conducting the survey barely changed. By contrast, the number of changes was higher when the patient had slept better.

What we can observe in the graph of Figure 8 is that, with the exception of the peak that exists in level 1 of sleep, the time of accomplishment of the survey hardly changed. On the other hand, the number of changes increased as the patient had slept better.

In order to determine if there were statistically significant correlations, we conducted the Pearson correlation test between user variables (i.e., mood, sleeping quality, the existence of pain, and pain level) and the number of changes when selecting these variables. Table 5 shows the results of this test. We considered 497 cases (considering a case each time a user performed the complete survey in the app) for this analysis. We considered 2-tailed significances as we did

not know whether the correlations would be direct or inverse beforehand.

Regarding the user variables and interaction patterns concerning the numbers of changes, the test found significant correlations in the pairs (a) mood and number of changes when selecting mood, (b) sleep and number of changes when selecting sleep, (c) pain and number of changes when selecting pain, (d) pain and number of changes when selecting pain level, (e) pain level and number of changes when selecting mood, (f) pain level and number of changes when selecting sleep, (g) pain level and number of changes when selecting pain, and (h) pain level and number of changes when selecting pain level. Concerning the user variables among each other, the test found significant correlations in all the possible pairs among the user variables (1) mood, (2) sleep, (3) pain, and (4) pain level. All the significant correlations between mood-related variables and other variables had a negative correlation coefficient. However, all the significant correlations among non-mood-related variables had a positive correlation coefficient.

In order to determine if the correlations between survey time and user variables were significant, we

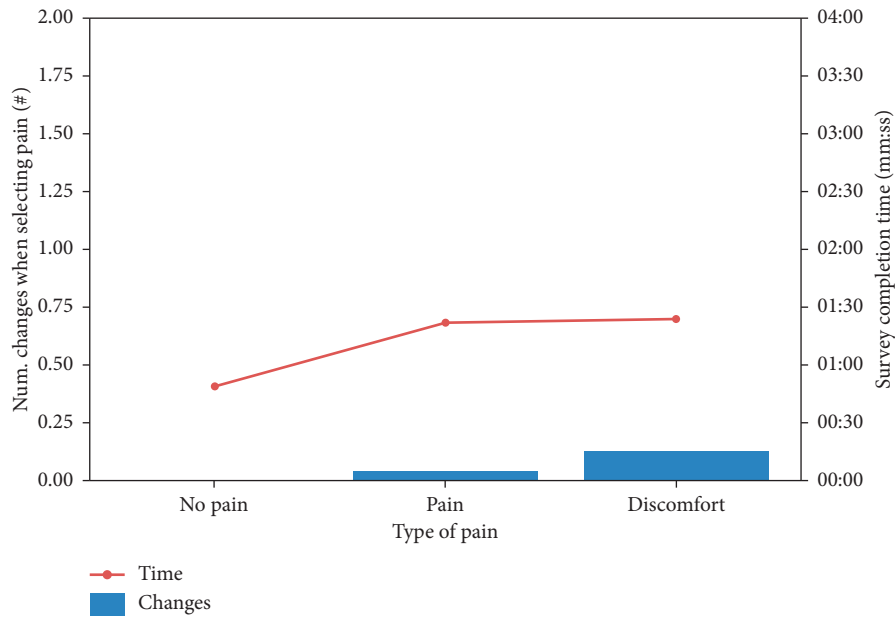


FIGURE 7: Relation of pain changes and time of realization.

TABLE 4: Relation of sleep quality changes and time of realization.

Sleeping quality	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Num. changes when selecting sleep quality (#)	0.00	0.00	0.14	0.27	0.15	0.23	0.12	0.56	0.75	0.58	1.07
Survey completion time (mm:ss)	01:06	04:25	01:19	00:51	00:53	01:05	00:54	01:07	01:11	00:57	01:05

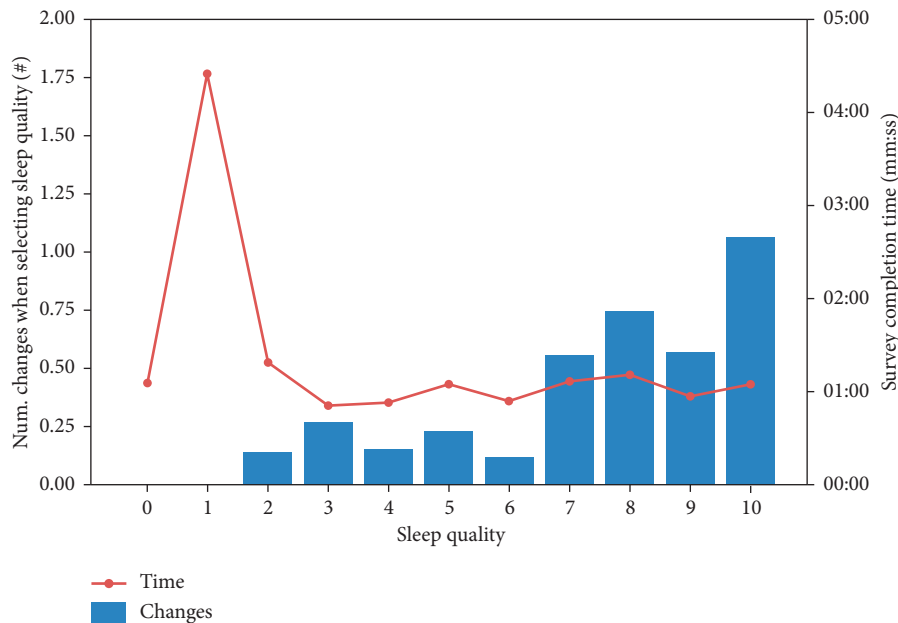


FIGURE 8: Relation of sleep quality changes and time of realization.

conducted Pearson's correlation test, and Table 6 shows the results. This test found significant correlations between (a) survey time and (b) the pain-related variables including pain and pain level.

Regarding usability, the average result of SUS test was 69.2 in the standard range of 0–100, and the standard deviation (SD) was 20.0. Figure 9 shows the results of the individual items from the SUS scale.

TABLE 5: Pearson's correlation test between user variables and number of changes when selecting the response for these variables, respectively.

		Mood	Num. changes when selecting mood	Sleep	Num. changes when selecting sleep	Pain	Num. changes when selecting pain	Pain level	Num. changes when selecting mood pain level
Mood	Pearson's correlation	1	-0.172**	-0.133**	-0.054	-0.158**	-0.080	-0.335**	-0.035
	Sig. (2-tailed)		0.000	0.003	0.234	0.000	0.074	0.000	0.438
	N	497	497	497	497	497	497	497	497
Num. changes when selecting mood	Pearson's correlation	-0.0172**	1	0.084	0.166**	-0.052	0.023	0.115*	0.035
	Sig. (2-tailed)	0.000		0.061	0.000	0.244	0.608	0.010	0.433
	N	497	497	497	497	497	497	497	497
Sleep	Pearson's correlation	-0.133**	0.084	1	0.300**	0.121**	0.027	0.125**	0.037
	Sig. (2-tailed)	0.003	0.061		0.000	0.007	0.548	0.005	0.412
	N	497	497	497	497	497	497	497	497
Num. changes when selecting sleep	Pearson's correlation	-0.054	0.166**	0.300**	1	0.053	-0.025	0.139**	0.402**
	Sig. (2-tailed)	0.234	0.000	0.000		0.234	0.581	0.002	0.000
	N	497	497	497	497	497	497	497	497
Pain	Pearson's correlation	-0.158**	-0.052	0.121**	0.053	1	0.194**	0.703**	0.393**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.244	0.007	0.234		0.000	0.000	0.000
	N	497	497	497	497	497	497	497	497
Num. changes when selecting pain	Pearson's correlation	-0.080	0.023	0.027	-0.025	0.194**	1	0.149**	0.049
	Sig. (2-tailed)	0.074	0.608	0.548	0.581	0.000		0.001	0.274
	N	497	497	497	497	497	497	497	497
Pain level	Pearson's correlation	-0.335**	0.115*	0.125**	0.139**	0.703**	0.149**	1	0.371**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.010	0.005	0.002	0.000	0.001		0.000
	N	497	497	497	497	497	497	497	497
Num. changes when selecting mood pain level	Pearson's correlation	-0.035	0.035	0.037	0.402**	0.393**	0.049	0.371**	1
	Sig. (2-tailed)	0.438	0.433	0.412	0.000	0.000	0.274	0.000	
	N	497	497	497	497	497	497	497	497

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). *Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

TABLE 6: Pearson's correlation test between survey time and user variables.

		Survey time	Mood	Sleep	Pain	Pain level
Survey time	Pearson's correlation	1	-0.049	0.007	0.335**	0.323**
	Sig. (2-tailed)		0.272	0.874	0.000	0.000
	N	497	497	497	497	497
Mood	Pearson's correlation	-0.049	1	-0.133**	-0.158**	-0.335**
	Sig. (2-tailed)	0.272		0.003	0.000	0.000
	N	497	497	497	497	497

TABLE 6: Continued.

		Survey time	Mood	Sleep	Pain	Pain level
Sleep	Pearson's correlation	0.007	-0.133**	1	0.121**	0.125**
	Sig. (2-tailed)	0.874	0.003		0.007	0.005
	N	497	497	497	497	497
Pain	Pearson's correlation	0.335**	-0.158**	0.121**	1	0.703**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.007		0.000
	N	497	497	497	497	497
Pain level	Pearson's correlation	0.323**	-0.335**	0.125**	0.703**	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.005	0.000	
	N	497	497	497	497	497

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

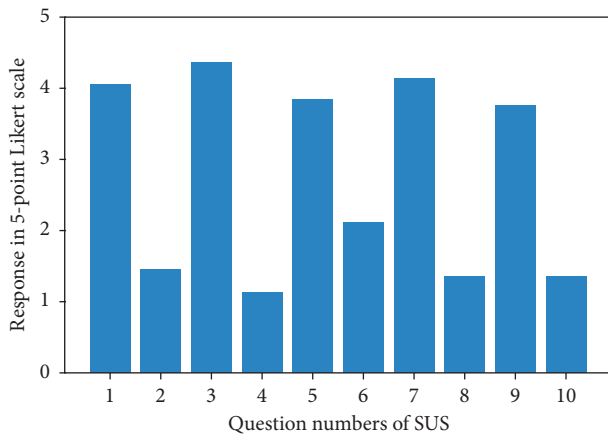


FIGURE 9: Results of the SUS scale.

5. Discussion

We detected a correlation between mood and the number of changes when selecting the answers. This reveals that the number of changes when selecting mood is relevant as it is correlated with useful information. This implies that cancer apps can collect enriched information from users by counting the number of changes when selecting a response in questions. Therefore, interaction patterns provided relevant information concerning moods.

The results revealed that users were doubtful (i.e., they changed the replies more times) when selecting (a) negative moods, (b) high-quality levels of sleep, and (c) high levels of pain. Notice that we distinguished between low and high values for each user variable, and this was concluded from the sign of correlation coefficients. For example, in the case of moods, this may reveal that users perceived negative emotions as a combination of some basic emotions, in accordance to the theory of Ekman [22] about basic emotions, rather than for positive emotions.

Another relevant finding was that pain level was significantly correlated with all the other studied variables including the user variables and the numbers of changes when selecting any user variable. Hence, pain level was the variable with most relevant information due to its correlations with all the other variables.

In the significant correlations, the sign of correlation coefficients showed that mood-related variables were inversely correlated with sleep-related variables and pain-related variables. The inverse correlation between mood and sleep variables makes sense because the pain negatively influenced on the mood of users, as the pain probably did not let them sleep well.

The correlation between the survey time and the pain (including the existence and its level) revealed that the interaction patterns also provided useful information about pain. The survey of the app dedicated a large part to the pain, since the user was asked about the specific locations of the pain in a silhouette-based interface. Users spent more time depending on when they had a higher level of pain. Thus, future applications for cancer patients with silhouette-based interfaces could indirectly help in estimating the pain level.

One of the limitations of this research is the small sample size of participants. This sample size only allowed us to detect correlations with large effect sizes. Thus, we may have not detected correlations with small or medium effect sizes.

6. Conclusion and Future Work

A mobile application has been developed that performs a complete follow-up of the patient. This article has focused on the self-reported moods, sleeping quality, and pain when the patient is using our application, to provide a tool for psychologists to (a) improve their treatment, (b) improve appointments with them, (c) carry out a daily monitoring of patients, and (c) be able to communicate with them outside face-to-face consultations. This increased the patients' sense of being taken care of daily, since they did not feel alone.

This article shows (1) how a mobile health application can assist patients in being more active in managing their care, (2) how the emotions affect when completing the survey, and (3) taking more time or making more changes usually depend on their mood, pain, or sleep quality at that time. Our research revealed that interaction-patterns variables provided useful information from some user variables, proved with the statistically significant correlations detected in this study.

This work motivates future research concerning the extraction of implicit information from interaction patterns in cancer monitoring apps. The correlation between user variables and interaction patterns triggers a

promising research line about getting patients' information from their patterns when interacting with apps, being able to enrich the collected information with this non-self-reported information. This research could also lead to take implicit-extracted mood to adapt the interface to the needs of patients.

According to medical professionals, the app helped them to collect relevant data about the disease more easily than if they had had to collect these manually. In the future, we plan to analyze how treatment improves and how waiting times are reduced before face-to-face consultations.

In the future, it is intended to perform the noninvasive recording and measurement of the evolution of patients, by means of devices or sensors, to improve both their treatment and their quality of life. For this purpose, we will search available devices or sensors that will support the capture of evaluable parameters that affect patients, at the same time that our application will collect data. Initially, smart sensors and wristbands will be used to record the heart rate and the Electrocardiograms (ECG), blood pressure, and Heart Rate Variability (HRV). We will also explore the registry of other parameters such as oxygen level in the blood, skin and body temperature, and breathing patterns among others.

Data Availability

The data are not available to avoid privacy infringement.

Conflicts of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

Acknowledgments

The authors would like to thank the psychologists of the AECC of Teruel for their willingness to help them in improving the application. This work was funded by the research projects "New Technologies in Cancer Monitoring and Treatment" and "Advances in Research, Diagnosis and Monitoring of Bone Cancer Patients as a Primary or Secondary Tumor" by the University Foundation "Antonio Gargallo." This work was partly funded by the Spanish Science, Innovation and University Ministry (MCIU), the National Research Agency (AEI), and the EU (FEDER) through the contract RTI2018-096986-B-C31 and by the Aragonese Government and the EU through the FEDER 2014-2020 "Construyendo Europa desde Aragón" action (Group T25_17D). They also acknowledge the partial support from CYTED (ref. 518RT0558) and MCIU (TIN2017-88327-R).

References

- [1] L. García, J. Tomás, L. Parra, and J. Lloret, "An m-health application for cerebral stroke detection and monitoring using cloud services," *International Journal of Information Management*, vol. 45, pp. 319–327, 2019.
- [2] S. S. MS Mohammed, J. Lloret, and I. Bosch, "Systems and WBANs for controlling obesity," *Journal of Healthcare Engineering*, vol. 2018, Article ID 1564748, 21 pages, 2018.
- [3] J. Lloret, L. Parra, M. Taha, and J. Tomás, "An architecture and protocol for smart continuous eHealth monitoring using 5G," *Computer Networks*, vol. 129, pp. 340–351, 2017.
- [4] S. Loibl and B. Lederer, "The importance of supportive care in breast cancer patients," *Breast Care*, vol. 9, no. 4, pp. 230–231, 2014.
- [5] F. Cardoso, N. Bese, S. R. Distelhorst et al., "Supportive care during treatment for breast cancer: resource allocations in low- and middle-income countries. A Breast Health Global Initiative 2013 consensus statement," *The Breast*, vol. 22, no. 5, pp. 593–605, 2013.
- [6] U. Sarkar, G. I. Gourley, C. R. Lyles et al., "Usability of commercially available mobile applications for diverse patients," *Journal of General Internal Medicine*, vol. 31, no. 12, pp. 1417–1426, 2016.
- [7] H. Fu, S. K. McMahon, C. R. Gross, T. J. Adam, and J. F. Wyman, "Usability and clinical efficacy of diabetes mobile applications for adults with type 2 diabetes: a systematic review," *Diabetes Research and Clinical Practice*, vol. 131, pp. 70–81, 2017.
- [8] D. DAuria, F. Persia, and B. Siciliano, "Human-computer interaction in healthcare: how to support patients during their wrist rehabilitation," in *Proceedings of the 2016 IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing (ICSC)*, pp. 325–328, IEEE, Laguna Hills, CA, USA, 2016 February.
- [9] G. Saccá Espinoza, "Estrategia para el reconocimiento de emociones colectivas en entornos sociales basados en tic strategy for recognizing collective emotions in social environments based on ict," M.S. thesis, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Spain, 2015.
- [10] A. Esposito, A. M. Esposito, and C. Vogel, "Needs and challenges in human computer interaction for processing social emotional information," *Pattern Recognition Letters*, vol. 66, pp. 41–51, 2015.
- [11] S. Saxena, P. Saxena, and S. K. Dubey, "Various levels of human stress & their impact on human computer interaction," in *Proceedings of the 2013 International Conference on Human Computer Interactions (ICHCI)*, pp. 1–6, IEEE, Chennai, India, August 2013.
- [12] R. S. H. Istepanian, E. Jovanov, and Y. T. Zhang, "Guest editorial introduction to the special section on m-health: beyond seamless mobility and global wireless health-care connectivity," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 8, no. 4, pp. 405–414, 2004.
- [13] V. W. Consulting, *mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology for Healthcare in the Developing World*, UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership, Washington DC, USA, 2009.
- [14] D. R. Albro, K. A. Darby, R. J. Dudzinski et al., "Medical treatment application for optimizing medical patient visits based on known preferences and other selection criteria," U.S. Patent Application No. 10262384, JUSTIA Patent, Mountain View, CA, USA, 2019.
- [15] O. Oluwagbemi, F. Oluwagbemi, and C. Ughamadu, "Android mobile Informatics application for some hereditary diseases and disorders (AMAHd): a complementary framework for medical practitioners and patients," *Informatics in Medicine Unlocked*, vol. 2, pp. 38–69, 2016.
- [16] L. A. Jibb, B. J. Stevens, P. C. Nathan, E. Seto, J. A. Cafazzo, and J. N. Stinson, "A smartphone-based pain management app for adolescents with cancer: establishing system

- requirements and a pain care algorithm based on literature review, interviews, and consensus,” *JMIR Research Protocols*, vol. 3, no. 1, p. e15, 2014.
- [17] J. Mirkovic, D. R. Kaufman, and C. M. Ruland, “Supporting cancer patients in illness management: usability evaluation of a mobile app,” *JMIR mHealth and uHealth*, vol. 2, no. 3, p. e33, 2014.
- [18] M. Egbring, E. Far, M. Roos et al., “A mobile app to stabilize daily functional activity of breast cancer patients in collaboration with the physician: a randomized controlled clinical trial,” *Journal of Medical Internet Research*, vol. 18, no. 9, p. e238, 2016.
- [19] T. He, R. Ogunti, M. Puppala et al., “A smartphone app framework for segmented cancer care coordination,” in *Proceedings of the 2016 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)*, pp. 372–375, IEEE, Las Vegas, NV, USA, February 2016.
- [20] M. Hibbeln, T. Martin, J. L. Jenkins et al., “How is your user feeling? Inferring emotion through human-computer interaction devices,” *MIS Quarterly*, vol. 41, no. 1, pp. 1–21, 2017.
- [21] J. Brooke, “SUS-A quick and dirty usability scale,” *Usability Evaluation in Industry*, vol. 189, no. 194, pp. 4–7, 1996.
- [22] P. Ekman, “An argument for basic emotions,” *Cognition & Emotion*, vol. 6, no. 3-4, pp. 169–200, 1992.

8.3.2 Análisis emocional para el bienestar de los ancianos en el proceso de interacción digital

Cita completa:

Alamán, J. N., Lacuesta, R., Garcia-Magariño, I., & Muñoz, S. H. (2022). Análisis emocional para el bienestar de los ancianos en el proceso de interacción digital. *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 3(2), 90-98.

Análisis emocional para el bienestar de los ancianos en el proceso de interacción digital

Emotional analysis for the well-being of the elderly in the process of digital interaction

Javier Navarro-Alamán

Dpto. de Informática e
Ingeniería de Sistemas
EUPT, Universidad de
Zaragoza
Teruel, España
jnavarroa@unizar.es

Raquel Lacuesta

Dpto. de Informática e
Ingeniería de Sistemas
EUPT, Universidad de
Zaragoza
Teruel, España
lacuesta@unizar.es

Iván García-Magariño

Dpto. de Ingeniería del
Software e Inteligencia
Artificial
Universidad Complutense de
Madrid
Madrid, España
igarciam@ucm.es

Silvia Hernandez Muñoz

Unidad Predepartamental de
Bellas Artes
Universidad de Zaragoza Teruel,
España
silviahm@unizar.es

Recibido: 07.10.2022 | Aceptado: 02.12.2022

Palabras Clave

Internet de las cosas
Parámetros fisiológicos
Emociones
Personas mayores

Resumen

Las personas mayores siguen presentando reticencia en el uso de sistemas tecnológicos. Dicho colectivo presenta además dificultades en el proceso de interacción debido a sus limitaciones técnicas y la disminución de sus capacidades físicas y cognitivas, generándoles sensación de frustración y estrés.

En el diseño de aplicaciones, la adaptación del proceso teniendo en cuenta las sensaciones emocionales de los usuarios es un factor importante a la hora de asegurar su uso y aceptación. El IoT (Internet of Things) ofrece aplicaciones y posibilidades para analizar el proceso de interacción desde el punto de vista emocional de los usuarios con la tecnología.

En este artículo nos centraremos en presentar el diseño de un algoritmo que permita detectar estados emocionales en el usuario fruto del proceso de interacción. La determinación de dichos estados y la adaptación realizada podrá repercutir en lograr una mayor adhesión y aceptación del sistema interactivo.

Keywords

Internet of things
Physiological parameters
Emotions
Elderly

Abstract

The elderly continues to show reluctance in the use of technological systems. This group also presents difficulties in the interaction process due to their technical limitations and diminished physical and cognitive capacities, generating feelings of frustration and stress.

In the design of applications, the adaptation of the process taking into account the emotional sensations of users is an important factor in ensuring their use and acceptance. The IoT (Internet of Things) offers applications and possibilities to analyze the interaction process from the emotional point of view of users with technology.

In this article we will focus on presenting the design of an algorithm that allows detecting emotional states in the user as a result of the interaction process. The identification of these states and the adaptation carried out may have an impact on achieving greater adherence and acceptance of the interactive system.

1. Introducción

Las investigaciones de los últimos años indican que para reconocer, interpretar, procesar y simular las emociones de los seres humanos es necesario humanizar la interacción del usuario con la tecnología (Dzedzickis et al., 2020). Actualmente, la mayoría de las aplicaciones de IoT (Internet of Things) no se centran en el estudio de las emociones de los usuarios. Sin embargo, algunos estudios (Deepika Mathuvanthi et al., 2019; Lacuesta et al., 2017) muestran cómo es posible detectar las emociones a partir del análisis de los datos recogidos de los dispositivos IoT a través de diferentes tipos de parámetros como la EDA, la VFC, la electroencefalografía, la electrocardiografía, la frecuencia cardíaca (FC) o la fotopletiografía. El acceso y uso de este tipo de parámetros mediante sistemas IoT permitirá la monitorización de signos esenciales, emociones, contexto, cuestiones sociales, situaciones específicas y actividades relacionadas con los usuarios. Con este tipo de datos, estos sistemas podrían trabajar para lograr objetivos específicos como reducir las emociones negativas de los usuarios, motivarlos, obtener un mejor rendimiento de estos o simplemente lograr objetivos o emociones específicas solicitadas o deseadas por ellos. El uso de sistemas de reconocimiento de emociones (ER) basados en IoT tiene una demanda cada vez mayor en muchos dominios, como por ejemplo la atención médica.

A pesar de los avances en las tecnologías modernas de reconocimiento de emociones, la representación de la relación entre la respuesta emocional y el proceso de interacción no se ha investigado profundamente, lo cual podría conllevar un peor rendimiento de la persona en el uso del sistema interactivo. La comprensión del cómo se siente la persona a través del interrogatorio o los procesos de sensorización permitirían conocer las emociones del usuario y actuar sobre el proceso interactivo, de esta forma, la interpretación del estado podría aportar un conocimiento significativo dentro del proceso de interacción. Los usuarios de aplicaciones requerirán, por lo tanto, sistemas que detecten los cambios en el estado emocional del sujeto en cada situación concreta de la interacción digital. Considerar la variación en la situación es esencial para establecer un conocimiento preciso sobre el proceso de interacción, la aceptación y/o la adherencia a un sistema y en el caso de personas mayores podría mejorar el alcance de los sistemas desarrollados.

Actualmente, la mayoría de los sistemas de reconocimiento de emociones (ER) se centran en identificar un conjunto pequeño y específico de estados emocionales. Considerarlos en la forma actual no proporciona suficiente información para obtener un apoyo humano adecuado y completo en un entorno determinado. En consecuencia, el sistema debería adaptarse dinámicamente dependiendo de la situación. En este sentido, nuestro objetivo es proporcionar un enfoque novedoso que permita analizar la emoción del anciano para poder modificar o

cambiar la interfaz o la actividad a realizar por éste. El enfoque propuesto se basa en la posibilidad de integrar diferentes fuentes de datos IoT que permitan adquirir los diferentes estados emocionales actuales del sujeto observado y observar si existen emociones negativas que puedan ser contraproducentes en la adhesión tecnológica.

El artículo se estructura de la siguiente forma: primero se hace un repaso de trabajos relacionados con IoT y la personalización de aplicaciones mediante las emociones (sección 2); a continuación (sección 3), se presenta el diseño del sistema propuesto; seguido por los resultados obtenidos (sección 4). Por último, en la sección 5, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Estado del arte

IoT es la red de dispositivos interconectados con sensores, software y conectividad de red para acumular e intercambiar datos (Laghari et al., 2021). Abarca todas las "cosas" que pueden utilizarse como dispositivos productivos que proporcionan información útil para realizar diferentes tipos de análisis. Esta información puede guardarse y analizarse para mejorar el funcionamiento de un dispositivo o mejorar otros dispositivos. Actualmente, muchos sistemas IoT se acomodan o personalizan al usuario o a sus necesidades.

Los sistemas domésticos inteligentes pueden recoger información de sensores o entradas e integrarla en cada dispositivo doméstico equipado con interfaces inalámbricas. Para comparar nuestra propuesta con las existentes, presentamos algunas aplicaciones y estudios basados en las emociones de IoT.

De la observación de patrones fisiológicos concretos se ha determinado que existen ciertos patrones que se repiten cuando se vive una situación concreta. Por ejemplo, en caso de miedo, los latidos y la respiración son más fuertes, los músculos están más tensos y se incrementa la sudoración entre otras. En caso de estados de felicidad, la musculatura se relaja, la actividad cerebral aumenta. Podríamos denominar emoción como el conjunto de cambios fisiológicos, cognitivos y motores que surgen de la valoración de un estímulo, en un contexto determinado y en relación con los objetivos de un individuo en un momento concreto de su vida. Una emoción se activa a partir de un acontecimiento.

Pal et al. (Pal et al., 2021) utilizan todo tipo de sensores, para el reconocimiento de las emociones humanas. Se clasificaron 23 publicaciones de sistemas de monitorización de la salud mental (MHMS) según el tipo de trastorno mental y enumeraron todos los dispositivos empleados en estos estudios (García-Ceja et al., 2018) (por ejemplo, sensor ocular, variabilidad del ritmo cardíaco (Heart Rate Variability (HRV)), actividad electrodérmica (Electrodermal activity (EDA)),

fotopletiograma, acelerómetro, cuestionarios). Bassam et al. (Al Bassam et al., 2021) monitorizaron el bienestar desarrollando un sistema de detección móvil en el que el usuario llevaba un dispositivo IoT equipado con múltiples sensores. Por último, estudiamos dos aplicaciones, MoodScope (Puleston, 2011) y BeWell (Lane et al., 2011), que utilizan sensores de teléfono móvil. Ninguna de ellas utiliza otros dispositivos IoT externos. BeWell se basa en un sistema de recomendación y MoodScope identifica el estado emocional de los usuarios interrogándolos a través de la aplicación.

Si nos centramos en la monitorización de ancianos, en (Nahian et al., 2020) los autores proponen un entorno de monitorización de caídas para ancianos con desórdenes neurológicos basado en emociones, donde se propone detectar la emoción y eliminar la ansiedad y estrés y depresión para reducir caídas. Para la detección de la emoción utilizan reconocimiento de la expresión. En (Mano et al., 2016) se utilizan imágenes de pacientes para la detección emocional de mayores en un contexto de atención médica en el hogar. En (Hossain & Muhammad, 2017) se propone un nuevo sistema de reconocimiento de emociones para mayores utilizando señales de voz e imagen. Varios estudios han comenzado con el estudio de reconocimiento de emociones a través del clasificador Support Vector Machine (Zhao et al., 2018) a través de mediciones obtenidas de un dispositivo portátil. En (Gjoreski et al., 2017) se utiliza el mismo modelo considerando las mismas señales para el monitoreo del estrés. Otros autores trabajan con clasificación de emociones como miedo y sorpresa (Park et al., 2014). Otras emociones se analizan en (Gong et al., 2016) tales como la alegría, la ira, la tristeza y el placer o diferentes tipos de estrés (Sevil et al., 2021).

Es importante comprender las percepciones y emociones de los adultos mayores en relación con las nuevas tecnologías. Si se perciben más beneficios del uso de las nuevas tecnologías que dificultades experimentadas al utilizarlas, los adultos mayores podrían estar más dispuestos a adoptar herramientas potencialmente útiles que puedan ayudarles a llevar un estilo de vida saludable.

Los autores en (McDonagh et al., 2002; McDonagh-Philp & Lebbon, 2000) sugieren que una serie de factores emocionales influyen en la probabilidad de que una persona utilice un producto. En (Turner et al., 2007) los autores descubrieron que las personas mayores se encuentran con una serie de retos tanto físicos como cognitivos cuando intentan aprender a utilizar tecnología interactiva. Otros problemas presentados podrían ser: actitud, ansiedad, problemas de percepción de la importancia de la tecnología, la utilidad y la facilidad de uso, la percepción de la capacidad de aprendizaje y su orientación hacia el futuro o el pasado. Algunas emociones que estos usuarios presentaban en el uso de la tecnología eran sentimientos de frustración y/o ansiedad y/o miedo, no entendían los beneficios y creían necesitar apoyo o ayuda.

Además, los factores de deterioro físico y de experiencia o experiencia previa negativa limitaban el uso de los sistemas. Además, se percibían con una falta de percepción de poder aprender a usar el sistema.

Frente a los estudios realizados se presenta el estudio emocional en mayores como de vital importancia a la hora de conseguir un mayor uso y adhesión a los sistemas interactivos.

3. Diseño del sistema

En este artículo se propone el diseño de un algoritmo que permita modificar el tipo de actividad o la interfaz con la que está interactuando la persona (usuarios mayores) en función de las emociones experimentadas con el objetivo de mejorar el proceso de interacción de las personas mayores en el uso de sistemas interactivos.

El diseño inicial del algoritmo presenta varias fases (Figura 1). En primer lugar, se solicita la emoción inicial del usuario, para analizar su posible variación. El usuario comenzará a realizar la actividad recomendada, por ejemplo, el uso de una interfaz de seguimiento m-health para el registro de datos de usuario.

Para el aprendizaje del sistema y el conocimiento del usuario, el sistema registrará los datos fisiológicos del usuario. En nuestra propuesta se utilizarán dispositivos IoT para dicho cometido. A través de este proceso el sistema irá aprendiendo y relacionando los parámetros recogidos del sistema de IoT con la emoción percibida por el usuario (pregunta directa).

Tras un tiempo X, el sistema estimará la emoción del usuario a través de los datos IoT recogidos, si la emoción estimada es negativa, se preguntará al usuario para comprobar que el sistema ha interpretado correctamente la emoción.

En caso de que se corrobore la emoción negativa estimada (de acuerdo con la respuesta del usuario) se le pregunta al usuario si dicha emoción es relativa al proceso de interacción. En concreto, el usuario seleccionará una o varias opciones de las propuestas: “no lo oigo bien”, “no lo leo bien”, “no lo entiendo”, “es muy difícil”, “no me gusta”, “no me es útil”, “todo está bien” u “otros”. Una vez conocida la razón se estimará si la situación es provocada por algún factor relativo al proceso interactivo. En caso de que sea dicho proceso el que está provocando situaciones de incomodidad al usuario, el sistema podrá o modificar la actividad o adaptar la interfaz a las características de accesibilidad necesarias (Navarro-Alamán et al., 2021).

La Figura 1 muestra que el algoritmo está en constante aprendizaje, ya que cada vez que nos indica una emoción se registra dicha emoción para mejorar la estimación futura del sistema. También se registrarán los datos fisiológicos de la

persona, unidos a su caracterización y a la emoción subyacente a esos datos.

La Figura 2 presenta el algoritmo una vez realizado el aprendizaje del sistema. En este caso, ya no será necesario comparar la emoción estimada con la percibida por el usuario, puesto que se estima que el sistema es capaz de establecer con una precisión alta el estado real del usuario, sin la necesidad de preguntar. Una vez estimada la emoción negativa, el algoritmo seguirá preguntando la razón que provoca dicho estado negativo. En futuras versiones del sistema, a través de un conocimiento profundo del usuario se plantea estimar además la posible razón de la disconformidad del usuario. De esta forma la realización de la adaptación podría no requerir del proceso de interrogación y ser totalmente automática.

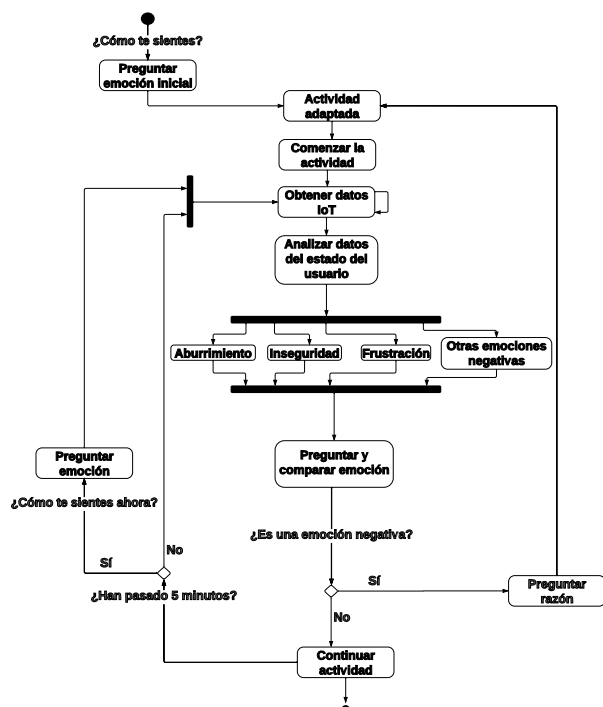


Figura 1: Algoritmo de adaptación en la fase de aprendizaje.

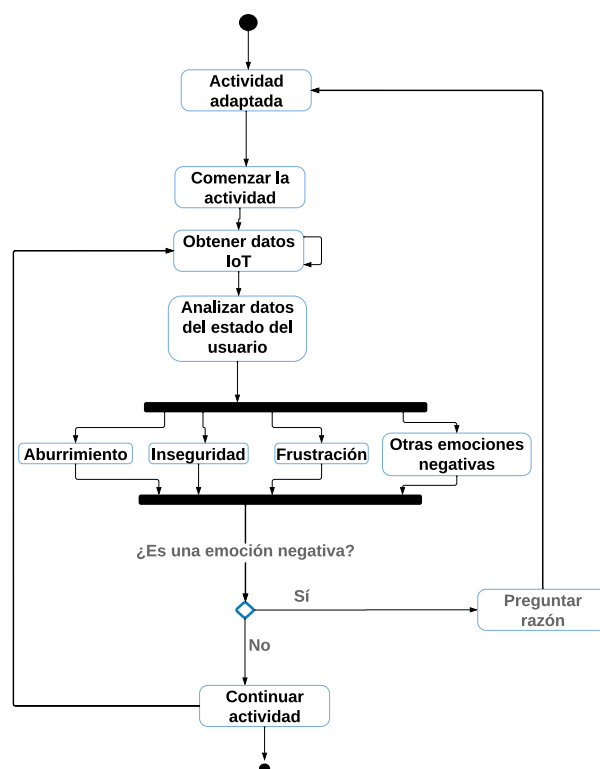


Figura 2: Algoritmo de adaptación una vez el sistema ha aprendido.

3.1 Selección de parámetros: emocionales y jugables

Los parámetros emocionales que el sistema tendrá en cuenta durante el análisis se recogerán de dos maneras: 1) datos manuales del usuario a partir de los datos auto informados por medio de la aplicación 2) datos recogidos automáticamente de los dispositivos del IoT. De esta forma, el sistema analiza el estado actual del usuario y sus emociones actuales a través de ambos mecanismos.

Para el análisis de los parámetros fisiológicos del usuario se valoraron varias alternativas, seleccionando finalmente la pulsera E4 empática por el amplio rango de parámetros recogidos. En concreto, permite recoger entre otros los parámetros de pulso de volumen sanguíneo (Blood Volume Pulse (BVP)) que permite calcular la variabilidad de frecuencia cardíaca (HRV), propiedades eléctricas de la piel (EDA), temperatura cutánea periférica y frecuencia cardíaca (Heart Rate (HR)). En la Figura 3 se presentan las medidas que la pulsera ofrece.

El sistema registrará los datos de la pulsera mientras el usuario interactúa con la aplicación.

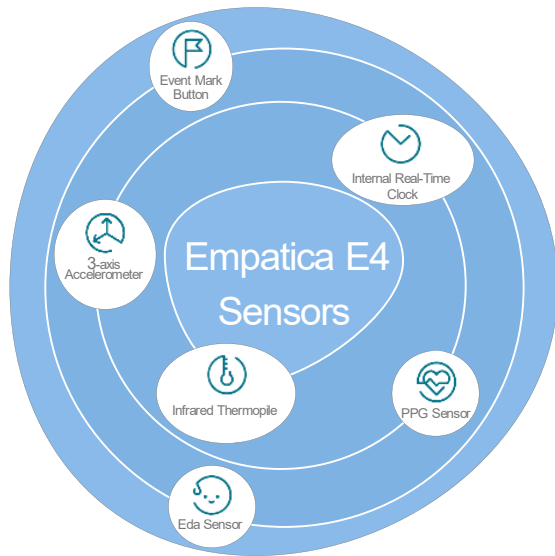


Figura 3: Parámetros recogidos por la empática E4.

Para registrar el nivel de emoción del usuario se han valorado la utilización de varias herramientas de determinación de afecto. En primer lugar, se valora el uso de la Cuadrícula de Afecto de Russell (Affect Grid) (Colomo-Palacios et al., 2011), diseñada como un medio rápido para determinar el afecto a lo largo de las dimensiones de placer-displacer y excitación-sueño en una escala de 1 a 9, teniendo un profundo impacto en la psicología social que mide las emociones. Según la bibliografía, el Affect Grid es potencialmente adecuado para los estudios relacionados con las emociones.

En segundo lugar, se analiza la rueda de las emociones de Robert Plutchik. En esta rueda las emociones básicas contempladas son: alegría, confianza, miedo, sorpresa, tristeza, aversión, ira y anticipación. El resto de las emociones que aparecen son clasificadas como emociones compuestas o secundarias.

Finalmente se elaboró una herramienta propia, la cual se puede consultar en la Figura 4, adaptada a las posibles emociones relacionadas con el uso de una interfaz digital y con el objetivo de simplificar a usuarios mayores la elección o selección de una opción que refleje su emoción vigente. El objetivo de esta herramienta será realizar el análisis de la dimensión emocional. Posteriormente, será necesario estudiar la relación existente entre las tecnologías digitales y las emociones asociadas a su uso para completar el proceso de adaptación.

3.2 Diseño de interfaces

A continuación, se presentan las interfaces de los primeros prototipos diseñados.

Inicialmente, presentamos la pantalla inicial donde se le pregunta al usuario su estado emocional actual (Figura 4.a) y el nivel de ese estado en el que se encuentra (Figura 4.b). Estas interfaces se utilizarán a lo largo de todo el proceso para recoger la emoción del usuario.



(a)

(b)

Figura 4: Interfaces de recogida de información emocional.

Una vez el usuario informa de cómo se encuentra, pasará a realizar la actividad concreta (Figura 5.a). El usuario podrá terminar en cualquier momento de realizar la actividad. Durante el proceso de interacción se recogen los datos informados y fisiológicos del usuario en su interacción con la aplicación. Todos los parámetros recogidos se almacenan en una base de datos. Esta información se utilizará para estimar el estado del usuario. Con estos datos, se calcula una "puntuación emocional" en la que se clasificarán las diferentes emociones del usuario a través de su evolución en dos ejes: enérgico (relacionado con su energía) y positivo (respecto a su actitud). Esta puntuación permitirá conocer si el usuario mantiene un estado de interacción positivo. Si su estado evoluciona correctamente el usuario seguirá realizando dicha actividad hasta que la actividad finalice. Si no se evoluciona correctamente se le preguntará al usuario si existe algún problema en el proceso de interacción (Figura 5.b). En las primeras pruebas el proceso de recogida de datos fue manual. En un futuro será el algoritmo de medición de datos fisiológicos el que determine la emoción del usuario y adapte la interfaz y/o la actividad.



Figura 5: Interfaces de a) Recogida de aspectos relativos al proceso de interacción y b) realización de la actividad.

Una vez recogidos los datos, las adaptaciones en la interfaz se realizarán en función de los valores de respuesta del usuario y están basadas en las directrices de accesibilidad presentadas en interfaces adaptativas (Navarro-Alamán et al., 2021) y de acuerdo a las pautas de accesibilidad recogidas en (Arch & Abou-Zahra, 2010). Actualmente, el algoritmo está siendo diseñado para incorporarlo a aplicaciones de seguimiento de pacientes utilizando aplicaciones de m-health.

4. Pruebas y resultados

Las primeras pruebas de interfaz se realizaron con 5 usuarios de entre 65 y 75 años, siendo 3 mujeres y 2 hombres (Figura 7Figura), lo que nos permitió validar el diseño de las interfaces.

Los usuarios debían en primer lugar expresar cómo se sentían al comienzo de la realización de la actividad (Figura 4), expresando el tipo de emoción y el nivel de emoción que presentaban en ese momento, en segundo lugar los usuarios tenían que realizar una actividad con el móvil. La actividad se les proponía a través de la interfaz representada en la Figura 5a. Una vez comenzada la actividad, se les daba un tiempo de 5 minutos para realizarla; en tercer lugar los usuarios expresaban de nuevo cómo se habían sentido en el proceso de realización de la actividad, la interfaz utilizada era la misma de la Figura 4 cambiando el título de “¿Cómo te sientes?” a “¿Cómo te sientes ahora?.. En el caso de sentirse mal por alguna razón se les preguntaba por qué (Figura 5b). El algoritmo en función de la respuesta obtenida adaptará la interfaz con el objetivo de intentar subsanar la situación de incomodidad del usuario. A continuación los usuarios seguían realizando la actividad otros 5 minutos y de nuevo se les preguntaba su estado emocional.

A continuación, se muestra un pequeño ejemplo de como una actividad es adaptada en función de la situación de incomodidad del usuarios. En este caso la actividad se centra en la realización de ejercicios físicos guiados. En laFigura 6 se presenta uno de los ejercicios. Dicha actividad consiste en “levantar y bajar los brazos” y es una actividad diseñada dentro de una aplicación de gestión de fragilidad desarrollada en nuestro grupo de investigación . La interfaz Figura 6a presenta la actividad sin adaptar. La figura 6b presenta la interfaz adaptada debido a las respuestas del usuario a las preguntas: ¿cómo te sientes?, respuesta “frustrado”, ¿qué es lo que no te ha gustado?, respuesta “no lo leo bien”. Se puede ver como la aplicación se adaptaría según las necesidades del usuario Figura 6a sin adaptar , con botones y letra más pequeños y Figura 6b adaptada, con el tamaño de los botones, letra aumentado, así como con cambio de color para mejorar el contraste.

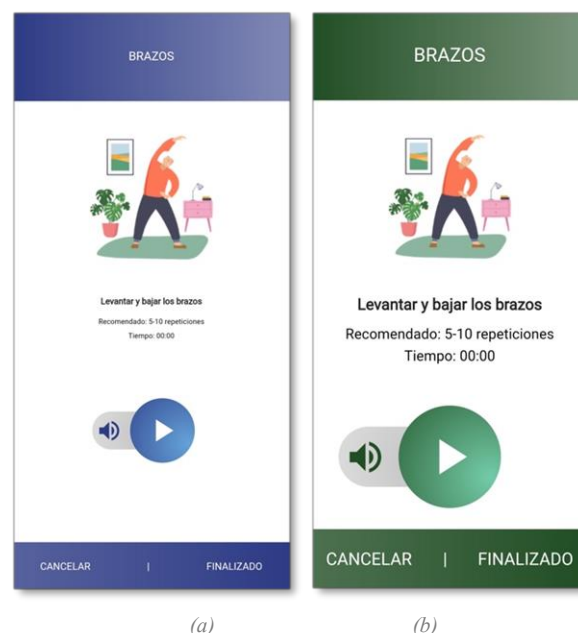


Figura 6: Ejemplos de actividades con adaptación al usuario, a) sin adaptar y b) adaptada.

En esta primera evaluación solo se evaluaron las interfaces presentadas en la Figura 4 y Figura 5 no se evaluaron las interfaces de la actividad a realizar.



Figura 7: Pruebas realizadas.

Para la evaluación de usabilidad se ha utilizado el test de usabilidad SUS (Vlachogianni & Tselios, 2021). En la Figura 8 los resultados medios del SUS se situaron en el rango 1-5. De los resultados recogidos obtenemos que los usuarios encuentran sencillas las interfaces presentadas, destacando positivamente la facilidad de uso de las interfaces de Figura 4 (recogida de emoción) y Figura 5 (recogida de datos del proceso de interacción)

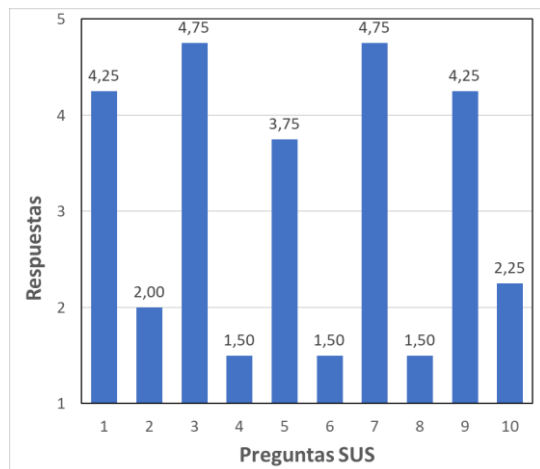


Figura 8: Resultados del test SUS

Durante el proceso de realización de la actividad, así como antes y después (pruebas de interfaces) se recogen los datos fisiológicos de los usuarios. En este primer análisis la relación de datos fisiológicos con emociones se realiza a través de la correlación de los datos de: emociones registradas por los usuarios (informadas por ellos –antes, durante y al acabar la actividad-) y los datos fisiológicos recogidos. Para observar cómo varían las emociones en el proceso de interacción presentamos en la Figura 9 diferentes estados por los que han pasado los usuarios en los procesos de prueba, donde los usuarios utilizan una aplicación interactiva, pero en la cual no hay todavía una adaptación.

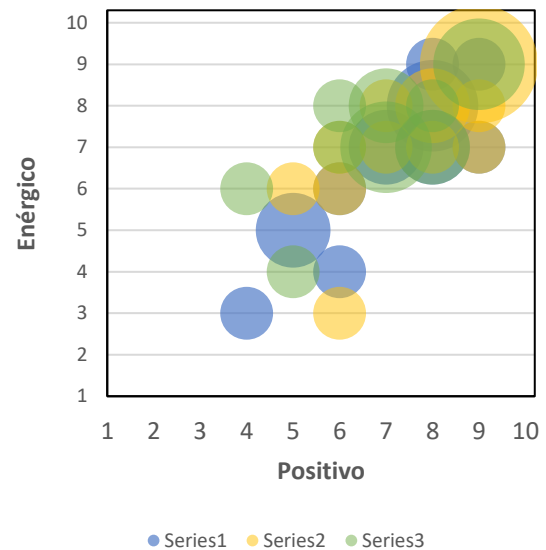


Figura 9: Estados de ánimo antes de realizar la actividad (Series1), mientras realizan la actividad (Series 2) y cuando terminan la actividad (Series 3).

A continuación (Figura 10) mostramos las medias de los valores de EDA y HRV recogidos por la pulsera fisiológica, mostrando su variación a lo largo del tiempo y durante el uso de la aplicación.

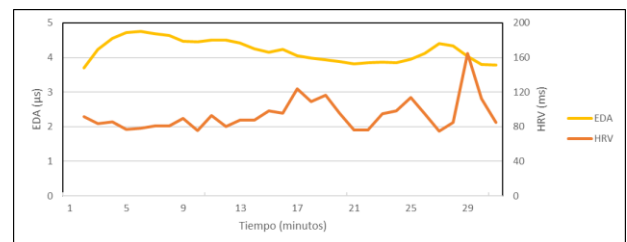


Figura 10: Valores medios de los parámetros EDA y HRV.

Finalmente, y como una primera aproximación se representa la relación de los valores emocionales con los parámetros fisiológicos recogidos, haciendo una diferenciación entre mujeres y hombres. En concreto en la Figura 11 mostramos el valor de HRV en relación con los estados emocionales. En la Figura 12 mostramos el valor EDA en relación con las emociones. Para la representación de la emoción se ha utilizado una escala (0-18) donde el valor 0 representa una emoción negativa y el valor 18 representa un valor positivo.

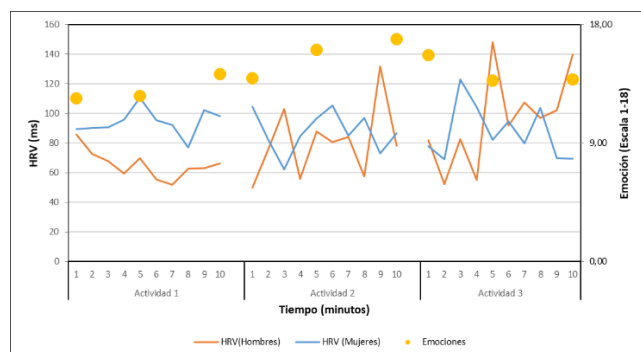


Figura 11: Estados HRV en relación con las emociones.

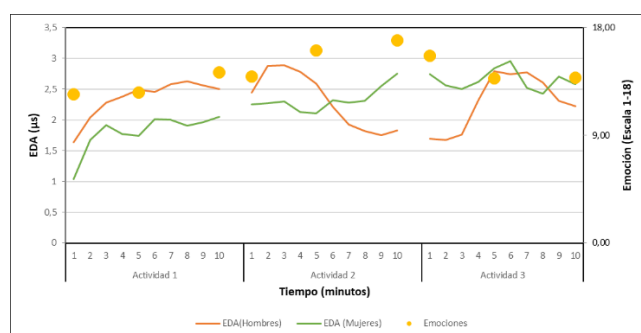


Figura 12: Estados EDA en relación con las emociones.

5. Conclusiones y trabajo futuro

Este trabajo se presenta una primera aproximación al diseño de un algoritmo basado en el análisis de emociones de los usuarios mayores que pretende analizar el proceso de interacción y adaptar las interfaces en función de las emociones de los

usuarios. El objetivo final pretende mejorar el proceso de interacción y la aceptación tecnológica por parte de estos usuarios. En esta versión preliminar se muestra un primer análisis de la evolución de las emociones y de su variabilidad, así de cómo estas pueden ser modificadas dependiendo de la frustración o estrés al que se vea sometido el mayor, no sólo por limitaciones físicas y/o cognitivas sino también por problemas de rechazo tecnológico o frustración adquirida en el proceso de interacción. En el presente artículo se presenta un algoritmo que permite analizar el estado del usuario y que permitirá en un futuro adaptar la actividad realizada y o modificar dicha actividad en caso de detectar emociones negativas en el usuario dependientes del proceso de interacción. Actualmente se está trabajando en el análisis de las señales fisiológicas y su relación con los estados emocionales del usuario. De esta forma, a continuación se pretende correlacionar datos fisiológicos con emociones en los usuarios y detectar factores emocionales negativos influyentes en el proceso de interacción, así como diseñar un sistema de adaptación del proceso que consiga como objetivo final mejorar el proceso de interacción del usuario.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI), la Agencia Española de Investigación (AEI), la UE (FEDER) a través de los contratos RTI2018-096986-BC31, y por el Gobierno de Aragón (Grupo T60_20R).

Referencias

- Al Bassam, N., Hussain, S. A., Al Qaraghuli, A., Khan, J., Sumesh, E. P., & Lavanya, V. (2021). IoT based wearable device to monitor the signs of quarantined remote patients of COVID-19. *Informatics in Medicine Unlocked*, 24, 100588.
- Arch, A., & Abou-Zahra, S. (2010). Developing websites for older people: How web content accessibility guidelines (WCAG) 2.0 applies. *Web Accessibility Initiative*.
- Colomo-Palacios, R., Casado-Lumbreras, C., Soto-Acosta, P., & García-Crespo, Á. (2011). *Using the affect grid to measure emotions in software requirements engineering*.
- Deepika Mathuvanthi, P., Suresh, V., & Pradeep, C. (2019). IoT powered wearable to assist individuals facing depression symptoms. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6, 1676–1681.
- Dzedzickis, A., Kaklauskas, A., & Bucinskas, V. (2020). Human emotion recognition: Review of sensors and methods. *Sensors*, 20(3), 592.
- García-Ceja, E., Riegler, M., Nordgreen, T., Jakobsen, P., Oedegaard, K. J., & Tørrsen, J. (2018). Mental health monitoring with multimodal sensing and machine learning: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 51, 1–26.
- Gjoreski, M., Luštrek, M., Gams, M., & Gjoreski, H. (2017). Monitoring stress with a wrist device using context. *Journal of Biomedical Informatics*, 73, 159–170.
- Gong, P., Ma, H. T., & Wang, Y. (2016). Emotion recognition based on the multiple physiological signals. *2016 IEEE International Conference on Real-Time Computing and Robotics (RCAR)*, 140–143.
- Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2017). *Emotion-aware connected healthcare big data towards 5G, IEEE Internet Things J.*(2017).
- Lacuesta, R., García, L., García-Magariño, I., & Lloret, J. (2017). System to recommend the best place to live based on wellness state of the user employing the heart rate variability. *IEEE Access*, 5, 10594–10604.

- Laghari, A. A., Wu, K., Laghari, R. A., Ali, M., & Khan, A. A. (2021). A review and state of art of Internet of Things (IoT). *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1–19.
- Lane, N. D., Mohammad, M., Lin, M., Yang, X., Lu, H., Ali, S., Doryab, A., Berke, E., Choudhury, T., & Campbell, A. (2011). Bewell: A smartphone application to monitor, model and promote wellbeing. *5th International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 10.
- Mano, L. Y., Façal, B. S., Nakamura, L. H., Gomes, P. H., Libralon, G. L., Meneguete, R. I., Geraldo Filho, P. R., Giancristofaro, G. T., Pessin, G., & Krishnamachari, B. (2016). Exploiting IoT technologies for enhancing Health Smart Homes through patient identification and emotion recognition. *Computer Communications*, 89, 178–190.
- McDonagh, D., Bruseberg, A., & Haslam, C. (2002). Visual product evaluation: Exploring users' emotional relationships with products. *Applied Ergonomics*, 33(3), 231–240.
- McDonagh-Philp, D., & Lebbon, C. (2000). The emotional domain in product design. *The Design Journal*, 3(1), 31–43.
- Nahian, M., Ghosh, T., Uddin, M. N., Islam, M., Mahmud, M., & Kaiser, M. S. (2020). Towards artificial intelligence driven emotion aware fall monitoring framework suitable for elderly people with neurological disorder. *International Conference on Brain Informatics*, 275–286.
- Navarro-Alamán, J., Gilaberte, R. L., & Bagdasari, E. C. (2021). Una propuesta de caracterización inicial de mayores para el desarrollo de interfaces adaptativas. *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 2(2), Article 2.
- Pal, S., Mukhopadhyay, S., & Suryadevara, N. (2021). Development and Progress in Sensors and Technologies for Human Emotion Recognition. *Sensors*, 21(16), 5554.
- Park, B.-J., Jang, E.-H., Kim, S.-H., Chung, M.-A., & Sohn, J.-H. (2014). A Study on Autonomic Nervous System Responses and Feature Selection for Emotion Recognition. *Proceedings of the International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies-Volume 4*, 116–121.
- Puleston, J. (2011). Online research—game on!: A look at how gaming techniques can transform your online research. *Shifting the Boundaries of Research. Proceedings of the 6th ASC (Association for Survey Computing) International Conference*, 20–50.
- Sevil, M., Rashid, M., Hajizadeh, I., Askari, M. R., Hobbs, N., Brandt, R., Park, M., Quinn, L., & Cinar, A. (2021). Discrimination of simultaneous psychological and physical stressors using wristband biosignals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 199, 105898.
- Turner, P., Turner, S., & Van de Walle, G. (2007). How older people account for their experiences with interactive technology. *Behaviour & Information Technology*, 26(4), 287–296.
- Vlachogianni, P., & Tselios, N. (2021). Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 1–18.
- Zhao, B., Wang, Z., Yu, Z., & Guo, B. (2018). EmotionSense: Emotion recognition based on wearable wristband. *2018 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCOM/IOP/SCI)*, 346–355.

8.4 APÉNDICE 4: Artículos en conferencias

8.4.1 Close2U: An app for monitoring cancer patients with a gamification system to improve the engagement

Cita completa:

Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., García-Magariño, I., & Gallardo, J. (2019). Close2U: An App for Monitoring Cancer Patients with a Gamification System to Improve the Engagement. Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings, 31(1), 68.

Close2U: An App for Monitoring Cancer Patients with a Gamification System to Improve the Engagement [†]

Javier Navarro-Alamán ^{1,*}, Raquel Lacuesta ^{1,2}, Iván García-Magariño ³ and Jesús Gallardo ¹

¹ Department of Computer Science and System Engineering, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain; lacuesta@unizar.es (R.L.); jesus.gallardo@unizar.es (J.G.)

² Instituto de Investigación Sanitaria Aragón, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain

³ Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Complutense University of Madrid, 28040 Madrid, Spain; igarciam@ucm.es

* Correspondence: jnavarroa@unizar.es; Tel.: +34-978-618-102

[†] Presented at the 13th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence UCAmI 2019, Toledo, Spain, 2–5 December 2019.

Published: 21 November 2019

Abstract: Nowadays, gamification offers several advantages in order to motivate a change in the behavior towards health and wellness. Although it is a relatively new trend, many fields have already realized its potential, and those related to health have also begun to make use of it. This paper introduces an application developed to improve patient monitoring and motivation through the use of gamification. We have applied the mechanics and dynamics of games in a non-game context, such as the introduction of data for health monitoring, in order to attract the patient. With the use of gamification, we make the introduction of data less tedious and, in addition, increase levels of motivation, as a further benefit. In this work we have conducted a user study aimed at evaluating the usability of gamification. We also studied the resources that encourage patients to use the application and how to increase their motivation and satisfaction. The results show that the app is easy to use. Second, they show that we implemented a scalable and self-recursive system. Finally, these results indicate that our system for resources sharing is a system in which patients feel comfortable when sharing and receiving those resources and they encourage us for further developments and studies based on the feedback received.

Keywords: gamification; social interaction; health; cancer; motivation; resources

1. Introduction

Gamification is a term that refers to the use of video game elements in non-gaming systems in order to get a better user experience (UX) and user engagement [1]. It refers to the use of game mechanics in non-play environments and applications in order to enhance motivation, concentration, effort and loyalty, among others, and is about establishing a strategy to influence and motivate groups of people. Gamification is structured on the mechanics and dynamics of games.

There has been considerable interest in applying gamification in the digital healthcare industry. This growing interest was to some extent spawned by the inequity of access to healthcare resources, the lack of adherence to treatment and the increase in healthcare costs [2]. Although gamification is increasingly used in interventions, evidence on its effectiveness remains sparse [3]. However, in a review of the literature for gamification in health [4], Johnson shows results in which 59% are positive and 41% mixed or neutral. A positive note is that several studies found evidence that applications with gamification oriented to health directly increased the well-being of the participants. When the end users are cancer patients, an evaluation of all the possible influential factors in the evolution of

applications using gamification is fundamental. Furthermore, the need to monitor oncological patients is considered a fundamental aspect in their follow-up [5].

In some studies, such as [4,6], it is shown that gamification could have a positive effect on health and wellbeing, improving them in a wide variety of areas, for a variety of sociodemographic groups, especially when applied in a skilled way. The evidence is stronger for the use of gamification to target behavioral outcomes, particularly physical activity, and weakest for its impact on cognition. There is also an initial support for gamification as a tool to support other physical health related outcomes, including nutrition and medication use, as well as mental health outcomes, including wellbeing, personal growth, flourishing, stress and anxiety.

The objective in this paper is to integrate gamification in an application for the follow-up of cancer patients, which allows the registering of treatments and medication and includes surveys to know how they feel each day. We can understand that monitoring the feeling of patients by means of an application is one of a duty or obligation. Therefore, in this work we have added gamification to give more dynamism to the patient and have tried to mitigate the monotony and the repetition of having to do the same action every day. We have applied the mechanics and the dynamics of a game to our application, in order to make these obligations less tedious and less of a burden.

The rest of the paper is structured as follows. Section 2 analyzes the related work. The Close2U application is described in Section 3. Section 4 analyzes the methods that we use in this research. Section 5 presents the results and discussion. Finally, our conclusions and suggestions for future work are given in Section 6.

2. Related Work

We have carried out a study of applications in which gamification has helped patients and in turn allowed advances and discoveries in medicine. In [7] it can be found a review of some popular taxonomies to identify the common strategies listed by some authors. After the study, Cugelman identifies six core ingredients of gamification, with the exception of fun and playfulness in the ambit of health, because it is important not to ignore this and keep it in mind, although it is something that has not received much attention in the health behavior change literature. These six mechanics of gamification are: goals, challenges, feedback, reinforcement, progress and social. Furthermore, to know better about the users of gamification, Marczewski proposed six user types that differ in the degree to which they can be motivated by either intrinsic or extrinsic motivational factors [8]: philanthropists, socializers, free spirits, achievers, players and disruptors.

PhytoCloud is a mobile web application that focuses on breast cancer patients and which enables users to record their dietary habits and physical activity and motivates them to consume food with estrogen-like properties. This allows them to control their own goals and motivates them to achieve them and adopt healthier eating habits, while also increasing physical activity, in order to ensure an improvement in their lifestyle and wellbeing [9].

The Pain Squad application collects information about pain suffered and the effects that cancer treatments have on children. This task must be done twice a day so that the collected data can be taken into account in research. In the case of children, it is usually a very tedious task. The game follows a theme in which a police patrol must solve a crime. The children answer a series of questions through a smartphone application, whereby when they finish, they receive a reward or a prize that they must collect. There is also the possibility of promotion within the patrol and the user can go up in rank. Each completed report helps the team to solve the case. In addition, it includes some videos in which real agents congratulate the user for their achievement [10].

To help all types of patients in their day-to-day treatment, we have studied the application Mango Health. This application counts the number of times the patient remembers taking their medication and rewards the patient for it financially. The application sends alerts at the moment at which the patient must fulfill their obligation in the treatment, and after taking their medication, they are rewarded by obtaining points. If they maintain their commitment for a certain time without error, these points translate into up to 5 or 10 dollars in gift cards or, depending on the type of target,

donations can even be made to charities. In addition, it shows the progress made in the treatment, the benefits it brings, a history and what remains for the patient to do in order to their reward [11].

The objective of Reflexion Health is to, as its motto says, “reinvent the experience of physical therapy”. Ravi Komatireddy is also a co-founder of ‘Reflexion Health’, the company that owns the project, and he was the one who detected a problem when treating his patients in that there is a lack of continuity and commitment on the part of the patients during physical therapies. They developed a virtual platform with instructions for use at home, which is watched through a television or any type of image player, and an animated instructor shows the exercise to be performed. The application asks the patient to follow the exercises by copying the avatar that appears on the screen, and to verify that the therapy is actually being performed, the program has a ‘Kinect’ motion capture technology [12] which compares the performance of the patient with that as required by the pre-configured virtual therapist. The platform tracks the patient and sends information to the doctor, with the necessary checks performed in real time or deferred, to review their progress and be corrected if necessary [13].

In Table 1 we can see the six mechanics of gamification from the study of Cugelman [7] compared with the aforementioned applications. It can be seen that none of the applications meet all the gamification mechanics.

Table 1. The six mechanics of gamification compared with the applications studied.

	Pain Squad	Mango Health	Reflexion Health	PhytoCloud
Goals	Yes	Yes	Yes	Yes
Challenges	No	Yes	Yes	Yes
Feedback	No	No	Yes	No
Reinforcement	Yes	Yes	No	No
Progress	Yes	Yes	Yes	Yes
Social	Yes ¹	No	No	Yes ¹

¹ Only share the classification with all users.

In conclusion, according to the aforementioned works, gamification has been useful to improve some health applications. This motivates the inclusion of gamification in the development of the Close2U application. This app can provide analyses to physicians for helping them to improve the treatment of patients. The novelty of the Close2U application is to include gamification filling the gap of the literature of the social component about connecting cancer patients with each other, to improve the motivation and experience of patients. Thus, this app generates a social environment of participation rewarding the sharing of resources by patients. These resources (e.g. songs) should make other cancer patients feel good. A correct implementation of gamification strategies [14] allows to go from mere connectivity to commitment, achieving that any type of collective participate in a dynamic and proactive way in actions that generally require an effort of the will.

3. The Close2U Application

This section presents the app specification that was agreed after several meetings with patients and psychologists, performing usability tests, such as Cognitive Walkthrough. Three psychologists from the AECC (Spanish Association against Cancer) in Teruel and two cancer patients were present throughout the design and development process. We improved the app with their feedback, following a user-centered design. For example, we incorporated motivation exercises and their tracking thanks to the users’ feedback.

To make the whole system easy to use, the user interface has been conceived from a User-Centered Design perspective. The application focuses on all types of cancer patients, taking both psychological and emotional aspects into account, reflecting the experience in the collaboration with AECC.

Section 3.1 presents the app specification, section 3.2 introduces the system architecture, and section 3.3 describes the user interface, focusing the gamification part.

3.1. App specification

In the app, patients shall be able to create, update, delete and see the details of their medication and appointments. Also, they shall be able to complete two diary surveys, having the option to complete them or not, since we do not want the patient to feel it as an obligation.

The gamification system allows the patients to share resources with the other patients, not as a “social network” itself, but as a network with which patients interact with each other but in an anonymous way.

The rewards for patients are their own shared motivations, being validated by the psychologists before being introduced them into the reward system. We wanted that the content that a patient can share is not harmful for other patients or is able to demotivate them. The problem would be not only that they would not use the application, but also something more serious, since it could affect them emotionally and cause damage in their way of thinking or his way of dealing with the disease. We must not forget that we are dealing with very specific users, which are cancer patients.

To get rewards, patients should complete the daily survey. They always get a motivating phrase and can choose another reward. They can choose between a motivating resource, an exercise or not getting anything. The patients shall be able to rate the phrases and motivational resources on a scale of 1 to 5. The patient shall also be able to perform an exercise, previously created by the psychologists with some steps to make and some repetitions.

The patient has a personal points classification, in which he gains experience every time he performs actions in the app. The total points correspond to a classification (a) From 0 to 5000 points, Bronze (b) From 5001 to 10,000 points, Silver and (c) From 10,001, Gold.

Each time they perform one of the following actions the patient receives points: Conduct a survey, create an appointment, modify an appointment, create a medication, modify a medication, upload a reward, get the reward accepted by the psychologist, assess a reward received, and perform an exercise. All the actions before mentioned has a value of 50 points.

We want to reward the patient whenever they share something, even if they share something that is sensitive for other patients. In this way, they are intended to motivate them, since the other resources they share can be good for other patients, and so we do not punish or cut something that we want to encourage. If some problem is detected in a very popular resource, the psychologists will be in charge of telling the patient something related to that resource or why he has done it. On the other hand, if the resource is suitable, we will give the patient more points in order to reward him.

The resources raised by the patients have to keep a control, so that they could not share things that could be harmful to other patients. The psychologists can check the assessment that patients have given the resource, and if a resource is ranked very low by other patients, the psychologist will value if is necessary to deactivate it, if they think it is harmful for other patients. The psychologists will be able to make custom exercises for the patients, which can have the subject that psychologists think is convenient.

3.2. System Architecture

Figure 1 shows the Close2U system architecture. As it can be seen, for the front-end for both applications, the mobile application and the web application, we use one of the most successful and known software architecture patterns, the Model View Controller (MVC) pattern. Hence, when the modules and functionality are expanded or changed, only the modified parts will be affected and the others will be able to function as before without making any substantial changes. We believe that this is essential to correctly perform a user-centered design. The web front-end is built as a templated CodeIgniter website that communicates with the API and the mobile front-end is build in Java and XML. XML is used only for the view of the application, but not for data, which is always managed in JSON.

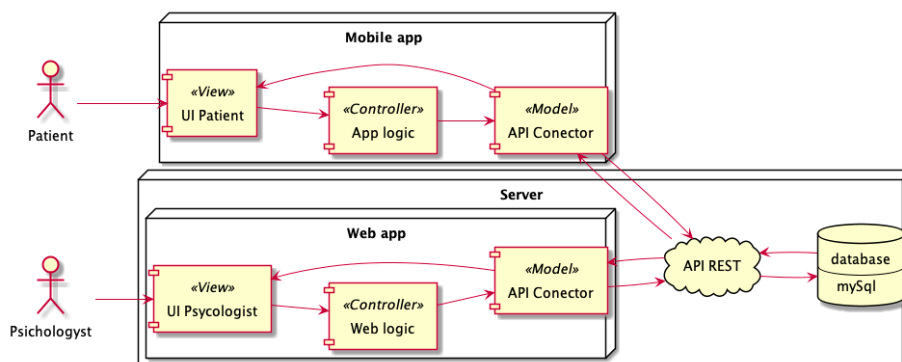


Figure 1. Close2U system architecture

The back-end application programming interface (API) is an MVC structured RESTful JSON API built with PHP, aided by the framework CodeIgniter. The database driver is MySQL and it makes https requests to connect the API with the database.

3.3. User Interface

Figure 2a shows the screen that appears after completing a survey. A motivational phrase will appear, and the user can evaluate it from 1 to 5. The system tells the patient that a reward is available for completing the survey and give his three options, (a) motivational resource, (b) exercise and (c) nothing. On the motivation screen a motivation item that has been shared by another patient is shown to the patient with a name and description as we show in Figure 2b. This item will be able to be rated from 1 to 5, and the user shall be able to preview it in the application, as shown in Figure 2c, or view it outside the application, showing the resource in the corresponding application to that resource. The patient can rate both resources of Figures 2a and 2b, using a rank mechanism based on stars.

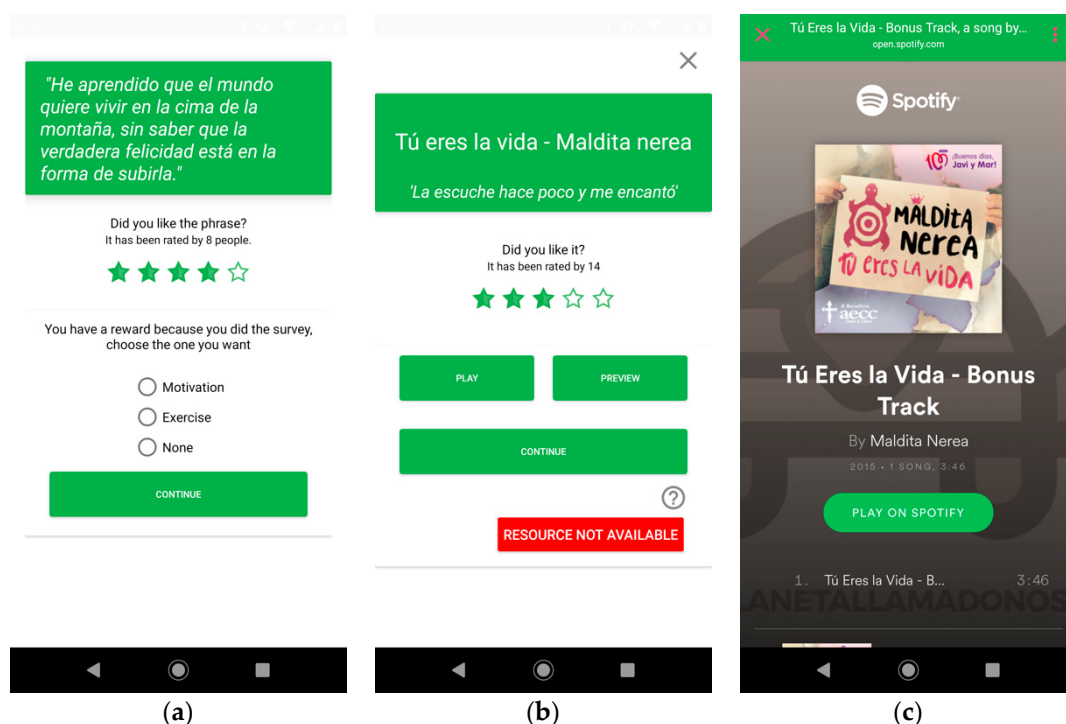


Figure 2. Screens of the user interface: (a) Reward after completing a survey, (b) Motivation reward and (c) Reward preview

If the patient selects an exercise, the screen of Figure 3a will be shown, in which the patient will visualize a message with the instruction to be performed. He will have the option of moving on to

the next or previous instruction. When a patient reaches the end of a repetition, the system will show him the missing ones and a button to repeat, as seen on Figure 3b. The user is allowed to finish the exercise before doing all the repetitions, but in that case, he is asked why he did not finish it. In this way, we want the psychologists to see if the problem comes from the patient (e.g., health status, tiredness or pain), or from the exercise (e.g. long, boring or too many repetitions), so that they have that information in order to improve their monitoring or just to see if it is necessary to refine the exercise, improving it for other patients.

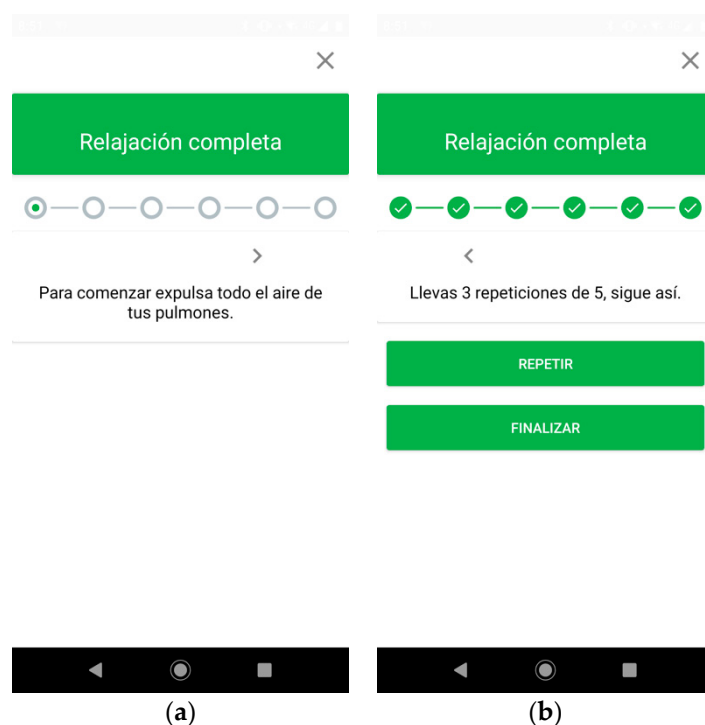


Figure 3. Screens of the user interface: (a) Exercise reward first screen and (b) Exercise reward when the patient had to do a repetition

To complete the part of the gamification, there is a screen in which patients can see both their latest motivation item and their last exercise (Figure 4a), so the patient can see it again if he wants, or if he did not have time enough to evaluate it. It is also shown whether the resource has already been valued or not, since they can only be assessed once. From this screen you can also access to see your points as you can see in Figure 4b. The user will see his classification, the total points earned, and the points needed to reach the next level. The levels are (a) bronze, (b) silver and (c) gold.

The *share* button on the screen, as seen in Figure 4a, will take the user to the screen for sharing with Close2U (Figure 4c), where you can choose a category and enter a name for the motivation, a description and a URL, except in the *phrase* category, where the only possibility is to enter a phrase. We want the patient to be able to share anything that comes him to mind, either while watching a video on YouTube, listening to a song in Spotify, a podcast, reading, etc. In this way they can copy the link and paste it into the share with Close2U screen after choosing a category, but we wanted to make it easier and implement the *share* option that any Android application has. Thus, our application can be seen as an option to share with, as shown in Figure 5a, and so, the URL is automatically copied into our app. In the screen of Figure 5b, just a name and a description of the resource have to be provided in order to share it.

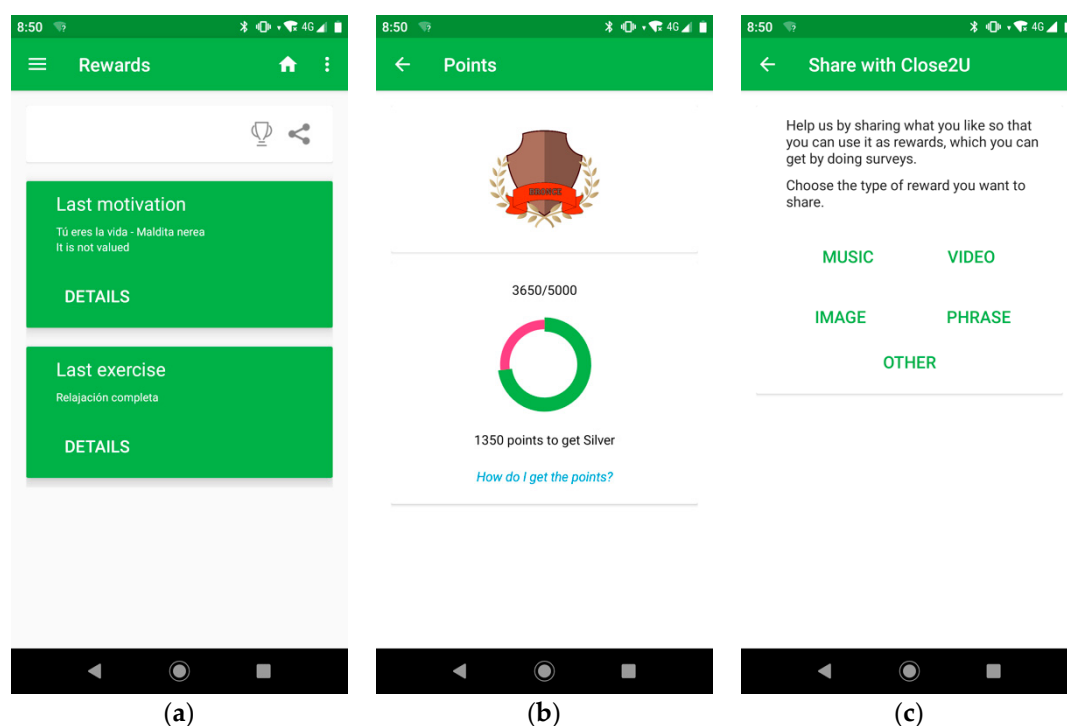


Figure 4. Screens of the user interface: (a) Rewards screen, (b) Points screen and (c) Share screen.

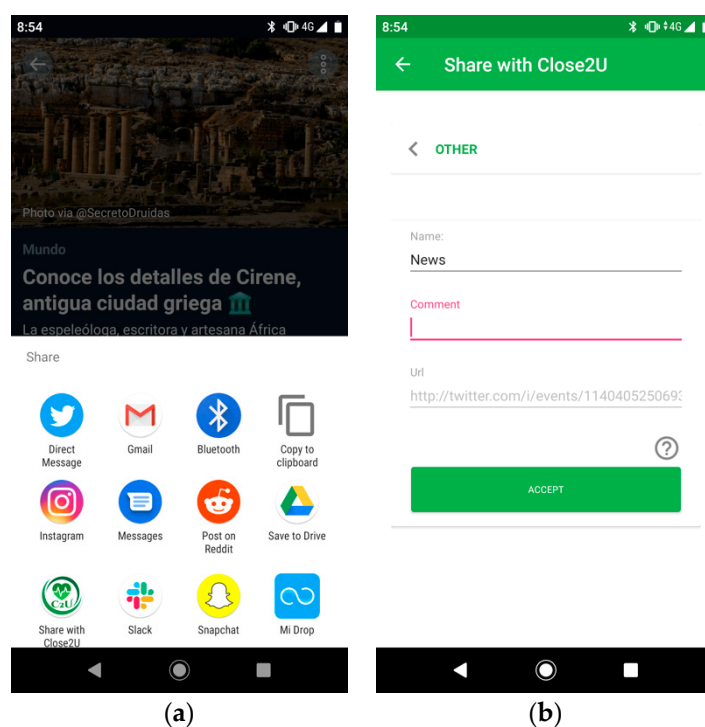


Figure 5. Screens of the user interface: (a) Share with Close2U in other application and (b) Share a resource with the URL taken from share option from other application.

From the web application, psychologists can see the resources that patients upload (Figures 6 and 7), can see the rating and the number of votes that a given resource has, the status of this resource (i.e. activated or deactivated), and they can eliminate, activate or deactivate it. Regarding the motivational resources that are not phrases, they will be able to visualize what the patients have shared and see if it is adequate to be shown to other patients.

Comentario	Tipo de motivación	Compartido por	Estado	Opciones	Valoración	Votos
relax	Imagen		Activada		☆☆☆☆☆	1
Esta canción me hace sentir bien	Música		Activada		★★★★★	15
Todos somos/tenemos un héroe	Música		Activada		★★★★☆	35
Un pasito más, no te sientas sola	Música		Desactivada		★★★★☆	7
La escuche hace poco y me encantó	Música		Activada		★★★★☆	15

Figure 6. Screens of the web interface where the psychologists can see and manage the motivations.

Frase	Compartido por	Estado	Opciones	Valoración	Votos
Cuando el ánimo está en suspenso, un ligero impulso lo hace inclinarse acá o allá.	Aplicación	Desactivada		★★★★☆	9
Cuando la vida te presente razones para llorar, demuéstrale que tienes mil y una razones para reír.	Aplicación	Activada		★★★★☆	5
Cuando quieras dejar de lado tu sueño comprométete a trabajar en él un día más. Luego una semana, un mes y un año. Te impresionará lo que va ha pasar si no te das por vencido.	Aplicación	Activada		★★★★☆	7
Cuando un hombre sabe a donde vá, el mundo entero se aparta para dejarle paso.	Aplicación	Activada		★★★★☆	14
El día perfecto es ir a la cama con un sueño y despertarse con un propósito.	Aplicación	Activada		★★★★☆	6
El hombre no puede descubrir nuevos océanos a menos que tenga el coraje de perder de vista la costa.	Aplicación	Activada		★★★★☆	7
El secreto no es correr detrás de las mariposas... es cuidar el jardín para que ellas vengan hacia tí.	Aplicación	Activada		★★★★☆	5
El sol te recibe con la mejor de sus sonrisas, tienes el resto del día para corresponderle.	Aplicación	Activada		★★★★☆	8

Figure 7. Screens of the web interface where the psychologists can see and manage the phrases.

The psychologist can create or modify exercises as it is shown in Figure 8, defining a name and a number of repetitions. Steps can be added one by one with the *add step* button or by entering a number of steps and pressing the *Add* button in the text field *Add steps*. In the same way, we allow to remove the steps all at once with the *Clean steps* button or to remove them one by one from the last step added with the *Remove step* button.

Nombre
Relajación completa

Repeticiones
5

Añadir pasos: (max. 6) (min. 3)

Añadir

Limpiar pasos

Paso 1

Para comenzar expulsa todo el aire de tus pulmones.

Paso 2

Coloca una mano en tu pecho y otra sobre tu abdomen.

+ Añadir paso

✕ Quitar paso

Modificar

Cancelar

Figure 8. Screens of the web interface where the psychologists can manage the exercises.

4. Validation

This section describes the study conducted to evaluate the gamification part of the Close2U application, introducing the sample of participants and the measurement methods.

4.1. Participants

There were 15 users that voluntarily participated in this study, without any economical compensation. They were 40.53 years old in average with a standard deviation (SD) of 16.85. They were 7 males and 8 females. All of them were cancer patients or cancer survivors.

4.2. Measures

4.2.1. App Usability and Ease of Use

We used the System Usability Scale (SUS) [15] to measure the usability, which is measured with a questionnaire with 10 items. We also used the Usefulness, Satisfaction and Ease of Use (USE) [16] to measure the ease of use, which measures four dimensions: (a) Usefulness (8 questions), (b) Ease of use (11 questions), (c) Ease of learning (4 questions) and (d) Satisfaction (7 questions).

We urge participants to fundamentally value the motivation part in the use of the application, ranking the system, motivational resources, the exercises and the resource-sharing functionality.

The average results of SUS were in the 1–5 range and the average results of USE were in the 1–7 range. We converted these results to the same range of 0–100 for the SUS and USE questionnaires, in order to be able to easily compare both results.

4.2.2. App Gamification

We wanted to know if our way of applying the gamification in our application was appropriate and useful, so we created a survey with the following questions:

1. Prioritize the aspects that most motivate you in the use of the application.
2. Other aspects or ideas that motivated you to use the application more often.
3. Did the phrases, motivational resources and exercises at the end of the surveys motivate you to continue doing the surveys?
4. Did it motivate you to have the option to upload resources and share them with other users of the application?
5. Did you find interesting that your resources were evaluated and obtained points of contribution?
6. Do you think the way of sharing resources was intuitive?

Item 1 was replied by ordering the following aspects: ranking of points, share resources, do exercises, obtaining resources, obtaining medals/level up and others. Item 2 was replied with an optional text, in order to get the feedback of their ideas for news motivations or ways that we can improve the application. Finally, Items 3, 4, 5 and 6 were replied with a five-point Likert scale.

5. Results and Discussion

Regarding usability, the average result of SUS test was 72.67 in the range of 0–100, and the standard deviation (SD) was 10.83. The average result of USE test was 80.64 and the SD was 15.08. Figure 9 shows the results of both questionnaires in order to compare the results of usability and the three dimensions of the USE questionnaire (Ease of use dimension is separated into two factors, Ease of Learning and Ease of Use).

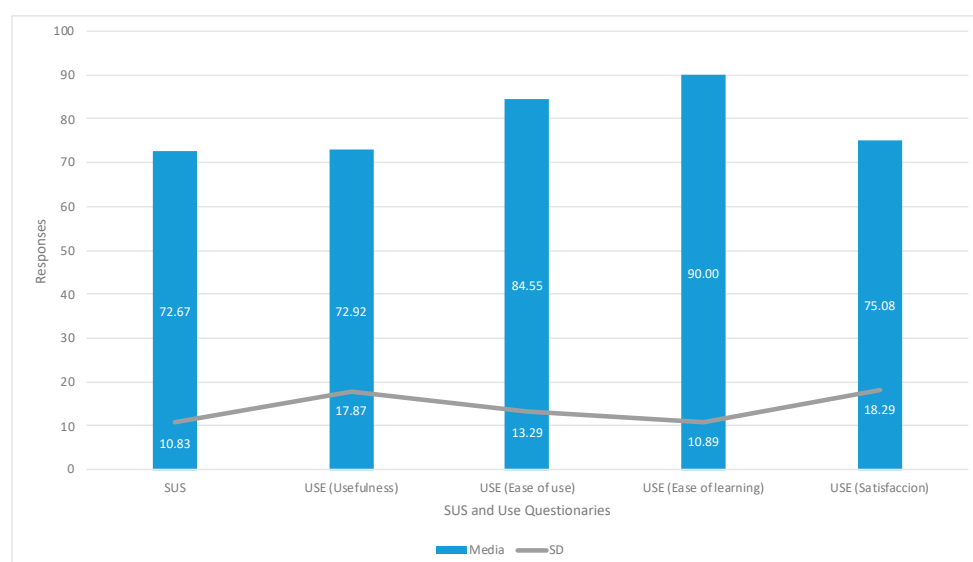


Figure 9. Relation of SUS and USE questionnaires.

We asked the participants some questions about how they felt using the application in terms of the gamification part. Table 2 shows a ranking with the aspects that most motivated them in order to use the application.

Table 2. Results for the first question for the gamification questionnaire.

	Ranking of Points	Share Resources	Do Exercises	Obtain Resources	Obtain Medals/Level up	Others
Average	3	1	1	2	4	6
SD	1.51	1.64	1.55	1.12	1.41	1.30

Table 3 shows the results of the questions replied with a 5-point Likert scale in our questionnaire about the gamification part.

Table 3. Results of the questions replied with 5-point Likert scale for the gamification questionnaire.

	Question 3	Question 5	Question 6	Question 7
Average	4.20	3.93	3.87	3.93
SD	1.29	1.30	1.20	1.49

In the results, we observed that users were mostly interested in sharing resources and doing exercises, followed by obtaining resources. On the other hand, in the 5-point Likert answers of the gamification questionnaire, one can observe that users found interesting that resources could be valued and thus obtain points or simply the fact of sharing them so that other users can be motivated. They also valued in a very positive way that the rewards were given after completing each survey, and that fact motivated them to continue doing it with assiduity. The way to share the resources was also valued very positively. In the answers to the question about what type of resources motivated them the most when conducting the survey and monitoring, the answers were very varied such as: the songs recommended as motivation, videos, photos, exercises, music and videos. Thus, the results advocate that the rewarding mechanism works, thanks to what they share. Thus, the more they share in the future the better, since there will be more rewards that will motivate them.

The results of descriptive statistical analysis indicate that participants considered the Close2U application (a) to be both easy to use and easy to learn and (b) to have useful information useful. The highest rate was the ease of use dimension. We consider this dimension essential so that all the patients know how to use the application and carry out the task of the app without needing technical

support. In both SUS and USE questionnaires, values of standard deviation indicated that the participants' responses were highly consistent.

6. Conclusions and Future Work

A mobile application has been developed that performs a complete follow-up of the patient. This article has focused on creating a mechanism to engage patients and make them use the application periodically for their own well-being, by means of gamification methods.

We can see that we have implemented a scalable and self-recursive system, which will allow patients to create their own resources with a high degree of motivation since they will be shared by other patients in their same situation. In this way, patients actively contribute to their follow-up and the more they do it, the more their engagement increases, having more motivational resources and rewards.

We have created a gamification system that helps patients to be motivated and fulfill their follow-up records. According to the studies carried out, when they have to carry out surveys on paper, they end up getting tired and do not get to perform them. The gamification system has been tested, being satisfactory for the users and allows them to contribute in their own community. One of the relevant factors of our application is the incorporation of social interaction among patients. The results show that the proposed approach works, and increases the cancer patients' motivation.

In the future, one of the main objectives of the project is to perform a non-invasive recording and measurement of the evolution of patients, using devices or sensors to improve both their treatment and their quality of life. In this way, we will have more options to give points to patients either by putting achievements by distance travelled, steps by day/week, or simply by using the devices regularly along with the application. Furthermore, we want to work with oncologists and develop a way in which the application can address the distinctive features of each type of cancer. With some of the feedback that we have achieved we know that we need to improve the ranking system and the way that the patients perceive the received points.

Funding This work has been funded by the research projects “New technologies in cancer monitoring and treatment” and “Advances in research, diagnosis and monitoring of bone cancer patients as a primary or secondary tumor”, by the University Foundation “Antonio Gargallo”. This work has also been partly funded by the Spanish Science, Innovation and University Ministry (MCIU), the National Research Agency (AEI) and the EU (FEDER) through the contract RTI2018-096986-B-C31 and by the Aragonese Government and the EU through the FEDER 2014-2020 “Construyendo Europa desde Aragón” action (Group T25_17D).

Acknowledgments: We would like to thank the psychologists of the AECC of Teruel for their willingness to help us in improving the application.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Deterding, S.; Sicart, M.; Nacke, L.; O'Hara, K.; Dixon, D. Gamification. using game-design elements in non-gaming contexts. In Proceedings of the CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada, 7–12 May 2011; pp. 2425–2428.
2. Sardi, L.; Idri, A.; Fernández-Alemán, J.L. A systematic review of gamification in e-Health. *J. Biomed. Inform.* **2017**, *71*, 31–48.
3. Kawachi, I. It's all in the game—The uses of gamification to motivate behavior change. *JAMA Internal Med.* **2017**, *177*, 1593–1594.
4. Johnson, D.; Deterding, S.; Kuhn, K.A.; Staneva, A.; Stoyanov, S.; Hides, L. Gamification for health and wellbeing: A systematic review of the literature. *Internet Interv.* **2016**, *6*, 89–106.
5. Loibl, S.; Lederer, B. The importance of supportive care in breast cancer patients. *Breast Care* **2014**, *9*, 230.
6. Primack, B.A.; Carroll, M.V.; McNamara, M.; Klem, M.L.; King, B.; Rich, M.; Chan, C.W.; Nayak, S. Role of video games in improving health-related outcomes: a systematic review. *Am. J. Prev. Med.* **2012**, *42*, 630–638.
7. Cugelman, B. Gamification: what it is and why it matters to digital health behavior change developers. *JMIR Serious Games* **2013**, *1*, e3.
8. Marczewski, A. *Even Ninja Monkeys Like to Play*; Blurb Inc.: London, UK, 2015.

9. Economou, D.; Dwek, M.; Roberston, C.; Elliott, B.; Kounenis, T.; Azimi, T.; Ramezani, M.; Bell, N. PhytoCloud: A gamified Mobile Web Application to modulate diet and physical activity of women with breast cancer. In Proceedings of the 2017 IEEE 30th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS), Thessaloniki, Greece, 22–24 June 2017; pp. 684–689.
10. SickKids Research. Available online: <https://lab.research.sickkids.ca/iouch/pain-squad-app/> (accessed on 28 June 2019).
11. Mango Health. Available online: www.mangohealth.com (accessed on 28 June 2019).
12. Kinect para Windows. Available online: <https://developer.microsoft.com/es-es/windows/kinect> (accessed on 28 June 2019).
13. Reflexion Health. Available online: <https://reflexionhealth.com/> (accessed on 28 June 2019).
14. Kim, B. Designing Gamification in the Right Way. *Libr. Technol. Rep.* **2015**, *51*, 29–35.
15. Brooke, J. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.* **1996**, *189*, 4–7.
16. Lund, A.M. Measuring usability with the use questionnaire. *Usability Interface* **2001**, *8*, 3–6.



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

8.4.2 Diseño de interfaces de usuario adaptativas para personas mayores

Cita completa:

Alamán, J. N., Gilaberte, R. L., & Bagdasari, E. M. C. (2021). Diseño de interfaces de usuario adaptativas para personas mayores. In Actas del XXI Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador: INTERACCIÓN 20/21 (pp. 55-59). UMA Editorial.

Diseño de interfaces de usuario adaptativas para personas mayores

Javier Navarro-Alamán[†], Raquel Lacuesta
Dpto. de Informática e Ingeniería de Sistemas, EUP
Universidad de Zaragoza
Teruel, España
jnavarroa@unizar.es, lacuesta@unizar.es

Eva Cerezo
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón
Universidad de Zaragoza
Zaragoza, España
ecerezo@unizar.es

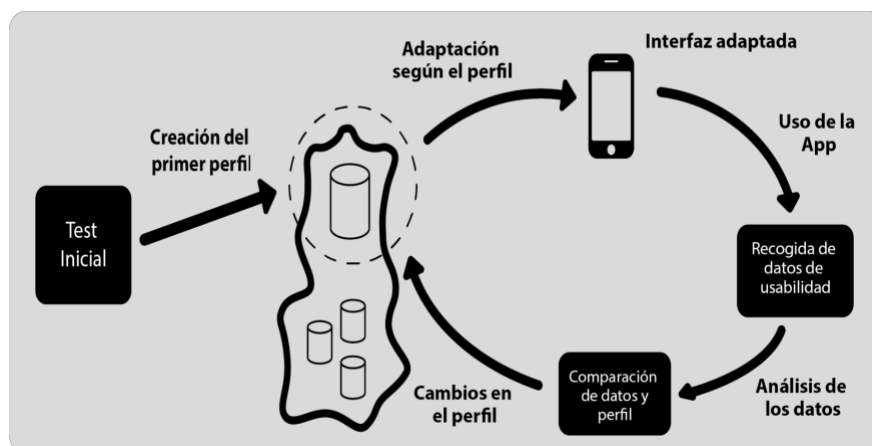


Figura 1: Esquema del sistema adaptativo propuesto

ABSTRACT

En el diseño de interfaces para personas mayores la adaptación de estas a las características físicas y cognitivas de los usuarios es un factor importante a la hora de asegurar su facilidad de uso y puede ser determinante a la hora de fomentar su adherencia en el contexto de las aplicaciones de m-health. Este artículo propone un sistema para la personalización de interfaces móviles para mayores basado en la realización de una serie de test sencillos que permiten caracterizar a los usuarios y llevar a cabo una adaptación automática de la interfaz. Para la selección de los parámetros se ha partido de las recomendaciones de las WCAG. Se trata de un primer paso en el desarrollo de una aplicación de m-health para personas frágiles que se está desarrollando.

CCS CONCEPTS

- Human-centered computing
- Human Computer interaction
- Interactive systems and tools

This work is licensed under a Creative Commons "Attribution-ShareAlike 4.0 International" license.



KEYWORDS

Interfaces adaptativas, personalización, personas mayores, m-health

1 Introducción

Según los estudios de Naciones Unidas, la población mundial está envejeciendo. Para 2050, una de cada 6 personas en el mundo tendrá más de 65 años (16%), más que la proporción de una de cada 11 en 2019 (9%). Como se ve, las personas mayores representan un segmento de mercado en aumento. Sin embargo, actualmente esta población presenta dificultades en el acceso y uso de las tecnologías digitales, estando en general poco acostumbrados a su uso y resultándoles complejo incluso la realización de tareas sencillas para el resto de la población. La brecha digital existente provoca la desmotivación hacia el uso de la tecnología por este sector de la población [1, 2]. Ante esa situación van surgiendo guías y recomendaciones [3] a la hora de diseñar interfaces para este segmento de población. Este tipo de recomendaciones generales son de gran utilidad para mejorar de forma significativa la usabilidad y accesibilidad de las aplicaciones. Sin embargo, en este segmento de edad las diferencias individuales incluso entre individuos de la misma edad, pueden ser muy significativas. En el ámbito sanitario la población mayor de 65 años se clasifica en 3 tipos según su capacidad funcional: población autónoma, población frágil

(independientes pero con incipiente pérdida de función y alta probabilidad de deterioro) y población dependiente. Actualmente se está poniendo el foco en el colectivo de mayores frágiles para las que las aplicaciones de m-health pueden ser de gran ayuda para el mantenimiento de su independencia. Sin embargo, su propia característica de fragilidad hace imprescindible una adecuada personalización de las interfaces para asegurar su uso y adherencia a las aplicaciones.

La personalización de las interfaces es un medio eficaz para adaptarse a las diferencias entre individuos, consiguiendo mejorar la usabilidad y accesibilidad de los sistemas interactivos. Una interfaz personalizada puede ayudar a mejorar la eficacia de un usuario realizando acciones asociadas a tareas que se repiten día a día, cambiando la apariencia de la interfaz para que se adapte mejor a las limitaciones y capacidades de los usuarios ofreciendo asesoramiento sobre las tareas que se están realizando e incluso mediando en la interacción de un usuario a través del análisis del estado físico y emocional del usuario [4]. Dentro de los tipos de personalización existentes debemos distinguir entre tres tipos[5]: (1) Adaptable (Manual) en el que el usuario es capaz de cambiar la interfaz, pero de manera que solo él decide los cambios, (2) Adaptativa (semi-automática) en el que sistema puede identificar a los usuarios y apoyarlos con sugerencias, puede detectar si un usuario tiene dificultades para alcanzar su objetivo, y Auto-adaptativa (automática) donde se cambian automáticamente algunas partes o incluso toda la interfaz de usuario. El trabajo presentado en este artículo sigue el enfoque adaptativo (semi-automático). En particular, se presenta una herramienta que permite, a través de un test sencillo, caracterizar a los usuarios y determinar las opciones de personalización para la posterior adaptación de la aplicación objetivo. Para la elección de los parámetros se han estudiado las recomendaciones de accesibilidad para mayores de la W3C. Los parámetros son: tamaño de letra, contraste, tamaño y alineación de botones, color, tema y volumen.

El artículo se ha estructurado de la siguiente forma: primero se hace un repaso de trabajos relacionados con la personalización de interfaces (sección 2); a continuación (sección 3), se presenta el sistema propuesto poniendo el foco en el test inicial de caracterización del usuario mayor. Por último, en la sección 4, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2 Interfaces personalizables: estado del arte

A nivel de personalización de la interfaz, son varios los autores que han trabajado en aproximaciones adaptables o manuales. En [6] se presenta una notación propia (OWL/Turtle notation) para descripciones específicas de los aspectos de la interfaz. Mediante esas anotaciones se genera automáticamente una interfaz personalizada. Otro ejemplo de este tipo de herramientas para mejorar la usabilidad y adaptación es la presentada en [7]. Los autores proponen un estudio basado modelos con el objetivo de mejorar la usabilidad y adaptación de sistemas de información complejos (CIS). El mapeo entre diagramas de casos de uso, diagramas de tareas y modelos de funciones permite la selección automática de una interfaz de usuario abstracta y el desarrollo de una interfaz de usuario concreta para cada trabajo. El método

utilizado permite a los usuarios seleccionar las funciones deseadas de un proveedor para personalizar una interfaz.

Dentro de las herramientas adaptativas o semi-automáticas se presentan varias líneas de investigación. En [8] se presenta una herramienta de personalización de la interfaz de usuario a nivel semántico impulsado por el perfil de usuario semántico personal y la combinación de módulos reutilizables de visualización adaptativa. Otro aspecto importante es la adaptación al dispositivo (responsive). En esa línea, Moon et al. [9] proponen un nuevo marco web avanzado para generar una interfaz de usuario que se adapte automáticamente dependiendo del contexto (capacidad del dispositivo, política de servicio, sensor información, información del usuario e información opcional). Yigitbas et al. [5] explican que, en las interfaces de usuario adaptativas, el usuario puede personalizar o individualizar la interfaz de usuario adaptando el diseño o adaptando la navegación, siempre de forma manual. En cooperación con un socio industrial, estos autores desarrollan una nueva metodología para un desarrollo basado en modelos de interfaz de usuario para sistemas de autoservicio distribuido, teniendo en cuenta aspectos de adaptación e integración dentro del modelo de desarrollo. Por otro lado, Lim et al. [10] proponen un sistema UI / UX inteligente para adultos mayores llamado SmartSenior, que se basa en aprendizaje semi-supervisado para llevar a cabo adaptaciones automáticas de la interfaz. El sistema evalúa inicialmente [11] la capacidad cognitiva, produciendo el primer perfil y luego modifica el perfil según sus acciones.

Finalmente, a nivel de desarrollo de aplicaciones auto-adaptativas o automáticas podemos encontrar varios trabajos. Park et al. [12] diseñan un sistema que utiliza un modelo de avatar que se adapta a los usuarios. En [13] se propone un método para la adaptación del teclado digital en función de la interacción realizada, de esta forma se analiza qué teclas presiona el usuario y otros parámetros para optimizar la interfaz presentada. En [14] los autores presentan un entorno de desarrollo integrado (IDE), llamado Adapt-UI, para el desarrollo de interfaces de usuario autoadaptables. De esta forma, la interfaz de usuario se adaptará automáticamente en función de los cambios en el contexto de uso. En [15] los autores presentan los beneficios al proporcionar información adaptable al usuario a través del diseño dinámico. El sistema se auto-adapta a través un estudio de usuario, donde se analizan los resultados del análisis de satisfacción basados en las expresiones del usuario y en cuestionario subjetivos. El modelo de interacción dinámica estima el nivel de comprensión e interés del usuario en la información atendida con objeto de proporcionar un servicio personalizado a cada usuario basado en esta información.

Nuestra propuesta sigue un enfoque semiautomático como se explica en la siguiente sección.

3 Diseño de interfaces adaptativas para mayores

Una vez constatada la necesidad de adaptación de las interfaces para el colectivo de mayores, y estudiado las alternativas, en el marco del desarrollo de aplicaciones de m-health para mayores frágiles, se ha diseñado un sistema que permita la adaptación semiautomática de la interfaz de las aplicaciones. Para ello, a partir de una caracterización inicial que permita establecer un perfil para el usuario se llevará a cabo la adaptación inicial de la interfaz. El perfil

del usuario se enriquecerá mediante la toma de parámetros de uso de la aplicación por parte del usuario, lo que permitirá la continua adaptación de la interfaz al mismo (ver figura 1). El trabajo presentado en este artículo se centra en la creación del perfil inicial a partir de un test de caracterización del usuario. A continuación, se detalla dicho test.

3.1 Selección de Parámetros: accesibilidad

Las personas mayores cuentan con limitaciones asociadas a la edad que interfieren en el uso de sistemas interactivos. Entre estos factores se encuentran limitaciones visuales, físicas y cognitivas. Entre las limitaciones visuales se encuentran la reducción de la sensibilidad al contraste, percepción del color y enfoque, lo que en ocasiones puede dificultar la lectura de contenido visual. Respecto a las limitaciones físicas se encuentran la destreza reducida y el control de la motricidad fina, dificultando la interacción táctil con objetos pequeños o el uso de periféricos; además, la limitación auditiva les dificulta escuchar sonidos de tonos altos. Además, respecto a su capacidad cognitiva suelen tener reducida la memoria a corto plazo, dificultando la concentración y potenciando la distracción, lo que dificulta completar tareas en línea o la navegación por el sistema. El proyecto WAI-AGE, financiado por la Comisión Europea, investigó las necesidades de los usuarios web de mayor edad y la superposición con la accesibilidad web para personas con discapacidad. Los resultados de la investigación, y el trabajo posterior, determinaron los estándares de accesibilidad internacionales existentes de la Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) del W3C que abordan la mayoría de las necesidades de los usuarios mayores [16]. Así, las pautas sobre accesibilidad de contenido web (WCAG) se han convertido en la base para el desarrollo de aplicaciones accesibles orientadas a personas mayores. Las pautas se basan en cuatro principios de accesibilidad web: perceptible, operable, comprensible y robusto. Nuestro trabajo se ha centrado en los aspectos relativos a información perceptible e interfaz de usuario (tamaño del texto, estilo de texto y diseño de texto, color y contraste, multimedia) y a interfaz de usuario operable (enlaces, navegación y ubicación, uso del mouse, o del teclado y tabulación). En la tabla 1 se presentan en concreto los parámetros seleccionados para la adaptación de la interfaz, relacionándolos con la prueba del test inicial en la que se van a determinar y el requisito en el que están basados.

Tabla 1: Parámetros para la personalización de la interfaz basados en las pautas de accesibilidad de la WCAG 2.0

Requisitos WCAG 2.0	Parámetros	Tipo de prueba
1.4.4 (Resize text)	Tamaño mínimo de letra	Prueba visual
1.4.1 (Use of Color)	Tema preferido	Prueba de contraste
1.4.3 (Contrast Minimum)	Ratio de contraste mínimo	Prueba de contraste
1.4.3 (Contrast Minimum)	Color preferido	Prueba de botones
1.4.1 (Use of Color)	Tamaño de botón mínimo	Prueba de botones
1.4.8 (Visual presentation)	Alineamiento preferido	Prueba de botones
2.4.5 (Multiple Ways)	Volumen mínimo	Prueba de audio

3.2 Diseño de las pruebas

El test inicial consta de cuatro pruebas que se detallan a continuación indicando el parámetro o parámetros que permiten establecer y los valores posibles en cada caso.

3.2.1 Prueba visual.

Parámetro: tamaño mínimo de letra que el usuario es capaz de visualizar correctamente.

Valores posibles: 18, 20, 22, 24 o 26.

Prueba: Para la determinación de los valores se usan dos pantallas. En primer lugar (figura 2 izquierda), al usuario le aparece un número de tres cifras acompañado de un teclado numérico y debe introducir uno a uno los números que componen dicho número. En segundo lugar (figura 2 derecha), al usuario le aparece una letra “C”, rotada aleatoriamente, de modo que, mediante un teclado de cuatro flechas, (1) Izquierda, (2) Arriba, (3) Derecha y (4) Abajo, debe introducir la dirección en la que está abierta la “C”.

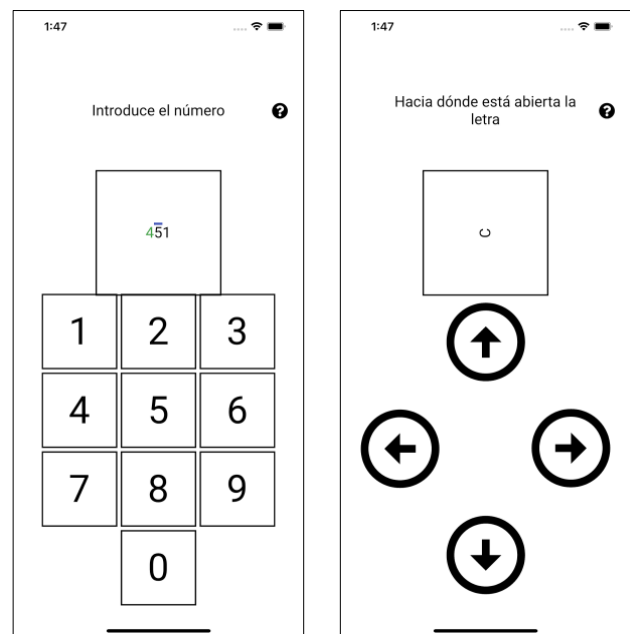


Figura 2: Interfaz de la prueba visual.

3.2.2 Prueba de contraste.

Parámetros: mínimo ratio de contraste y tema preferido.

Valores posibles: Contraste: (1) Máximo - 21:1, (2) Alto - Mayor de 11:1, (3) Medio - Mayor de 9:1 y (4) Bajo - Mayor de 7:1 (requisito AAA de las WCAG 2.0).

Modo: Claro u oscuro.

Prueba: El usuario debe contestar en cuatro pantallas diferentes (figura 3 izquierda) en las que se va variando el contraste y el modo, a la pregunta ¿Puedes leer el texto fácilmente?: (a) sí, (b) me tengo que esforzar y (c) no. El texto que se muestra es una noticia completa de la página web de noticiasfacil.es.

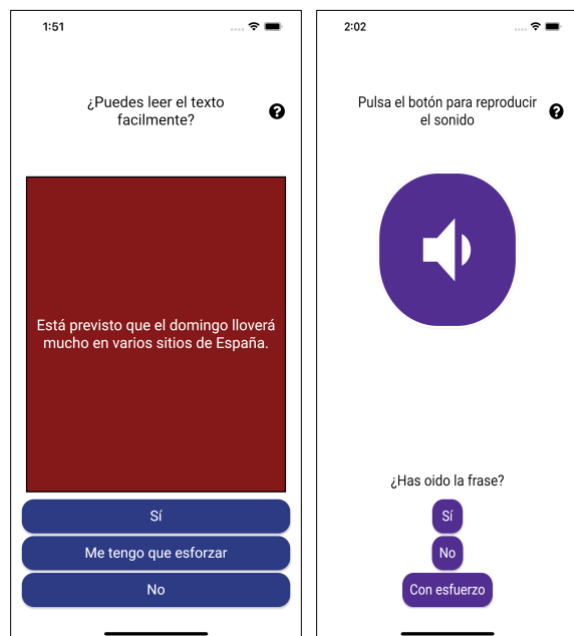


Figura 3: Interfaz de la prueba de contraste (izquierda) Interfaz de la prueba de audio (derecha).

3.2.3 Prueba de botones.

Parámetros: color preferido, tamaño mínimo de botón y posición/alineación de los botones.

Valores posibles: Color: (a) azul, (b) rojo, (c) verde y (d) púrpura.

Tamaño mínimo de botón: (1) grande, (2) mediano y (3) pequeño.

Posición/alineación botones: izquierda o derecha.

En primer lugar (figura 4derecha) se muestra una pantalla que contiene cuatro botones con tamaño mediano para que el usuario elija entre los colores elegidos como valores. Se recoge no solo el color sino posibles fallos al pulsar. En la segunda pantalla (figura 4izquierda), aparece un minijuego simple con un contador con cuatro bombillas apagadas que el usuario tendrá que ir encendiendo una a una. La posición y el tamaño de los botones va variando y se contabilizan los errores del usuario.

3.2.4 Prueba de audio.

Parámetro: volumen mínimo.

Valores posibles: valor entre 0,5 y 1 (del rango del volumen del dispositivo).

Prueba; El usuario tiene que pulsar un botón y escuchar una frase (figura 3 derecha). Se empieza con un volumen de nivel medio y va cambiando según el usuario conteste a las preguntas (1) ¿has oído la frase? y (2) ¿has entendido la frase? El usuario a cada una de las preguntas podrá contestar (a) Sí, (b) No y (c) Con problemas. A partir de las respuestas del usuario se elegirá el volumen mínimo de la aplicación.

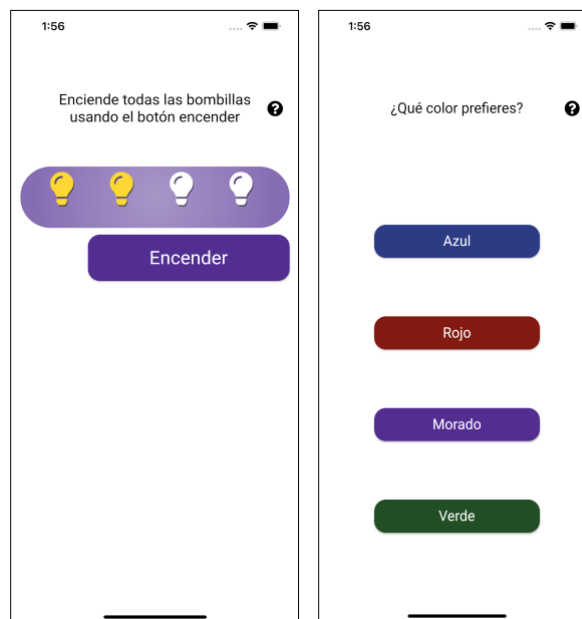


Figura 4: Interfaz de la prueba de botones.

Se ha llevado a cabo un test piloto con 5 usuarios con objeto de valorar la adecuación del procedimiento y del test planteado con resultados satisfactorios. Estos test iniciales, como se comenta en el siguiente apartado se van a integrar en una aplicación de m-health para personas frágiles lo que permitirá llevar a cabo una evaluación de la propuesta presentada.

4 Conclusiones y trabajo Futuro

En este artículo se propone un sistema para la personalización de interfaces móviles para mayores basado en la realización de una serie de pruebas sencillas que permiten caracterizar a los usuarios y llevar a cabo una adaptación automática de la interfaz. Se trata de un primer paso dentro de un enfoque semiautomático en el que el propio uso de la aplicación llevará consigo el refinamiento de la personalización de la interfaz. Nuestro trabajo actual y futuro se centra, de hecho, en el desarrollo de un sistema para el seguimiento domiciliario, por parte de sanitarios, de mayores frágiles y para el fomento de hábitos saludables en ellos a través de recomendaciones personalizadas. El objetivo último del trabajo es contribuir a que dichos mayores frágiles mantengan el mayor tiempo posible su autonomía e independencia de otras personas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Pablo Torrijos su ayuda en la escritura de este artículo. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI), la Agencia Española de Investigación (AEI), la UE (FEDER) a través de los contratos RTI2018-096986-BC31, y por el Gobierno de Aragón (Grupo T60_20R).

REFERENCIAS

- [1] Hong, S. G., Trimi, S., & Kim, D. W. (2016). Smartphone use and internet literacy of senior citizens. *Journal of Assistive Technologies*.
- [2] Gonzales, E., Matz-Costa, C., & Morrow-Howell, N. (2015). Increasing opportunities for the productive engagement of older adults: A response to population aging. *The Gerontologist*, 55(2), 252-261.
- [3] Guía de recomendaciones para el desarrollo de videojuegos e interfaces para mayores, María Costa et al, ISBN 84-616-4543-X.
- [4] Arazy, O., Nov, O., & Kumar, N. (2015). Personalization: UI personalization, theoretical grounding in HCI and design research. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 7(2), 43-69.
- [5] Yigitbas, E., & Sauer, S. (2014, September). Flexible & Adaptive UIs for Self-Service Systems. In *Mensch & Computer Workshopband* (pp. 167-175).
- [6] Hitz, M., Kessel, T., & Pfisterer, D. (2017, February). Automatic UI Generation for Aggregated Linked Data Applications by Using Sharable Application Ontologies. In *International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development* (pp. 328-353). Springer, Cham.
- [7] Zhang, L., Qu, Q. X., Chao, W. Y., & Duffy, V. G. (2017, July). Object-oriented user interface customization: Reduce complexity and improve usability and adaptation. In *International Conference on Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management* (pp. 404-417). Springer, Cham.
- [8] Khriyenko, O. (2015). Semantic UI: Automated creation of semantically personalized user interface. *GSTF Journal on Computing (JoC)*, 4(3), 1-9.
- [9] Moon, J., Lim, T. B., Kim, K. W., Lee, S. P., & Lee, S. (2012, September). Advanced responsive web framework based on MPEG-21. In *2012 IEEE Second International Conference on Consumer Electronics-Berlin (ICCE-Berlin)* (pp. 197-199). IEEE.
- [10] Lim, H., Hooshyar, D., Ji, H., Lee, S., & Jo, J. (2019). SmartSenior: automatic content personalization through semi-supervised learning. *Wireless Personal Communications*, 105(2), 461-473.
- [11] Ji, H., Yun, Y., Lee, S., Kim, K., & Lim, H. (2018). An adaptable UI/UX considering user's cognitive and behavior information in distributed environment. *Cluster Computing*, 21(1), 1045-1058.
- [12] Park, H. S., Kim, H. W., & Park, C. J. (2016, July). Dynamic-interaction UI/UX design for the AREIS. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 412-418). Springer, Cham.
- [13] Son, Y., & Lee, Y. (2012). Automatic UI Generation Technique for Mobile Applications on Touch-Screen based Smart Phones. *International Journal of Smart Home, SERSC*, 6(67).
- [14] Yigitbas, E., Sauer, S., & Engels, G. (2017, June). Adapt-UI: an IDE supporting model-driven development of self-adaptive UIs. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems* (pp. 99-104).
- [15] Olwal, A., Lachanas, D., & Zacharouli, E. (2011, May). OldGen: Mobile phone personalization for older adults. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 3393-3396).
- [16] Older Users and Web Accessibility: Meeting the Needs of Ageing Web Users. Disponible online: <https://www.w3.org/WAI/older-users/developing> (Último acceso el 30 de Abril del 2021).

8.4.3 Diseño de una aplicación basada en el juego para el seguimiento de estados emocionales

Cita completa:

Navarro-Alamán, J., Lacuesta, R., & García-Magariño, I. (2022). Diseño de una aplicación basada en el juego para el seguimiento de estados emocionales. In Actas del XXII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador: INTERACCIÓN 21/22 (pp. 97-101). UMA Editorial.

Diseño de una aplicación basada en el juego para el seguimiento de estados emocionales

Javier Navarro-Alamán[†]
Dpto. de Informática e Ingeniería de
Sistemas, EUPT
Universidad de Zaragoza
Teruel, España
jnavarroa@unizar.es

Raquel Lacuesta
Dpto. de Informática e Ingeniería de
Sistemas, EUPT
Universidad de Zaragoza
Teruel, España
lacuesta@unizar.es

Iván García-Magariño
Dpto. de Ingeniería del Software e
Inteligencia Artificial
Universidad Complutense de Madrid
Madrid, España
igarciam@ucm.es

ABSTRACT

El IoT ofrece aplicaciones y posibilidades para mejorar la vida cotidiana de las personas y los entornos empresariales. Sin embargo, la mayoría de estas tecnologías no se han explotado en el campo de las emociones. Dado que el estudio de los trabajos relacionados indica una falta de enfoques predictivos aplicados al diseño de sistemas IoT desde la perspectiva de las emociones y bajo reglas de adaptación inteligente, en este artículo nos centraremos en sentar las primeras bases para el diseño de una metodología aplicada a este contexto. En concreto, en este artículo se realiza un primer estudio y análisis de la evolución de las emociones de los usuarios en un entorno de juego. De esta forma, se consigue observar cómo la variación en las actividades puede contribuir a modificar el estado de ánimo del usuario y afectar directamente a las señales fisiológicas del usuario recogidas a través de sistemas IoT. Actualmente y como trabajo futuro se está trabajando en el análisis de la correlación de estos datos para permitir diseñar un sistema que permita anticipar y predecir las emociones futuras de los usuarios utilizando parámetros recogidos de los dispositivos IoT y recomendar una nueva actividad para el usuario y de forma inteligente con el fin de obtener un estado final deseado por el usuario.

CCS CONCEPTS

- Human-centered computing
- Human Computer interaction
- Interactive systems and tools

KEYWORDS

Internet de las cosas - IoT, Actividad electrodérmica - EDA, Variabilidad del ritmo cardíaco - HRV

1 Introducción

Las investigaciones de los últimos años indican que para reconocer, interpretar, procesar y simular las emociones de los seres humanos es necesario humanizar la interacción del usuario con la tecnología [1]. Actualmente, la mayoría de las aplicaciones de IoT no se centran en el estudio de las emociones de los usuarios. Sin embargo, algunos estudios [2, 3] muestran cómo es posible detectar las emociones a partir del análisis de los datos recogidos de los dispositivos IoT a través de diferentes tipos de parámetros como la

EDA, la VFC, la electroencefalografía, la electrocardiografía, la frecuencia cardíaca (FC) o la fotoplethismografía. El acceso y uso de este tipo de parámetros mediante sistemas IoT permitirá la monitorización de signos esenciales, emociones, contexto, cuestiones sociales, situaciones específicas y actividades relacionadas con los usuarios. Con este tipo de datos, estos sistemas podrían trabajar para lograr objetivos específicos como reducir las emociones negativas de los usuarios, motivarlos, obtener un mejor rendimiento de estos o simplemente lograr objetivos o emociones específicas solicitadas o deseadas por ellos. En este contexto, presentamos en este artículo los comienzos del desarrollo de un sistema recomendador específico, basado en las emociones de los usuarios. Este sistema aplicará algoritmos capaces de predecir las emociones de los usuarios basándose en las emociones previas y en el análisis del contexto, el sistema nos permitirá (1) predecir las emociones de los usuarios, (2) cambiar las actividades en tiempo real, (3) adaptar las condiciones del entorno para modificar el contexto del usuario (4) alcanzar el estado deseado por los usuarios.

El artículo se estructura de la siguiente forma: primero se hace un repaso de trabajos relacionados con IoT y la personalización de aplicaciones mediante las emociones (sección 2); a continuación (sección 3), se presenta el diseño del sistema propuesto; seguido por los resultados obtenidos (sección 4). Por último, en la sección 5, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2 Estado del arte

IoT es la red de dispositivos interconectados con sensores, software y conectividad de red para acumular e intercambiar datos [4]. Abarca todas las "cosas" que pueden utilizarse como dispositivos productivos que proporcionan información útil para realizar diferentes tipos de análisis. Esta información puede guardarse y analizarse para mejorar el funcionamiento de un dispositivo o mejorar otros dispositivos. Actualmente, muchos sistemas IoT se acomodan o personalizan al usuario o a sus necesidades. El consumo de energía de estos dispositivos inteligentes también es una consideración importante. En [5], los autores redujeron el número de veces que una banda inteligente necesita medir la FC, reduciendo el consumo de energía en un alto porcentaje sin afectar a la utilidad de la aplicación. Algunos ejemplos de IoT son las ciudades y los hogares inteligentes [6]. Los servicios de las ciudades inteligentes se basan en una arquitectura centralizada. Un

conjunto de dispositivos periféricos desplegados en la zona urbana genera diferentes tipos de datos que se envían a través de tecnologías de comunicación adecuadas a un centro de control, donde se realiza el almacenamiento y el procesamiento de los datos. Los sistemas domésticos inteligentes pueden recoger información de sensores o entradas e integrarla en cada dispositivo doméstico equipado con interfaces inalámbricas.

Para comparar nuestra propuesta con las existentes, presentamos algunas aplicaciones y estudios basados en las emociones de IoT. Pal et al. [7] utilizan todo tipo de sensores, para el reconocimiento de las emociones humanas. Se clasificaron 23 publicaciones de sistemas de monitorización de la salud mental (MHMS) según el tipo de trastorno mental y enumeraron todos los dispositivos empleados en estos estudios [8] (por ejemplo, sensor ocular, variabilidad del ritmo cardíaco (Heart Rate Variability (HRV)), actividad electrodérmica (Electrodermal activity (EDA)), fotopletismograma, acelerómetro, cuestionarios). Bassam et al. [9] monitorizaron el bienestar desarrollando un sistema de detección móvil en el que el usuario llevaba un dispositivo IoT equipado con múltiples sensores. Por último, estudiamos dos aplicaciones, MoodScope [10] y BeWell [11], que utilizan sensores de teléfono móvil. Ninguna de ellas utiliza otros dispositivos IoT externos. BeWell se basa en un sistema de recomendación y MoodScope identifica el estado emocional de los usuarios interrogándolos a través de la aplicación.

La revisión de los trabajos relacionados indica que, a pesar de que existen múltiples soluciones ofrecidas por el IoT, todavía falta un enfoque metodológico para los servicios de IoT centrados en la predicción de las emociones de los usuarios. La mayoría de estos estudios muestran cómo detectar las emociones con diferentes sensores, pero faltan propuestas de adaptación de la interacción del usuario. Este artículo presenta los primeros pasos de diseño de un sistema de recomendación que se adapta al contexto del usuario para conseguir emociones específicas del usuario en tiempo real.

3 Diseño del sistema

En este artículo se propone el diseño de un sistema que permita al usuario alcanzar una meta “emocional”, en nuestro caso relacionada con poder cambiar su estado de ánimo mediante la interacción con diferentes actividades lúdicas, en este caso concreto nos centraremos en juegos de móvil. Se utilizan encuestas y dispositivos IoT para capturar los datos de los usuarios mientras interaccionan con el juego. En concreto, se evalúan los sentimientos, por medio de parámetros que proporcionen los usuarios a través de las encuestas y se medirán los datos fisiológicos de los usuarios usando la pulsera Empatica E4 mientras interactúan con un dispositivo móvil que ofrece actividades de entretenimiento. El sistema analiza el estado actual del usuario y sus emociones actuales para recomendar otro tipo de juego.

La aplicación recomienda un nuevo juego en caso de que el “flujo de emociones” no coincida con la emoción final deseada. Una vez seleccionado el nuevo juego el usuario comenzará a jugar al nuevo juego.

3.1 Selección de parámetros: emocionales y jugables

Los parámetros emocionales que el sistema tendrá en cuenta durante el análisis se recogerán de dos maneras: (1) datos manuales del usuario a partir de los datos auto informados por medio de la aplicación). (2) datos del IoT (datos recogidos automáticamente de los dispositivos del IoT, por ejemplo, parámetros fisiológicos).

Los usuarios van a jugar a diferentes juegos en dos contextos diferentes (sentados (Eureka! Y Candy Crush) y caminando (Pokemon GO)) mientras usan la aplicación. La clasificación de los juegos se realiza teniendo en cuenta las siguientes características (1) razonamiento, para los juegos en los que hay que utilizar la lógica para resolverlos, (2) memoria, para los juegos en los que los usuarios necesitan recordar palabras o patrones, (3) lenguaje, para los juegos que utilizan palabras o letras para añadir vocabulario y (4) movilidad, para los juegos en los que el usuario debe moverse físicamente. Con esta clasificación, se seleccionan tres juegos diferentes (cada juego puede estar en varias categorías).

Para registrar el nivel de emoción del usuario, se utiliza la Cuadrícula de Afecto de Russell (Affect Grid) [12], diseñada como un medio rápido para determinar el afecto a lo largo de las dimensiones de placer-displacer y excitación-sueño en una escala de 1 a 9, teniendo un profundo impacto en la psicología social que mide las emociones. Según la bibliografía, el Affect Grid es potencialmente adecuado para los estudios relacionados con las emociones. También se registran los datos fisiológicos de la evolución del usuario. La pulsera Empatica E4 permite recoger los parámetros: Pulso de volumen sanguíneo (Blood Volume Pulse (BVP)) que permite calcular la variabilidad de frecuencia cardíaca (HRV), los cambios constantes de ciertas propiedades eléctricas de la piel (EDA), la temperatura cutánea periférica y la frecuencia cardíaca (Heart Rate (HR)).

Como requisito principal, nuestro sistema debe permitir a los usuarios especificar un estado emocional final deseado al que se intentará llegar a través de la modificación de las actividades de juego.

3.2 Diseño de interfaces

A continuación, se presentan las interfaces de los primeros prototipos diseñados. Inicialmente, el sistema pregunta al usuario su estado emocional actual (Figura 1.a) y la emoción que quiere conseguir (Figura 1.b). Actualmente la propuesta de juego se realiza aleatoriamente (Figura 2.a), permitiendo al usuario parar en cualquier momento (aburrimiento, cansancio, entre otros) o iniciar el juego hasta llegar a la emoción final deseada o cambiar de juego. Se recogen los datos informados y fisiológicos del usuario en su interacción con el juego. Todos los parámetros recogidos se almacenan en una base de datos que en un futuro se utilizará para estimar/proponer un juego al usuario dependiendo de su estado inicial y su perfil de usuario. Con estos datos, se calcula una “puntuación emocional del juego” en la que se clasificarán las diferentes emociones del usuario a través de su evolución en dos ejes: enérgico (relacionado con su energía) y positivo (respecto a su actitud). Esta puntuación permitirá conocer si el usuario progresa

correctamente hacia el estado final deseado. Una vez acabado el tiempo de juego del juego actual se propondrá al usuario continuar en ese juego si su estado evoluciona correctamente o se le propondrá un cambio si la evolución no es adecuada. Cuando el usuario alcance el estado final se le indicará y se le volverá a preguntar por su estado actual (Figura 2.b), de esta forma se podrán añadir estos datos para poder estimar mejor los juegos recomendados a futuros usuarios.

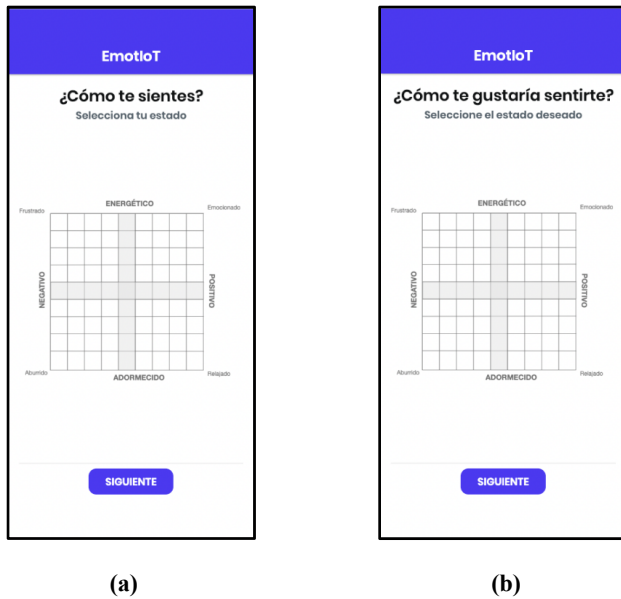


Figura 1. Pantallas de inicio para obtener la emoción inicial (a) y la emoción deseada (b)

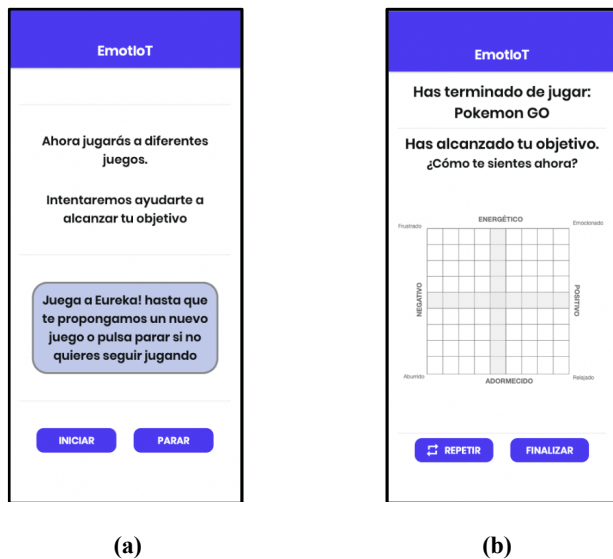


Figura 2. Pantallas para indicarle al jugador a que jugar la primera vez (b) pantalla de comprobación de alcance de objetivo

4 Resultados

La primera evaluación se ha realizado sobre 5 usuarios. Para la evaluación se ha realizado el test de usabilidad SUS [13], se mide con un cuestionario de 10 ítems. En la Figura 3 los resultados medios del SUS se situaron en el rango 1-5. Los juegos utilizados para las pruebas han sido: Eureka! (razonamiento, memoria y lenguaje), Candy Crush (memoria y razonamiento) y Pokemon GO (movilidad). Se puede observar que el sistema es fácil de usar por nuestros usuarios. Todas las preguntas han sido muy bien valoradas, destacando positivamente la facilidad de uso de la aplicación.

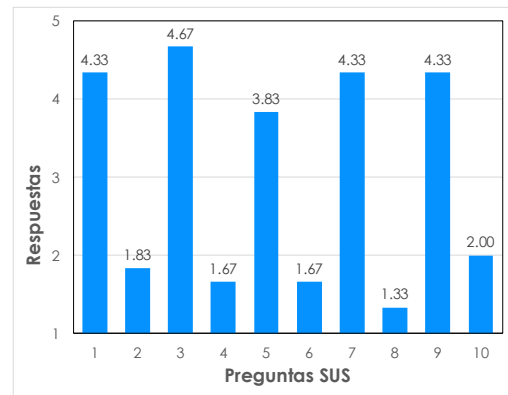


Figura 3. Gráfica del cuestionario SUS

En la Figura 4 se observa la evolución positiva de la emoción de los usuarios. En esta gráfica se representa el estado emocional que sienten, antes, durante y después de jugar, los usuarios en los tres juegos analizados. Si se analiza la evolución concreta de un usuario (Figura 5) se observa cómo ha variado notablemente su estado respecto al estado inicial.

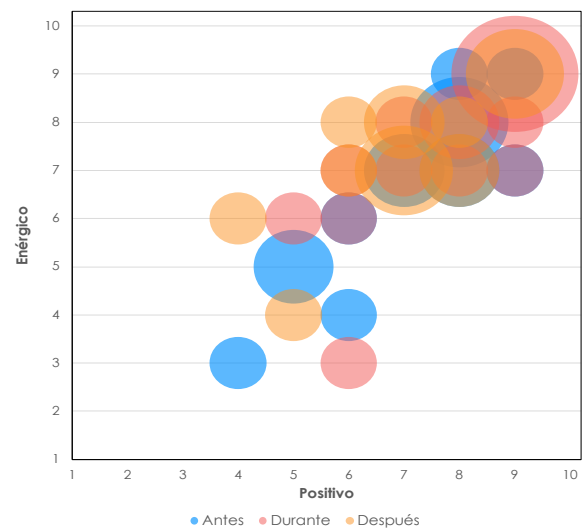


Figura 4. Estados de ánimo antes de jugar, mientras juega y cuando termina de jugar

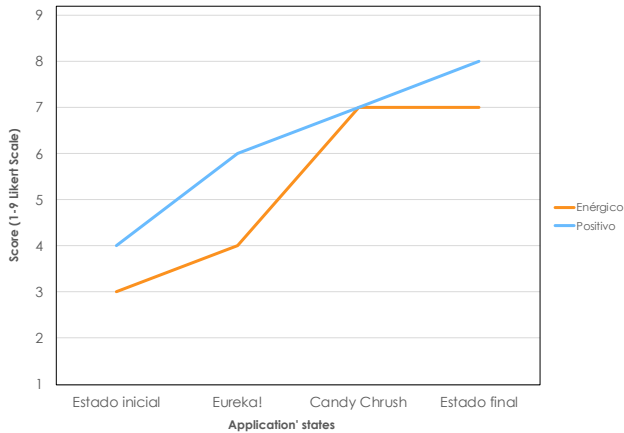


Figura 5. Gráfica de un caso individual en la evolución del estado de ánimo

Respecto a la variabilidad de los valores fisiológicos, se muestra en la Figura 6, la evolución del parámetro HRV. Como se puede observar en este caso concreto es el juego Pokemon Go el que más hace variar dicho parámetro, por lo que se puede deducir que en un futuro puede aportar valor al hacer la estimación del juego con las emociones.

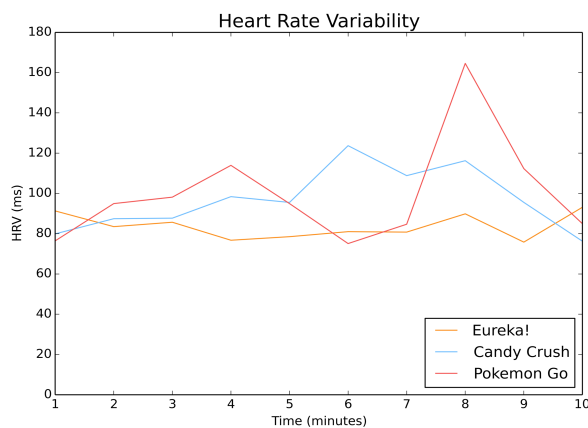


Figura 6. Relación de los tres juegos con el HRV

5 Conclusiones y trabajo futuro

Este trabajo presenta el diseño inicial de una aplicación basada en las emociones de los usuarios. En esta versión preliminar se muestra un primer análisis de la evolución de las emociones y de su variabilidad, así de cómo estas pueden ser modificadas por un sistema de juego. En el presente artículo la propuesta de cambio de juego se ha basado en el análisis del estado del usuario en un momento dado a través de las respuestas de los usuarios de su estado emocional, no obstante, actualmente se está trabajando en el análisis de las señales fisiológicas y su relación con los estados emocionales del usuario. De esta forma, se está realizando una correlación de los datos HRV, EDA, temperatura y HR con sus

emociones y generando una base de datos que permita en un futuro predecir el estado actual del usuario sin necesidad de preguntar al usuario. De esta forma a través del análisis de las variables fisiológicas se van a determinar las emociones actuales y futuras modificando la actividad realizada persiguiendo lograr alcanzar el estado deseado seleccionado por el usuario. Además se pretende establecer en un futuro estudio las bases metodológicas para el diseño de sistemas IoT basados en emociones, en las que se tendrán en cuenta estándares de interacción.

ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI), la Agencia Española de Investigación (AEI), la UE (FEDER) a través de los contratos RTI2018-096986-BC31, y por el Gobierno de Aragón (Grupo T60_20R).

REFERENCES

- [1] Dzedzickis, A., Kaklauskas, A., & Bucinskas, V. (2020). Human emotion recognition: Review of sensors and methods. *Sensors*, 20(3), 592.
- [2] Deepika Mathuvanthi, P., Suresh, V., & Pradeep, C. (2019). IoT powered wearable to assist individuals facing depression symptoms. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6, 1676-1681.
- [3] Lacuesta, R., Garcia, L., García-Magariño, I., & Lloret, J. (2017). System to recommend the best place to live based on wellness state of the user employing the heart rate variability. *IEEE Access*, 5, 10594-10604.
- [4] Laghari, A. A., Wu, K., Laghari, R. A., Ali, M., & Khan, A. A. (2021). A review and state of art of Internet of Things (IoT). *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1-19.
- [5] González-Landero, F., García-Magariño, I., Lacuesta, R., & Lloret, J. (2018). Green communication for tracking heart rate with smartbands. *Sensors*, 18(8), 2652.
- [6] Skouby, K. E., & Lynggaard, P. (2014, November). Smart home and smart city solutions enabled by 5G, IoT, AAI and CoT services. In *2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)* (pp. 874-878). IEEE.
- [7] Pal, S., Mukhopadhyay, S., & Suryadevara, N. (2021). Development and Progress in Sensors and Technologies for Human Emotion Recognition. *Sensors*, 21(16), 5554.
- [8] García-Ceja, E., Riegler, M., Nordgreen, T., Jakobsen, P., Oedegaard, K. J., & Tørresen, J. (2018). Mental health monitoring with multimodal sensing and machine learning: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 51, 1-26.
- [9] Al Bassam, N., Hussain, S. A., Al Qaraghuli, A., Khan, J., Sumesh, E. P., & Lavanya, V. (2021). IoT based wearable device to monitor the signs of quarantined remote patients of COVID-19. *Informatics in medicine unlocked*, 24, 100588.
- [10] Puleston, J. (2011, September). Online research—game on!: A look at how gaming techniques can transform your online research. In *Shifting the Boundaries of Research. Proceedings of the 6th ASC (Association for Survey Computing) International Conference* (pp. 20-50).
- [11] Lane, N. D., Mohammad, M., Lin, M., Yang, X., Lu, H., Ali, S., ... & Campbell, A. (2011, May). Bewell: A smartphone application to monitor, model and promote wellbeing. In *5th international ICST conference on pervasive computing technologies for healthcare* (Vol. 10).
- [12] Colomo-Palacios, R., Casado-Lumbreras, C., Soto-Acosta, P., & García-Crespo, A. (2011). Using the affect grid to measure emotions in software requirements engineering.
- [13] Vlachogianni, P., & Tselios, N. (2021). Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 1-18.

8.4.4 Un primer análisis de caracterización de asistentes virtuales para el seguimiento del estado de salud de personas mayores

Cita completa:

Navarro-Alamán, J., Sanchez, I., Lacuesta, R., Casino, V. & Bagdasari, E. M. C. (2022). Un primer análisis de caracterización de asistentes virtuales para el seguimiento del estado de salud de personas mayores. In Actas del XXII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador: INTERACCIÓN 21/22 (pp. 106-109). UMA Editorial.

Un primer análisis de caracterización de asistentes virtuales para el seguimiento del estado de salud de personas mayores

Javier Navarro-Alamán[†]

Dpto. de Informática e Ingeniería de
Sistemas, EUPT
Universidad de Zaragoza
Teruel, España.
jnavarroa@unizar.es

Iñaki Sánchez

Dpto. de Informática e Ingeniería de
Sistemas, EUPT
Universidad de Zaragoza
Teruel, España
746345@unizar.es

Raquel Lacuesta

Dpto. de Informática e Ingeniería de
Sistemas, EUPT
Universidad de Zaragoza
Teruel, España.
lacuesta@unizar.es

Virginia Casino

Dpto. de Informática e Ingeniería de Sistemas, EUPT
Universidad de Zaragoza
Teruel, España
vcasino@unizar.es

Eva Cerezo

Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón
Universidad de Zaragoza.
Zaragoza, España
ecerezo@unizar.es

ABSTRACT

En el contexto de las aplicaciones de *mobile health* (m-health), el desarrollo de interfaces fáciles de usar para mejorar la usabilidad y la aceptación para las personas mayores se ha convertido en una investigación destacada y un tema de gran desafío. Este artículo presenta el diseño de agentes conversacionales basados en el uso de avatares integrados en una aplicación de salud para el control de la fragilidad en personas mayores. Se han establecido tres puntos principales de estudio de las características de los avatares: parámetros físicos, socio-afectivos y de interacción. Un plan de evaluación detallado analiza la experiencia del usuario en comparación con las interfaces táctiles tradicionales.

CCS CONCEPTS

- Human-centered computing
- Human Computer interaction
- Interactive systems and tools

KEYWORDS

Asistentes virtuales, m-health, avatars, personas mayores.

1 Introducción

La evaluación médica de personas mayores debe considerar factores muy dispares debido a la gran variedad de estados de salud en los que se puede encontrar el paciente. Para la evaluación médica será necesario conocer los síntomas a los que refiere mediante un interrogatorio que permita conocer al individuo y sus dolencias actuales. Además, para una evaluación clínica se analizan dolencias pasadas y elementos familiares, ambientales y personales relevantes (proceso de anamnesis), así como realizar una exploración física (signos físicos) en la que el médico estudia su cuerpo para determinar si el individuo tiene o no un problema físico. Un examen físico por lo general comprende: (a) inspección, (b) palpación, (c) auscultación y (d) percusión [1]. El registro de datos de historia clínica ha sido un pilar fundamental de la práctica

médica durante muchos siglos, incluso ahora se estima que se proporciona un diagnóstico correcto el 76% de las veces, cuando lo realiza un médico con habilidades de comunicación adecuadas [2]. Además, las buenas habilidades de comunicación y un alto nivel de empatía predicen un mayor nivel de satisfacción del paciente, lo que influye positivamente en la adherencia de los pacientes a la terapia, el cumplimiento de las citas, y se suma a la mejora de sus resultados de salud.

Actualmente, las herramientas digitales en la práctica clínica aportan una nueva forma para que los médicos brinden atención. Una de ellas es la posibilidad de recopilar y almacenar información relacionada con el estado del individuo y con la prestación de cuidados a través de sistemas interoperables en línea. Por otro lado, no se debe olvidar que la pandemia del COVID-19 ha dificultado o empeorado el acercamiento de los profesionales sanitarios a los pacientes, sobre todo a los ancianos por su frágil estado de salud. Dentro del campo tecnológico existen distintos tipos de enfoques para el seguimiento de personas mayores. Este seguimiento se puede llevar a cabo mediante distintas metodologías como pueden ser: encuestas, entrevistas, formularios, pruebas, etc. Actualmente se están desarrollando nuevos métodos por la vía tecnológica como son los chatbots, asistentes virtuales o agentes conversacionales [3]. Pensando en las personas mayores, se debe emplear aquella tecnología más usable para ellos. En este artículo se realiza un primer análisis sobre la valoración y uso de agentes virtuales en los procesos de toma de datos de salud de personas mayores, centrándonos en un análisis inicial para la caracterización de dichos agentes virtuales o avatares.

2 Estado del arte

Actualmente existen nuevas técnicas para la recogida de datos de salud dentro del colectivo de personas mayores, algunas de las más novedosas podrían ser chatbots, asistentes virtuales o agentes conversacionales. Los chatbots podrían resultar complejos si la

persona mayor no puede leer la pantalla por ser demasiado pequeña o por problemas en los dedos que no pueda escribir o resulte ser una tarea muy compleja para ellos. Además, otro problema podría ser la existencia todavía de personas que tienen problemas con la lectura o escritura, pero se comunican bien oralmente. Los asistentes virtuales permiten apuntar citas, enviar mensajes, llamar mediante la voz, pero no están pensados para un posible seguimiento de personas, sino para facilitar ciertas tareas sin la necesidad de escribir. Los agentes conversacionales pueden integrar avatares virtuales con características de comunicación verbal o no verbal, que ejecutan una tarea interactiva de persona a máquina [1]. También llamados agentes relacionales, pueden emular algunas características humanas, utilizando diferentes tipos de interacciones como el habla, la mirada, los gestos con las manos y otras modalidades no verbales. Sin embargo, es de denotar los conflictos existentes entre mayores y el uso de las tecnologías, principalmente debido a la exclusión digital que ellos sufren, provocada por distintos miedos, el desconocimiento, falta de confianza, vergüenza por no saber cómo emplearlos y no requerir de ayuda [4]. El uso de diversas tecnologías para aumentar la eficacia y la calidad de los servicios de salud en todos los usuarios plantean la incorporación de agentes virtuales. El desafío se encuentra en diseñar interfaces que se adapten mejor a los usuarios objetivo y permitan una interacción fluida, especialmente para los usuarios de edad avanzada. En estos entornos, la experiencia del usuario y la interfaz utilizada influirán en la capacidad del usuario para transmitir y acceder rápidamente a la información, en el proceso de toma de datos y en una mejor eficiencia y satisfacción del usuario. Un diseño adecuado permitirá la entrada y obtención intuitiva de datos y la reducción en la fatiga que conlleva el proceso de interacción. La interfaz y las herramientas utilizadas también afectan la posibilidad y los métodos para la toma de la historia clínica digital.

En la bibliografía científica existen numerosos artículos referentes a avatares que se centran en hacer compañía a personas mayores que sufren de aislamiento social y soledad. Los avatares y los agentes virtuales son inherentemente de naturaleza multimodal y permiten una relación íntima entre los usuarios mayores y los avatares. Será por lo tanto una herramienta que permita al mayor sentirse más cómodo en el proceso de interacción. Y será por ello necesario estudiar qué avatares resultan de mayor agrado para este colectivo o la confianza que les sugiere.

Cada vez es más frecuente la existencia de personas mayores que viven solas y las visitas por parte de familiares son más escasas en la gran mayoría de los casos, como por ejemplo se indica en los artículos [5][6]. En estos artículos el uso de avatares se centra en el diseño de agentes conversacionales que prestan compañía a la persona en cuestión además de poder brindar atención monitoreando posibles caídas o ayudando a la gestión de ingesta de medicamentos. Por otro lado, si nos centramos en el registro de síntomas a través de agentes conversacionales en [7], los autores se centran en la detección de la demencia mediante un avatar de computadora. Las conclusiones obtenidas son, que además de

poder diagnosticar con exactitud al anciano, se produjo un hallazgo que permitía hacer más explícita la detección de qué le sucede al paciente además de una reducción de esfuerzo y tiempo para este proceso de diagnóstico. La conclusión obtenida es que se encuentra en una fase de investigación demasiado temprana, donde no se puede determinar por completo todavía su validez, aunque se puede adelantar que los resultados son alentadores a falta de pruebas que hagan estos concluyentes.

De la investigación realizada, se puede obtener que no existe ningún criterio que sea claro ni siga un estándar, ya que cada uno es distintos y valoran diferentes características.

3 Caracterización de los avatares

Con el objetivo de analizar las características y el efecto en la interacción natural del uso de avatares planteamos el análisis de tres aspectos fundamentales en el proceso de la interacción: 1) análisis de parámetros físicos del avatar 2) análisis de los parámetros afectivos y socio-afectivos del proceso de la interacción y 3) parámetros propios del proceso de la interacción. Consideraremos parámetros físicos como aquellas características referentes a los rasgos físicos que se pueden observar en los avatares, desde los ojos, boca, nariz, pelo, color de pelo, raza hasta la ropa que lleva puesta. Los parámetros afectivos y socio-afectivos influyen mucho en que haya una mejor interacción y que esta pueda ser más fluida y rica de información. Estableceremos como parámetros socio-afectivos y afectivos, aquellos relacionados con la comodidad, confianza, naturalidad que el avatar transmite al usuario y muy ligado a esto, el tercer grupo de parámetros la interacción, como aquellos parámetros propios de la usabilidad del proceso de interacción.

4 Tecnologías empleadas para el diseño de avatares

Para el diseño del avatar, se ha optado por la utilización del motor gráfico Unity 3D, aprovechando las facilidades que brinda en cuanto a libertad de diseño y creatividad. Los paquetes empleados para la creación del avatar son los siguientes: 1) UMA 2 - Unity Multipurpose Avatar: es un sistema de generación y modificación de personajes en tiempo de ejecución que permite la modificación de decenas de parámetros para crear un avatar en 3D totalmente a tu gusto. Además, de animaciones y ropa 2) o3n Male and Female UMA Races: se trata de un sistema de razas aplicables al sistema UMA 2. Este a su vez permite acceder a nuevos modelos y ropaje más realista que el incluido en el paquete base 3) SALSA LipSync Suite: empleado para que se analice el audio del diálogo que se encuentre reproduciendo y, en acorde a este, el avatar mueva los labios en sincronía.

5 Diseño de avatares

A continuación, se muestra el diseño de ocho avatares creados para la validación de los parámetros presentados. En concreto trabajaremos con aspectos físicos: voz, edad, ojos, rostro, género, estatura, peso, postura corporal, rasgos faciales, pelo, ropa; socio-afectivos: credibilidad, confianza, naturalidad y emoción transmitida

y de interacción: usabilidad y comodidad. En la Figura 1 se pueden observar los 8 diseños generados para su posterior evaluación. Se ha decidido generar dos modelos infantiles (uno masculino y uno femenino), cuatro modelos de adulto (dos masculinos y dos femeninos) y dos modelos de ancianos (uno masculino y uno femenino).

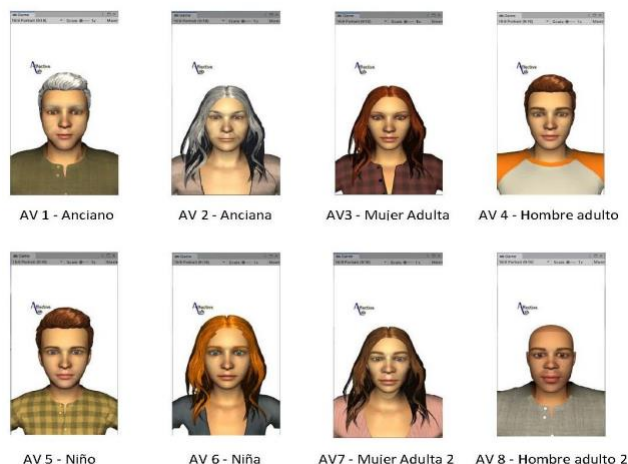


Figura 1: Avatares diseñados.

6 Evaluación de avatares

La evaluación se realiza a través de cuestionarios para llegar a todo el mundo ya que no se segmenta por edades, aunque en este artículo solo se muestran los resultados referentes a ancianos. El objetivo es una primera valoración de tanto los aspectos físicos como parámetros socio-afectivos por parte de los usuarios. En primer lugar, el cuestionario presenta varias preguntas de caracterización del usuario: género de la persona pudiendo ser hombre, mujer o prefiere no indicar con qué género se identifica y su edad en años. A continuación, se le plantean cuestiones vinculadas al uso de la tecnología. Las preguntas son: cuántas veces emplea la tecnología para conectarse al Internet, cuántas veces emplea la tecnología para comunicarse y cuántas veces emplea la tecnología para jugar. En todos los casos se pretende valorar la frecuencia semanal de la realización de la acción descrita en la pregunta pudiendo ser: nunca, una vez al mes, un día a la semana, varias veces por semana o todos los días de la semana. Para finalizar con las preguntas de carácter personal se pretende conocer un poco más sobre las capacidades que tiene esta persona con los teléfonos móviles. Las preguntas realizadas son las siguientes: su capacidad para ver lo que aparece en la pantalla del teléfono móvil, su capacidad para escuchar el teléfono móvil y su capacidad para manipular el teléfono móvil con las manos. La valoración para estas tres últimas preguntas va de 1 significando muy mala y 5 muy buena. Una vez conocido un poco más sobre las características de la persona, el uso que le da a la tecnología y sus capacidades ante esta se procede a realizar las cuestiones asociadas a los avatares. Para ello, se presenta para cada avatar un apartado donde comienza con un pequeño vídeo de

presentación en el que aparece el avatar. Este primero saluda, luego indica que va a ser su acompañante en el uso de la aplicación y por último se despide deseando un buen día al usuario. En este se ve la cabeza del avatar como mueve los labios conforme al texto que ha de decir, además de mover las cejas y parpadear.

Posteriormente, se realizan las distintas preguntas que se para poder llevar a cabo el análisis de aceptación del avatar. Primero, valorar su aspecto, su voz y su naturalidad del 1 al 7. Siendo el 1 nada natural y el 7 muy adecuado o muy natural. Luego, cómo de cómodo/cómoda se sentiría si tuviera que hablar con el avatar del 1 al 7. Siendo el 1 nada cómodo/cómoda y el 7 muy cómodo/cómoda. Cuánta confianza le transmite el avatar del 1 al 7. Siendo el 1 ninguna confianza y el 7 mucha confianza. La credibilidad que le transmite el avatar del 1 al 7. Siendo el 1 nada creíble y el 7 muy creíble. Y, si le ha transmitido alguna emoción pudiendo responder “Sí” o “No”, y en el caso de ser una respuesta positiva, cómo ha sido la emoción a elegir entre “Positiva”, “Neutra” o “Negativa”. La naturalidad, comodidad, confianza y credibilidad son considerados parámetros de interacción socio-afectiva.

Estas preguntas son realizadas para cada uno de los avatares, y, cuando todos han sido valorados, se procede a que elijan dos de ellos correspondientes a ser sus favoritos.

7 Resultados

Para los primeros análisis se ha analizado una muestra de 5 personas con las siguientes edades: 63, 62, 62, 73, 73 y 74. Un total de 2 mujeres y 3 hombres. Todos los usuarios han sido válidos para esta prueba y cada uno de ellos realizaba el formulario en el dispositivo más cómodo para ellos.

Los usuarios utilizan la tecnología en media, en un 75% de las ocasiones para comunicarse, un 70% para conectarse a internet, y un 0% para jugar. Su capacidad visual es del 4'2, capacidad auditiva del 4'2 y táctil del 3'8 también. Para la realización de valoración de los avatares se ha etiquetado a los diferentes modelos generados (ver Figura 1): AV1 (Anciano), AV2 (Anciana), AV3 (Mujer adulta), AV4 (Hombre adulto), AV5 (Niño), AV6 (Niña), AV7 (Mujer adulta 2), AV8 (Hombre adulto 2). El análisis de la evaluación de aspectos positivos de los avatares (valoración media de aspectos físicos y socio-afectivos) concluyen que el avatar preferido por esta población es el etiquetado como AV5 y el que menos gusta a este colectivo es el AV7 (ver Figura 2).

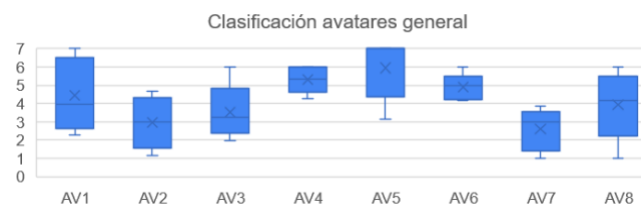


Figura 2: Puntuación dada a los avatares.

Si desglosamos las valoraciones en aspectos físicos: apariencia y voz y de interacción socio-afectiva (ver Figura 3) podemos observar que los mejores valorados en apariencia son el AV4 y el AV5, los peores valorados son el AV7 y el AV2. Los mejores valorados respecto a la voz son el AV5 y el AV4, los peores serán el AV7 y el AV2. Respecto a los datos socio-afectivos los mejores valorados han sido el AV5 y el AV4 y los peores el AV8 y el AV2.

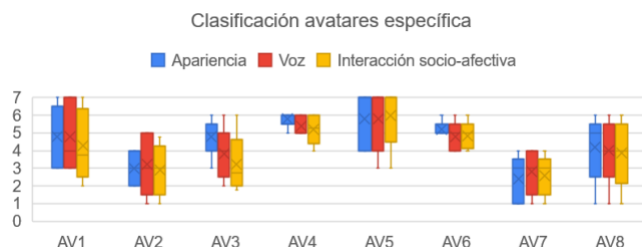


Figura 3: Calificación de los parámetros de apariencia, voz e interacción socio-afectiva dada a los avatares.

En esta primera valoración se observa que los usuarios se decantan por avatares con facciones más suaves como eran el niño y el hombre adulto, las puntuaciones eran más positivas. Descartando los rasgos más serios y duros como la mujer adulta 2 y la anciana. Al resultar menos atractivas sus puntuaciones eran relativamente menores a los restantes avatares. Es de relevancia destacar que la voz de los avatares masculinos es siempre la misma y también la voz de los avatares femeninos, por lo que entendemos que el agrado físico es determinante para valorar el resto de factores. El hecho de etiquetar los avatares como “anciano” o “niño” en ocasiones no ha sido tenido en cuenta por los usuarios que hacían la valoración, sin embargo, un usuario que sí que ha atendido a esta etiqueta presentó un comentario del tipo: “un niño no puede ser mi médico”. Sin embargo, es de denotar que aquellos que no atienden a la etiqueta no “discriminan” avatares por su edad aparente. En general se atiende principalmente a su aspecto físico. Otra usuaria se decantó por elegir los avatares de acuerdo al parecido con seres conocidos. Respecto al sexo, los usuarios se decantaron por avatares masculinos. Atendiendo a las emociones generadas (ver Figura 4), aquel avatar mejor valorado físicamente y a nivel socio-afectivo, es el que genera mejores emociones en los usuarios.

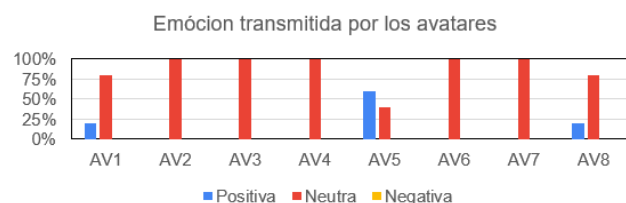


Figura 4: Emociones de los usuarios.

En estudios futuros, se estudiarán si existen diferencias significativas entre los avatares que son peor y mejor valorados. Al

igual que se trabajará en mayor profundidad el aspecto de la interacción y usabilidad.

6 Conclusiones

En este artículo nos centramos en la importancia del diseño de aplicaciones cercanas a la interacción natural para el desarrollo de aplicaciones de m-health centradas en ancianos. Es por ello que proponemos el uso de agentes conversacionales y agentes virtuales (avatares) para incrementar la aceptación tecnológica de los ancianos. En este artículo presentamos un primer análisis de caracterización de avatares para el análisis de aspectos que generan más agrado a este colectivo y que son influyentes en el proceso de aceptación, este estudio está siendo ampliado para recoger más valoraciones. Actualmente los avatares están siendo integrados en una aplicación de seguimiento de salud para personas mayores frágiles. En estudios futuros se valorará la usabilidad del proceso de interacción, la aceptación tecnológica de dichos avatares y la correlación de factores vinculantes en la evaluación de agentes virtuales por parte del colectivo de ancianos, estableciendo criterios de diseño de agentes virtuales para el colectivo de personas mayores.

ACKNOWLEDGMENTS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI), la Agencia Española de Investigación (AEI), la UE (FEDER) a través de los contratos RTI2018-096986-BC31, y por el Gobierno de Aragón (Grupo T60_20R).

REFERENCES

- [1] S. Bravo et al., «CATE: An Embodied Conversational Agent for the Elderly». 2020, p. 948. doi: 10.5220/0009174009410948.
- [2] Henry Martins y L. Lino, «Digital Anamnesis: Integrating Classic History Taking with Digital Health», vol. 21, n.º 5, p. 3.
- [3] J. L. Z. Montenegro, C. A. da Costa, y R. da Rosa Righi, «Survey of conversational agents in health», Expert Syst. Appl., vol. 129, pp. 56-67, sep. 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2019.03.054.
- [4] J. Nowakowska-Grunt, M. Dziadkiewicz, K. Olejniczak-Szuster, y M. Starostka-Patyk, «Quality of service in local government units and digital exclusion of elderly people - Example from implementing the avatar project», Pol. J. Manag. Stud., vol. 23, pp. 335-352, jun. 2021, doi: 10.17512/pjms.2021.23.2.20.
- [5] Z. Callejas y D. Griol, «Conversational Agents for Mental Health and Wellbeing», en Dialog Systems: A Perspective from Language, Logic and Computation», T. Lopez-Soto, Ed. Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 219-244. doi: 10.1007/978-3-030-61438-6_11.
- [6] R. Dai y Z. Pan, «A Virtual Companion Empty-Nest Elderly Dining System Based on Virtual Avatars». 2021, p. 451. doi: 10.1109/ICVR51878.2021.9483852.
- [7] H. Tanaka et al., «Detecting Dementia Through Interactive Computer Avatars», IEEE J. Transl. Eng. Health Med., vol. 5, pp. 1-11, 2017, doi: 10.1109/JTEHM.2017.2752152.

8.4.5 Early Detection of Abandonment Signs in Interactive Novels with a Randomized Forest Classifier

Cita completa:

Navarro, J., García-Magariño, I., Gómez Sanz, J. J., Lacuesta, R., Fernández, R. F., & Pavón, J. (2023, January). Early Detection of Abandonment Signs in Interactive Novels with a Randomized Forest Classifier. In *Advances in Artificial Intelligence—IBERAMIA 2022: 17th Ibero-American Conference on AI*, Cartagena de Indias, Colombia, November 23–25, 2022, Proceedings (pp. 208-217). Cham: Springer International Publishing.

Early Detection of Abandonment Signs in Interactive Novels with a Randomized Forest Classifier

Javier Navarro¹[0000-0002-3843-6796], Iván García-Magariño¹[0000-0002-2726-6760],
Jorge J. Gómez Sanz¹[0000-0002-4773-4904], Raquel Lacuesta²[0000-0002-4773-4904],
Rubén Fuentes Fernández¹[0000-0002-2954-1519], and Juan Pavón¹[0000-0002-9553-8123]

¹ Research Group on Agent-based, Social & Interdisciplinary Applications (GRASIA),
Complutense University of Madrid, Madrid 28008, Spain
jnavar05@ucm.es, igarciam@ucm.es, jjgomez@ucm.es,
ruben@fdi.ucm.es, jpavon@ucm.es
² Department of Computer Science and Engineering of Systems,
University of Zaragoza, Zaragoza 50009, Spain
lacuesta@unizar.es

Abstract. Interactive applications are becoming increasingly popular to gather feedback from users in different fields (e.g., Urbanism, Design, Economy, or Sociology). However, it is difficult to keep users engaged with an application to provide high-quality answers, as there are plenty of competitors for their attention (e.g. other applications) and their attention time is short. In this context, the interactive adaptation of applications to the actual interaction with users is a key element to improve users' engagement. It allows modifying the interface and story of the application to make it more attractive to the users while they play with it. This paper addresses this issue with early detection of potential signs of fatigue or abandonment by users in interactive visual novels. It applies Randomized Forests over a variety of events common in this type of application and analyzes which of them are best predictors of those signs. The results with a variety of novels and the selected features show promising results (a minimum accuracy of 81%).

Keywords: User engagement, Adaptation of applications, Visual novels, Abandonment predictor, Randomized Forest.

1 Introduction

Interactive applications (and contents in general) have been gaining increasing presence in our lives [1, 2]. They can be used to gather people feedback on multiple domains [3, 4], as they offer multiple interaction possibilities and users are already familiar with their common interaction mechanisms. However, this use is also very challenging [5], since users spend less time on each application, switching among them frequently, so their level of attention can be low. For these reasons, there is a risk to get answers that not always have the quality and confidence that is required.

Nowadays, the success of interactive applications to attract and retain users largely depends on their ability to adapt to their users, contexts and specific interactions [6, 7]. In turn, this adaptation needs techniques to analyze user engagement and retention. For instance, the identification of early signs of fatigue or potential abandonment will make it possible to design some changes on applications trying to improve users attention and interest.

Though there are multiple works in the area of the assessment of user engagement from the interaction in applications, the problem is still open. This is largely due to the variety of types of interactive applications and the information that they can gather.

Our work focuses on visual novels as a tool to provide a context for interactive (and sometimes geolocated) questions to gather users' feedback. Visual novels [8] are a hybrid between written stories and video-games that involve the use visual assess to convey characters, backgrounds, and actions. They also frequently request users' interactions to choose paths of action or answers to specific questions.

This paper presents a model that can predict early abandonment in visual novels with interactive and geolocated questions. There is still no information on predictions in this type of applications as opposed to traditional systems. For this purpose, the paper also reports a study of the temporal variables that can be obtained from the use of a visual novel to identify those that can contribute to better predictors.

The rest of the paper is structured as follows. Section 2 reviews the related work on user retention and abandonment predictions. Section 3 describes the proposed methodology for the design of the method to predict when the user wants to abandon the application, while Section 4 presents the results and Section 5 discusses them. Finally, Section 6 discusses the conclusions and future work.

2 Related work

The problem of user engagement in applications and interactive content has been well studied. Acquiring new users is a difficult process, so applications must retain those users who already use them as a first step to increasing their number of users. In recent times, this problem has gained increased attention due to its relevance for the monetization of, for instance, websites [9] and mobile apps [10].

The study of user engagement from application data has been characterized as a type of data mining problem that includes five steps [11]: data-preprocessing, feature selection, sampling of data, training the classifier, testing for prediction, and output of prediction. There are multiple approaches to this perspective, like [12] that studies the acquisition and retention of clients in the area of marketing with an algorithm for prediction based on clustering, [11], whose goal was to know when a customer would leave the services using several techniques (e.g. Boruta algorithm, Support Vector Machines, and Random Forests), or [13], which analyzed the performance of eight classifiers for this purpose.

Given the results in the literature, our work uses Randomized Forests (RFs). Though the literature [14] shows that Decision Trees (DTs) facilitate explaining to users the result of classification, they tend to overfit. This means that they usually learn the

training data very well, but their generalization to other data is not straightforward. One way to improve the generalization of decision trees is to use regularization, which involves limiting the model's capabilities in some way to obtain a better generalizing machine learning model, and beyond this, combining several trees. In general, it improves classification but harms explainability. This combination is used, for instance, in the proposed RFs.

The nonparametric RFs [15] use supervised learning to extend DTs. The RF algorithm arises as to the grouping of several classification trees. Basically, it randomly selects a number of variables with which each of the individual trees is built, and predictions are made with these variables that will later be weighted through the calculation of the most voted class of the trees that were generated, to finally make the prediction.

The problem of classification is not only about the algorithms, but also about the chosen data. A poor choice causes poor prediction results. In the case of abandonment, some articles (e.g. [16]) show a relationship between it and the time users spend playing.

Our study uses variables related to the time users expend in the application because they are frequently collected in visual novels. In our application, some questions in the novel also have geolocation data.

3 Methodology

Our research has designed five visual novels using a framework based on Monogatari.io [17] (<https://monogatari.io>). Their application domains are different: three of them are based on awareness and sustainability; the other two are intended for data collection regarding citizen opinions about potential changes in the Urbanism of a city. These visual novels have immersive questions and can also have geolocation. The application asks these to users while visiting the place in the application (i.e. immersive) or also the real world (i.e. geolocated).

The tests of the novels collected various data, like the section/chapter of the novel and the time spent in each section. For the novels with geolocation, the tests also collected the time spent going from one place to another. Finally, the experiments recorded the time at which the user finishes the novel, which serves as an arrival point in our ranking system.

The implementation of the prediction algorithm and the data analysis is made with Python. It uses the libraries: Scikit, which provides an implementation of the RF classifier algorithm; Numpy to works with vectors, matrices, and arrays, and implements high-level mathematical functions; Pandas which provides flexible data structures and allows working with them very efficiently.

With these elements, the work with the visual novel is as follows. After analyzing the data and executing the prediction algorithm, possibilities of users' abandonment can be detected. Then, the application can change the story to try to avoid that abandonment. This adaptation process has to meet two requirements: (1) That abandonment indicators can be detected quickly in the users' interactions, so they can be made when changing the user's mind is still possible; (2) That the accuracy of the prediction algorithm is

good to detect the possibility of abandonment, so there are not too many false positives that could lead to changes when the users are actually engaged with the application.

4 Results

Our datasets contain measurements from tests performed with several visual novels. For analysis, we split them into two datasets, to test how the fact that some visual novels have geolocation affects them. The samples include data on the elapsed time between different sections of the novel. For these datasets, we differentiate between dataset1, which includes whether the visual novel has geolocation or not (e.g., 1: True, 0: False), and dataset2, which only has data from geolocated novels, the elapsed time it takes to move between section locations.

4.1 Sample

There are 60 data samples in 5 visual novels made in the cities of Madrid and Teruel, both in Spain. 21 out of those 60 are novels with geolocation.

4.2 Data description

The independent variables to be considered for the analysis of the RF model are the following:

- **geo:** Parameter that indicates if the novel has geolocation or not (True or false).
- **time1, time2, time3, time4, time5:** The different times spend in each section of the novel (in seconds).
- **time1geo, time2geo:** The different times spend between geolocations in the novel (In seconds).
- **last_time:** Last entry of time taken by the user to complete the last section of the novel (In seconds).
- **last_time_geo:** Last entry of the time it takes to traverse the location of the last section of the novel. (In seconds).
- **total_time:** Completion time (In seconds).
- **finished:** Classification of the completion of the novel (True or false).

The different datasets corresponding to the different visual novels that we are going to use in our random forest are the following:

- **dataset1:** geo, time1, time2, time3, time4, time5, last_time, total_time and finished.
- **dataset2:** geo, time1, time1geo, time2, time2geo, last_time, last_time_geo, total_time and finished.

4.3 Model construction

The construction of the RF model considers the following setup: (1) the number of estimators (DTs) is 100, (2) for the construction of each estimator, the minimum number of observations to split a node is four random variables, and (3) different sample sizes are used for training, so the complete training dataset is never used.

To determine the most important variables for the classification of finished novels, the Gini variable importance method [18] was used, $v_importance$ variable is measured in Gini Importance or Mean Decrease in Impurity (MDI) calculates each feature importance as the sum over the number of splits (across all trees) that include the feature, proportionally to the number of samples it splits. Table 1 and Table 2 show the results.

Table 1. Relevant variables for dataset1.

	feature	$v_importance$ (MDI)
7	last_time	0.286018
1	total_time	0.203590
2	time1	0.152313
3	time2	0.135189
6	time5	0.085493
5	time4	0.071685
4	time3	0.056398
0	geo	0.009315

Table 2. Relevant variables for dataset2.

	feature	$v_importance$ (MDI)
6	last_time_geo	0.200849
4	time1geo	0.199045
1	time1	0.168858
3	last_time	0.147107
5	time2geo	0.142674
2	time2	0.079342
0	total_time	0.062124

The first four variables in importance are the following. For dataset1, the time it takes to perform the last section of the novel, with the highest variable importance value, of the two datasets (0.29), followed by the total time (0.20), the time of the first sector (0.15) and the time of the second sector (0.14). For dataset2, the time it takes to go through the last section of the novel, with the highest variable importance value

(0.20), followed by the time it takes to go through the first sector (0.199), the time of the first sector (0.17) and the time of the last sector (0.15).

4.4 Model validation

OOB error.

The OOB error [19] rate estimate is calculated from the out-of-bag observations. The error estimate suggests that when the model is applied to new observations, the responses will have an OOB error of 18.8% for dataset1 and 11.8% for dataset2. It can also be said that the model is 81.2% accurate for dataset1 and 88.2% accurate for dataset2.

Confusion matrix.

To proceed with the validation of the model, the analysis considers the “Test” dataset to calculate the confusion matrix. It shows small values in the diagonal of the misclassified, that is, there is an error of 1.2% (Fig. 1) for dataset1 and 0.42% (Fig. 2) for dataset2. Thus, the proposed RF model classifies with a very low number of errors.

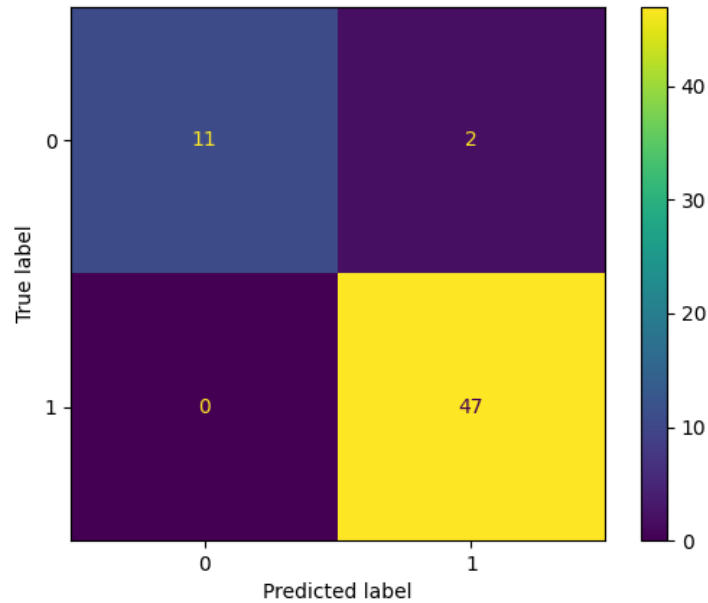


Fig. 1. Confusion matrix chart for dataset1.

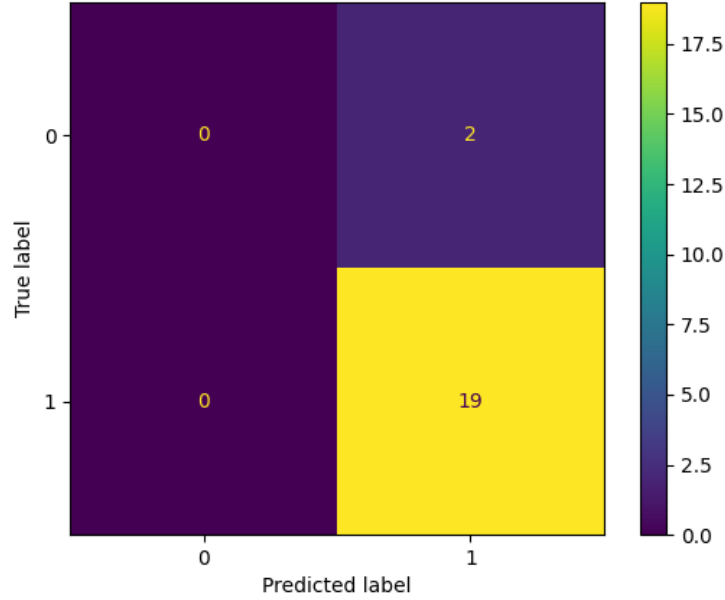


Fig. 2. Confusion matrix chart for dataset2.

5 Discussion

Early abandonment detection is novel in immersive applications based on visual novels. In the literature, we see how it has been studied in other areas such as gaming or gamification [16] or with enterprise clients [11] (more focused on not losing monetization[9, 10]). Our case focuses on obtaining data more accurately by preventing users from abandoning the app and completing all the fields until the end. This is something we consider of great value for the type of applications we are going to use, to collect data for the design of smart cities and improve the attention of users when they are being explained about awareness and sustainability.

Going back to the results in the previous section, some additional conclusions can be drawn. Since the results for the two datasets are slightly different, this section considers them separately and then discusses some common observations.

Table 1 (for dataset1) indicates that the most important variable is `last_time`; in the case of Table 2 (for dataset2) is the variable `last_time_geo`. If these times are low, the users will not finish the application.

The previous variables are close to the end of the novel, so they have a limited impact to enable changes in the novel. Looking for other relevant variables, the first two sections of time are also important for the two datasets. So, our system is able to detect cases of abandonment in an early way, as it can also use the first sections (`time1` and `time2`) for prediction.

Regarding the data with geolocation, the values `time1` and `time1geo`, (Table 2), are of similar relevance. Being two variables related to the same section, the first one allows to detect the potential abandonment with less requirements (i.e. geolocation).

Using the previous values, the application allows anticipating if users are going to abandon, meaning that they will complete the novel but not do the last survey of the application. This survey is the key elements to ask users about their opinion of the novel. If the application could anticipate the abandonment, it could change some parts of the story to keep users' attention as soon as the novel starts, so there would be an increase in the number of users completing the survey. This will allow design applications to consider these values in order to increase engagement and reduce the number of abandonments.

The results of `dataset2` (Table 2) are slightly worse than those of `dataset1` (Table 1). Probably, once there are more geolocated records, these differences will be reduced. The RF appears as a simple and quite fast and precise model. Although it lacks the interpretability of DTs, it reduces overfitting and is a more robust classifier. The RF model gave good results in terms of classification (82.2% and 88.2% of accuracy) and, above all, in determining the importance of the variables, all of it with small datasets. This is very useful for subsequent variable debugging and more precise analysis.

Our study makes it reasonable to use time as an important variable for the detection of abandonment. We have identified the most important variables when using visual novels seeing that with the first-time intervals we can detect them with good accuracy in the results. Just as in [16] they see a relationship with game time, we see it between the time it takes users to perform different activities within the application with abandonment. However, the study has some limitations such as the small size of the data sample.

6 Conclusions

This paper shows an algorithm based on RFs that analyzes time variables to predict application abandonment. This is applied to an application that tries to collect data for the design of smart cities by using visual novels. The statistical analysis of the data collected in the tests with the applications shows a significant relationship between the variables that are used for the prediction (of time and geolocation) and abandonment. These variables are relevant for this kind of application (i.e., playing scenarios in a smart city), and time should always have an impact, but others should be considered for other cases.

The most important variables are those of the first sections, so it is possible for early detection. This would give enough time to make changes in the application and keep the attention of the user on its content.

With accuracy in the two datasets above 80%, the detection of future abandonments offers enough confidence for adaptation. Changes in the story have a high probability of improving the user experience. The changes will be classified in two ways, if we want to do it for specific histories (i.e. If the user is walking around the city, we will add some kind of gamification to make the user interact in an immersive way with the

monuments) or make it in general for all the visual novels (i.e. Change the time the user will spend in the visual novel).

This research has still several open issues for future work, such as improving the prediction with more data as the available applications are used or if other applications are added, they would all be along the lines of visual novels. Also, we want to design a system that, depending on the abandonment predictions, makes a series of changes that modify the application to get the user's attention. Finally, to improve the prediction system we can consider including more variables obtained from the application. We can even use the variables that the user enters previously in the application to make a classification and separate them into several user profiles, depending on these profiles the application initially adapts the application to further reduce the option of abandonment of the application by the user. To do this, a user-adaptive application would be created using these user profiles.

Acknowledgements

This work has been done in the context of the projects “Reshaping Attention and Inclusion Strategies for Distinctively vulnerable people among the forcibly displaced (RAISD)” (grant 822688) supported by the European Commission in the Horizon 2020 programme and “Collaborative Design for the Promotion of the Well-Being in Inclusive Smart Cities (DColbici3)” (grant TIN2017-88327-R) supported by the Spanish Ministry for Economy, Industry, and Competitiveness.

References

1. Deng T, Kanthawala S, Meng J, et al (2019) Measuring smartphone usage and task switching with log tracking and self-reports. *Mobile Media & Communication* 7:3–23
2. Eirinaki M, Vazirgiannis M (2003) Web mining for web personalization. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)* 3:1–27
3. Goncalves J, Hosio S, Liu Y, Kostakos V (2014) Eliciting situated feedback: A comparison of paper, web forms and public displays. *Displays* 35:27–37
4. Wilson A, Tewdwr-Jones M, Comber R (2019) Urban planning, public participation and digital technology: App development as a method of generating citizen involvement in local planning processes. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* 46:286–302
5. Rieser L, Furneaux B (2022) Share of Attention: Exploring the Allocation of User Attention to Consumer Applications. *Computers in Human Behavior* 126:107006
6. Grua EM, Malavolta I, Lago P (2019) Self-adaptation in mobile apps: a systematic literature study. In: 2019 IEEE/ACM 14th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (SEAMS). IEEE, pp 51–62
7. Garber-Barron M, Si M (2013) Adaptive storytelling through user understanding. In: Ninth Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference
8. Camingue J, Carstensdottir E, Melcer EF (2021) What is a Visual Novel? *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 5:1–18
9. Goanta C, Yohanis A, Jaiman V, Urovi V (2022) Web monetisation. *Internet Policy Review* 11:1–8
10. Appel G, Libai B, Muller E, Shachar R (2020) On the monetization of mobile apps. *International Journal of research in Marketing* 37:93–107

11. Ewieda M, Shaaban EM, Roushdy M (2021) Customer Retention: Detecting Churners in Telecoms Industry using Data Mining Techniques. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 12:
12. Kumar MR, Venkatesh J, Rahman AMJ (2021) Data mining and machine learning in retail business: developing efficiencies for better customer retention. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 1–13
13. Abdulrahman SA, Khalifa W, Roushdy M, Salem A-BM (2020) Comparative study for 8 computational intelligence algorithms for human identification. *Computer Science Review* 36:100237
14. Al-Hoqani WM (2017) Difficulties of marking decision tree diagrams. In: 2017 Computing Conference. IEEE, pp 1190–1194
15. Athey S, Tibshirani J, Wager S (2019) Generalized random forests. *The Annals of Statistics* 47:1148–1178, 31
16. Loria E, Marconi A (2021) Exploiting limited players' behavioral data to predict churn in gamification. *Electronic Commerce Research and Applications* 47:101057. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2021.101057>
17. González-Briones A, García-Magariño I, Gómez-Sanz JJ, et al (2021) A Collaborative Platform for the Detection of Non-inclusive Situations in Smart Cities. In: *Conference of the Spanish Association for Artificial Intelligence*. Springer, pp 206–215
18. Menze BH, Kelm BM, Masuch R, et al (2009) A comparison of random forest and its Gini importance with standard chemometric methods for the feature selection and classification of spectral data. *BMC bioinformatics* 10:1–16
19. Matthew W (2011) Bias of the Random Forest out-of-bag (OOB) error for certain input parameters. *Open Journal of Statistics* 2011: