

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID



PROPUESTA DE PROYECTO PARA LOS PREMIOS
“SMARTLY INCLUDED!”

**APLICACIÓN DE TELEASISTENCIA PARA LA
MONITORIZACIÓN Y DETECCIÓN PRECOZ DE
EVENTOS CARDIOVASCULARES DURANTE LA
REHABILITACIÓN CARDIACA**

Clara Aibar Álvarez

Ignacio De Llano Varela

Alejandro González Canales



Tutores:

Paula Egido Iglesias

Juan Antonio Guevara Gil

Curso 2022-2023



Capítulo 1. Descripción del problema

En las últimas décadas nuestra sociedad ha sufrido grandes cambios demográficos que, junto a un incremento en la esperanza de vida y estilos de vida poco saludables, han derivado en un aumento en la prevalencia de las enfermedades cardiovasculares (ECV) [1]. Esta evolución epidemiológica se ha convertido en una emergencia sanitaria a nivel mundial, como así lo advierte la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual señala que las ECV son actualmente la principal causa de defunción en el mundo, siendo responsables de casi un tercio de los registros de muerte en 2019 [2].

En paralelo con esta problemática, también se ha producido un crecimiento exponencial de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), las cuales han supuesto un cambio revulsivo en muchos aspectos de nuestra sociedad actual, especialmente en el de la salud digital. Se trata de una herramienta imprescindible para hacer frente a la exigente atención sanitaria que requieren las ECV, ya que mejora la oferta de servicios al paciente y, por lo tanto, su calidad de vida [3]. A pesar del potencial que ofrecen las tecnologías sanitarias, existen ciertos segmentos de la población que no poseen las habilidades tecnológicas suficientes para beneficiarse de éstas, dando lugar a una alarmante situación de desigualdad y discriminación. La brecha digital hace referencia a esta problemática, describiendo la inícuca distribución de las TICs y la diferencia de habilidades tecnológicas en determinados grupos sociales [4], siendo los más perjudicados por este fenómeno los de edad avanzada y habitantes de zonas rurales, especialmente las mujeres [5]. Por lo tanto, son los que sufren de una deficiente accesibilidad sanitaria quedando desatendidas.

En concreto, la brecha digital afecta especialmente a los pacientes sometidos a un Proceso de Rehabilitación Cardíaca (PRC), lo cuales presentan una media de edad de 63,1 años [6]. Estas personas pertenecen a un grupo de riesgo, al tener una probabilidad cinco veces mayor de sufrir un reinfarcto o una muerte súbita [7]. Es por ello por lo que requieren de atención médica periódica y Rehabilitación Cardíaca (RC) a largo plazo. Sin embargo, España es el país de Europa con menos centros de RC y se estima que únicamente entre un 2-3% de la población tiene acceso a ellos, siendo muy pocos los que consiguen alcanzar una alta adherencia al tratamiento [8]. Los pacientes desatendidos, experimentan un gran daño en su calidad de vida, principalmente debido al gran impacto físico y psicológico que se produce tras perder su independencia funcional [9].

En conclusión, existe una gran problemática tanto a nivel social como sanitario alrededor de los pacientes sometidos a un PRC. Actualmente, España no presenta un modelo de RC eficaz y, aunque con el avance de las tecnologías se haya logrado una mejora en la atención sanitaria, esta no resulta accesible para determinados grupos sociales que sufren a raíz de ello una situación de desigualdad y aislamiento. Todo ello agrava la ya dramática situación sanitaria y exige plantear nuevos recursos tecnológicos accesibles especialmente a los grupos sociales más vulnerables.

Capítulo 2. Estado actual de las soluciones

Ante la gravedad de la problemática expuesta, es importante contextualizar los avances que existen hoy en día a la hora de afrontarla. Para ello, este apartado se centra en abordar las distintas áreas y tecnologías implicadas en facilitar la inclusión del público más vulnerable dentro de los afectados para mejorar tanto su calidad, como esperanza de vida.

La OMS denomina la RC como las actividades que debe realizar el paciente para mejorar su condición psicológica y física y evitar posibles reincidencias. Esto es de vital importancia tras la incidencia para que el paciente pueda reinsertarse en la sociedad y obtener un nivel de vida similar al que ya tenía previamente [5].

En España la RC se divide en tres fases, siendo las dos primeras en las que los expertos supervisan el avance de la condición del paciente [5]. En la primera fase el paciente se encuentra con baja hospitalaria y el tratamiento que recibe se centra en recuperar las capacidades básicas [19]. La segunda, por otro lado, se enfoca en el aprendizaje de los ejercicios y hábitos de la rehabilitación mediante sesiones con expertos que son cubiertas por el seguro [19]. Sin embargo, donde comienzan la mayoría de los problemas, a la hora de mantener la adherencia, es en la tercera fase, conocida como fase de mantenimiento. En ella, el paciente pone en práctica lo aprendido en las anteriores etapas y se trata de la parte del tratamiento que no presenta una duración finita, sino que el paciente debe aplicar a su estilo de vida a largo plazo [5]. Es justamente en esta última fase en la que se producen las mayores tasas de abandono de la rehabilitación, llegando hasta tasas de un cincuenta por ciento de abandono en países desarrollados [20]. En la mayoría de los casos esta pérdida de adherencia se debe a que el paciente, al percibir una mejora en su estado de salud tras realizar las dos primeras fases, no cree necesario seguir trabajando en su rehabilitación [20]. Además, al carecer de datos claros sobre su avance comienza lentamente a dejar de realizar los ejercicios y hábitos enseñados por los expertos [20].

No obstante, existen iniciativas a nivel mundial como la denominada “Rehabilitación 2030: un llamado a la acción” de la OMS que luchas por hacer frente a este déficit de eficiencia en los PRC. Esta iniciativa tiene entre sus principales objetivos el de mejorar y aumentar los servicios disponibles de RC en todo el mundo. Además, el 30 de mayo de 2022, el Ministerio de Sanidad de España enfatizó la importancia de la coordinación con la nueva Estrategia en Salud Cardiovascular del SNS en las que algunas de las directrices principales hacen referencia a de mejorar la RC y asegurarse de minimizar las desigualdades causadas por el nivel socioeconómico y la diversidad funcional [17] [18]. Ambas iniciativas promueven el crecimiento del desarrollo de tratamientos y nuevas tecnologías para la investigación sanitaria, cuyo objetivo es trabajar y proponer ideas capaces de solucionar este cuantioso problema.

Una de las soluciones al aumento de enfermedades cardíacas es la teleasistencia, un sistema que permite mejorar la independencia y calidad de vida de las personas afectadas, que en su mayoría se trata de personas mayores. Las primeras implantaciones de teleasistencia comienzan como una simple atención al paciente para aportarle información acerca de su propia enfermedad de forma didáctica, de tal forma que el paciente puede saber cómo actuar en base a su enfermedad en específico. También se dispone de un teléfono de atención sanitaria que da acceso a un sentimiento de seguridad por parte del paciente y a un acceso al contacto con el médico a pesar de la distancia, uno de los mayores problemas como los desarrollados en el Hospital Clínico de Málaga [9] [10].

A este primer avance se le sumaron dispositivos de recordatorios de medicación y los primeros sensores, de posición y localización, así como botones de alarma, los cuales iniciaron esta primera comunicación entre estado actual del paciente y hospital como los utilizados por Cruz roja [11] .

Sin embargo, estas soluciones seguían estando lejos de proporcionar una ayuda diferencial a enfermedades concretas, por lo que se empezaron a utilizar a nivel internacional dispositivos de sensado mucho más especializados para la medición datos del paciente, como el ECG, un registro de la actividad cardíaca que se puede recoger con dispositivos como los holter o los r. test. Con el ECG se pueden extraer datos como el ritmo cardiaco la frecuencia, anomalías en el músculo cardiaco y enfermedades de las arterias coronarias [12].

Con este tipo de sensores se ha dado un paso más en cuanto a la teleasistencia cardiaca, ya que permiten tomar medidas especializadas a tiempo real. Sin embargo, estas actualizaciones mantienen la necesidad de enviar los datos a un hospital para su posible diagnóstico, y la obligación de dedicar personal sanitario a esta tarea específica [12]. Dudando si la telemedicina sería una mejora real a la calidad de vida de los pacientes, en 2017 el gobierno de Sicilia realizo un estudio de salud e integración social en el que se observó que la teleasistencia y telerrehabilitación mejoraron el funcionamiento tanto social como cognitivo en los pacientes a la vez que se detectó una reducción de empeoramientos de la enfermedad, por lo que se consideró un avance muy acertado [13].

Aun suponiendo un gran avance, la teleasistencia se muestra aún insuficiente para cubrir las necesidades de un paciente con alto riesgo de sufrir un fallo cardíaco en términos de seguimiento, seguridad, captación de datos e inmediatez.

Es por ello por lo que proponemos un sistema de monitorización a tiempo real, no invasivo y portable para el paciente, el cual esté a la altura de un diagnóstico presencial mejorando, de esta manera, las condiciones de estos grupos sociales que tras la incidencia de una afección coronaria son tan vulnerables. aiBeat es una aplicación que trata de integrar el uso de la monitorización junto con la inteligencia artificial para ayudar a los pacientes que se encuentran en la última fase de la RC.

La aplicación será accesible en un formato TABLET junto a una interfaz sencilla de manejar y entender, permitiendo así que el paciente tenga acceso a sus datos de una forma fácil para garantizar que no se vea limitado en el aspecto tecnológico. El sistema cuenta con el uso de diversos sensores que permiten la obtención de parámetros como variabilidad cardiaca, tensión arterial y ECG, los cuales están integrados en una banda. También se incluye una pulsera portable que integra el uso de un sensor de frecuencia cardiaca y otro de moción, utilizando este último para evaluar la adherencia del paciente a través de su actividad física. Se podrá recoger por lo tanto información de sensores de diferente naturaleza y aunarlos para obtener resultados que no serían alcanzables con otros sistemas más simples como los ya presentes en el mercado. Estos sensores, se verán además complementados con un sistema de preguntas y respuestas de reconocimiento médico al igual que en una consulta, como por ejemplo presencia de dolores, dieta, etc... Además, también incluye una sección de preguntas dirigidas únicamente a la evaluación del nivel de estrés. Una de las grandes ventajas que ofrece la aplicación, a diferencia de los sistemas de teleasistencia ya implantados, es el análisis de datos mediante un modelo de aprendizaje automático - machine learning (ML) en inglés -. Gracias al flujo constante de datos, el algoritmo va aprendiendo continuamente para poder adaptarse a la evolución del estado del paciente. Todo ello, junto con un sistema de alarmas permite que tanto el paciente como el personal sanitario tengan conocimiento en todo momento del estado en el que se encuentra.



aiBeat



Universidad
Europea

Capítulo 3. Descripción y justificación de la propuesta.

La descripción y justificación de la propuesta están incluidos en el póster adjuntado junto al documento de la propuesta, como así se indica en las bases del concurso.



aiBeat

Capítulo 4. Presupuesto

Para la implementación del sistema propuesto se cuenta con la financiación de 500 € proporcionados por la entidad organizadora del concurso. Este presupuesto se desglosa en dos apartados principales. El primero engloba los elementos que componen el sistema de sensado, en el cual se incluyen los sensores de bajo coste, placas de desarrollo y kits de electrónica básicos. El segundo apartado corresponde con las plataformas de software para: el entorno de desarrollo integrado para la programación de los componentes electrónicos (Arduino), el desarrollo de la aplicación web y móvil (Thorium), el entorno de programación de los modelos de aprendizaje automático (R) y el sistema de almacenamiento de datos en BB.DD remotas (Firebase). Además del coste de estos dispositivos y softwares, se prevén más gastos en el desarrollo del prototipo de la plataforma de sensado. Sin embargo, estos no se pueden determinar en una etapa tan temprana del proyecto.

Tipo de coste	Valor	Comentarios
Sensor de frecuencia cardiaca SEN0203	14,71 €	Sensor de frecuencia cardiaca en formato pulsera para permitir una portabilidad continua.
Sensor ECG AD8232	10,99 €	Sensor para la obtención de la señal del electrocardiograma.
Sensor de movimiento AD362	16,96 €	Sensor para la medición de la actividad física del paciente.
Sensor de impedancia torácica PMOD IA	22,18 €	El sensor PMOD IA es un sensor para la medición de impedancias basado en el sistema AD 5933 conversor de impedancias de alta precisión adecuado para la medición de bioimpedancias.
Placas de desarrollo	34,59 €	Placas de desarrollo ESP32 y Arduino Nano.
Tablet Samsung Galaxy Tab A7 Lite 8.7" 32GB WIFI	139 €	El prototipo incluye una Tablet en la que esté incluida la aplicación aiBeat. Necesario para los usuarios que no posean los recursos tecnológicos básicos para ello.
Plataformas de Software	150 €	149 € Thorium: pago único. 0€ Firebase: gratuito con el Plan Spark. 0 € R. 0 € Arduino.
TOTAL	388,43 €	



Capítulo 5. Plan de implementación

Para el desarrollo del proyecto se ha escogido la metodología de trabajo ágil scrum, con la que se dividen las distintas etapas de trabajo distribuidas a lo largo del periodo de implementación en sprints de dos semanas de duración. Al final de cada sprint se realiza la presentación final de las tareas implementadas y en base a ello se plantean posibles cambios en los requisitos de las siguientes etapas de trabajo. Esta metodología permite trabajar en proyectos complejos con un ritmo de trabajo fijado previamente, lo cual se ajusta a las características del proyecto propuesto. Se ha dividido el trabajo en seis tareas organizadas en un cronograma para cumplir con los objetivos de implementación:

Tarea 1: Documentación y análisis de necesidades.

Documentación sobre la temática escogida: rehabilitación cardiaca, soluciones de teleasistencia con plataformas de IoT y predicciones con modelos de inteligencia artificial. Planteamiento y desarrollo de la propuesta de proyecto.

Tarea 2: Implementación del sistema de sensado.

Implementación del prototipo del sistema de sensado para la recolección de parámetros fisiopatológicos. El sistema es dividido en dos dispositivos con distinta interfaz: un monitor holter y una pulsera. Conexión de dispositivos con un protocolo de comunicación inalámbrico.

Tarea 3: Bases de datos, plataforma de IoT.

Implementación de un sistema con BB.DD remota para el almacenamiento de los datos recogidos por el sistema de sensado.

Tarea 4: Desarrollo de los algoritmos de aprendizaje automático.

Desarrollo de los modelos de aprendizaje automático entrenados con BB.DD de acceso abierto.

Tarea 5: Desarrollo de la aplicación web y móvil.

Diseño y desarrollo de la interfaz y las funcionalidades de la aplicación web y móvil.

Tarea 6: Valoración de resultados.

Valoración de los objetivos y solución de posibles errores.

Tarea/Mes	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Tarea 1	x					
Tarea 2		x	x			
Tarea 3			x	x		
Tarea 4				x		
Tarea 5					x	
Tarea 6						x

Tabla 1: Cronograma de tareas distribuidas a lo largo del periodo de implementación del proyecto.

Referencias

1. Bertomeu, V., & Castillo-Castillo, J. (2008). *Situación de la enfermedad cardiovascular en España. Del riesgo a la enfermedad*. Servicio de Cardiología. Hospital Universitario de Sant Joan d'Alacant. Sant Joan d'Alacant. Alicante. España.
2. Organización Mundial de la Salud. (2020, 9 diciembre). *La OMS revela las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo: 2000-2019*. <https://www.who.int/es/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019>
3. Lluch, M., & Abadie, F. (2013). *Exploring the role of ICT in the provision of integrated care—Evidence from eight countries*. Health Policy.
4. Buhtz, K., Reinartz, A., König, A., Graf-Vlachy, L., & Mammen, J. (2016). *Second-order digital inequality: A clickstream analysis of e-commerce use. Mechanisms driving technology use in the context of digital inequality: A series of essays on the role of social influence, socio-cognitive processes, and socio-economic determinants*.
5. Criado Quesada, B., Zorrilla Muñoz, V., & Agulló Tomás, M. S. (2021). *El uso de tecnologías de asistencia sanitaria digital por parte de la población mayor desde una perspectiva de género e intrageneracional*. Dialnet.
6. Cordero, A. (2022, septiembre). *Caracterización clínica y terapéutica de la cardiopatía isquémica en España. Importancia de los programas de rehabilitación cardiaca*. ELSEVIER.
7. Abu-Ass, E. (2015, 3 septiembre). *El riesgo de eventos cardiovasculares tras un evento coronario agudo persiste elevado a pesar de la revascularización, especialmente durante el primer año*. Revista Española de Cardiología.
8. Cano de la Cuerda, R., Alguacil Diego, I. M., Alonso Martín, J., Molero Sánchez, A., & Miangolarra Page, J. C. (2012). *Programas de rehabilitación cardiaca y calidad de vida relacionada con la salud. Situación actual*. Dialnet.
9. Universidad de Murcia, & Supervía Pola, M. (2022). *Estudio de adherencia en rehabilitación cardiaca: prevalencia, barreras, factores predictivos y soluciones potenciales con especial referencia a los condicionantes laborales y de género*. Digitum, biblioteca universitaria.
10. "A New System Dedicated to Real-time Cardiac Arrhythmias Tele-assistance and Monitoring." *CiteSeerX*, <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=7b5dae8a6ce25ae141bc9f6313f4f000394a9c02>.
11. García, Leonor. "Teleasistencia contra la insuficiencia cardíaca." *Malaga Hoy*, 1 April 2015, https://www.malahoy.es/malaga/Teleasistencia-insuficiencia-cardiaca_0_903510272.html.

12. J.Jara, Antonio. “A wearable sistem for telemonitoring and teleasistance to prevent illnesses.”
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=u8AU_YSRVfUC&oi=fnd&pg=PA221&dq=teleassistance+heart+spain&ots=nz4MYDY8ts&sig=rzfQVo2Hey9qtJthkAI7jUCNXOw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
13. “Teleasistencia en casa - Teleasistencia.” Cruz Roja,
<https://www2.cruzroja.es/web/teleasistencia/teleasistencia-en-casa>.
14. “A New System Dedicated to Real-time Cardiac Arrhythmias Tele-assistance and Monitoring.”
CiteSeerX,
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=7b5dae8a6ce25ae141bc9f6313f4f000394a9c02>.
15. “Teleassistance for frail elderly people: A usability and customer satisfaction study.”
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197457220300550>. 20 January 2023.
16. Medrano Alberó, M.J. et al. (2006) “Incidencia y prevalencia de Cardiopatía isquémica y enfermedad cerebrovascular en España: Revisión Sistemática de la Literatura, Revista Española de Salud Pública. Ministerio de Sanidad.”
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272006000100002
17. Ministerio de Sanidad (2022) “Darias destaca la visión integral de la nueva Estrategia de Salud Cardiovascular del SNS.” <https://www.sanidad.gob.es/gabinete/notasPrensa.do?id=5759>
18. Ministerio de Sanidad (2022) “Estrategia en salud cardiovascular del SNS.”
https://www.sanidad.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/Suplementos/ParadaCardiaca/EstrategiaSaludCardiovascular.htm
19. Valle Muñoz, A. (2018) “Rehabilitación cardíaca”, Fundación Española del Corazón.
<https://fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/tratamientos/rehabilitacion-cardiaca.html>
20. Rocha-Nieto, L.M., Herrera-Delgado, C. and Vargas-Olano, M.O. (2016) “Adherencia al tratamiento en Rehabilitación Cardíaca: Diseño Y Validación de un programa de Intervención biopsicosocial” <https://www.redalyc.org/journal/804/80454273005/html/>