|  |  |
| --- | --- |
|  | SISTEMEN INGENIERITZA ETA AUTOMATIKA SAILA  DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA |

[UNIVERSIDAD DEL](https://www.ehu.eus/) [PAÍS](https://www.ehu.eus/) [VASCO](https://www.ehu.eus/)

[ESCUELA DE](https://www.ehu.eus/en/web/ingeniaritza-bilbo/hasiera) [INGENIERÍA DE](https://www.ehu.eus/en/web/ingeniaritza-bilbo/hasiera) [BILBAO](https://www.ehu.eus/en/web/ingeniaritza-bilbo/hasiera)

BECAS FUNDACIÓN JESÚS DE GANGOITI BARRERA

**Análisis y procesamiento digital de señales  
fisiológicas para la detección de patologías  
cardiovasculares en tiempo real mediante la  
implementación de algoritmos avanzados de  
aprendizaje supervisado**

*Autor: Supervisor:*

Imanol Ayude Prieto Dr. Eloy Irigoyen Gordo

2 de noviembre de 2022

***AGRADECIMIENTOS***

*Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de un modo u otro, me han ayudado en este camino, y en especial;*

*A mi familia, que ha sido un apoyo constante y fundamental en toda mi vida, y que, sin su ayuda, no hubiera sido posible desarrollarme, tanto personalmente como formativamente.*

*A mi director, Dr. Eloy Irigoyen Gordo, que, gracias a su apoyo y motivación casi diaria, así como a todo su conocimiento tanto técnico como conocimiento a la hora de gestión del trabajo, este trabajo ha llegado hasta este punto.*

*A todas las instituciones involucradas tanto en mi desarrollo como estudiante/investigador, así como las entidades que han ayudado a la elaboración y puesta en marcha de este proyecto. Pero, en especial, al Grupo de Investigación de Control Inteligente y a la Fundación Jesús Gangoitia Barrera.*

***RESUMEN***

**Resumen**

En este Proyecto Fin de Máster se plantea y resuelve el control …. utilizando un algoritmo de control, una red neuronal y …. El esquema de control propuesto se aplica al problema de …. contribuyendo de esta forma a ….

**Laburpena**

Projektu honetan kontrol ……. planteatzen eta konpentzen da kontrol alogoritmo, sare neuronal eta … erabiltzen. Proposatzen den kontrol eskema aplikatzen da … arazoan, honela laguntzen …

**Summary**

In this project is setted out and resolved the control … using a control algorithm, a neural network and …. The proposed control scheme it is applied in the problem of … helping to ….

**Palabras clave:** Pseudo Tiempo Real, IoT, Bioseñales, ESP32, Python

***INDICE DE CONTENIDOS***

Contenido

[1 Introducción 2](#_Toc119493020)

[1.1 Motivación 2](#_Toc119493021)

[1.2 Antecedentes 3](#_Toc119493022)

[2 Objetivos y alcance 6](#_Toc119493023)

[2.1 Objetivos principales 6](#_Toc119493024)

[2.2 Objetivos parciales 6](#_Toc119493025)

[2.3 Alcance 6](#_Toc119493026)

[2.3.1 Ambito tecnológico 7](#_Toc119493027)

[3 Título del capítulo 3 9](#_Toc119493028)

[3.1 Introducción 9](#_Toc119493029)

[4 Título del capítulo 4 12](#_Toc119493030)

[4.1 Introducción. 12](#_Toc119493031)

[4.2 Elementos específicos 12](#_Toc119493032)

[4.2.1 Figuras. 12](#_Toc119493033)

[4.2.2 Ecuaciones. 12](#_Toc119493034)

[4.2.3 Tablas. 12](#_Toc119493035)

[4.3 Acerca del plagio 12](#_Toc119493036)

[5 Resultados y análisis 15](#_Toc119493037)

[5.1 Introducción. 15](#_Toc119493038)

[5.2 Resultados 15](#_Toc119493039)

[5.3 Análisis de los resultados 15](#_Toc119493040)

[6 Conclusiones 17](#_Toc119493041)

[6.1 Conclusiones 17](#_Toc119493042)

[6.2 Acciones futuras 17](#_Toc119493043)

[7 Referencias bibliográficas 19](#_Toc119493044)

[8 ANEXO I: TÍTULO DEL ANEXO 1 21](#_Toc119493045)

***INDICE DE FIGURAS***

[Figura 2.1: La brújula que nos orienta en el capitulo de objetivos **¡Error! Marcador no definido.**](#_Toc119486601)

***INDICE DE TABLAS***

[Tabla 1.1: Laprimera tabla del capitulo 1 **¡Error! Marcador no definido.**](#_Toc13825458)

[Tabla 1.2: La segunda tabla del capitulo 1 **¡Error! Marcador no definido.**](#_Toc13825459)

[Tabla 2.1: La primera tabla del capitulo 2 **¡Error! Marcador no definido.**](#_Toc13825460)

[Tabla 3.1: La primera tabla del capitulo 3 9](#_Toc13825461)

*CAPITULO 1*

**INTRODUCCIÓN**

*El título de este capítulo es fijo. Comience todos los capítulos en página impar. Si es preciso incluya una página en blanco. Borre este texto en la versión final del documento.*

# Introducción

## Motivación

A día de hoy, que ya han pasado dos años del comienzo de la pandemia de *COVID-19*, la situación sanitaria sigue estando afectada por esta situación. Pero, no solo se ven afectadas los y las sanitarias y otros trabajadores vinculados al sector socio sanitario, sino que también sigue estando afectada la forma en la que los usuarios de estos servicios, en definitiva, pacientes son atendidos, cuidados y curados.

Una de las grandes causas que ha provocado este efecto negativo sobre el sector, a parte, de que se trataba de una enfermedad desconocida, fue también, la falta de recursos, ya no solo humanos (faltaba personal en el sector de la salud) sino que también de material sanitario. Y debido a esta situación, se ha sacado a la palestra la ya obvia necesidad de sistemas que apoyen a la labor sanitaria.

Desde ya hace unos años, la tecnología de *Internet of the Things* se ha desarrollado exponencialmente, esto ha provocado, junto a la mejora de la potencia de los microprocesadores que la creación de dispositivos que ayuden a la diagnosis prolifere. Mediante este tipo de herramientas, se amplía el volumen de gente a la que se puede atender, al mismo tiempo que se ofrece una mejor calidad en esta atención gracias a la información que se ha ido recogiendo gracias a estas herramientas.

Pero fuera de esta situación, que lo único que ha hecho, ha sido visibilizar el estado del sector socio sanitario, existen otros tipos de situaciones en las que la diagnosis de patologías comunes como pueden ser las cardiovasculares, no se ven atendidas. Y según la OMS, este tipo de patologías son las que más muertes causan por encima de todas. Sobre todo, se destaca que un alto porcentaje de estas muertes se dan en países subdesarrollados a causa de infartos.

Pero según diferentes libros y estudios, una parte de estos infartos pueden ser previamente detectados, ya que suelen estar precedidos por eventos ventriculares mediables mediante diferentes sensores.

Todos estos hechos, junto a la motivación del propio becario, y la continuación de la línea de investigación del *Grupo de Investigación en Control Inteligente*, se ha logrado llevar a cabo este proyecto que estará centrado en la elaboración de un dispositivo de adquisición fiable y en tiempo real de diferentes señales biológicas, que caractericen tanto los periodos ventriculares que pueden denotar una cardiopatía futura, como señales que puedan alertar al médico de otro tipo de patologías. El valor de este proyecto, se encontrará en los algoritmos y diseños electrónicos que se elaborarán para la creación de este dispositivo.

## Antecedentes

Como se ha comentado anteriormente, este proyecto se desarrolla en la *Universidad del País vasco*, para ser concreto dentro del *Grupo de Investigación en Control Inteligente*, de la *Escuela de Ingeniería de Bilbao*. Este grupo de investigación, pertenece al departamento de *Ingería de Sistemas y Automatización* en el cual se busca dar soluciones a problemas complejos mediante la aplicación de sistemas de computación inteligente. El director de este proyecto es el Dr. Eloy Irigoyen Gordo, el cual tiene ya una gran experiencia en la dirección de proyectos centrados tanto en la computación inteligente como de toma correcta de señales para el correcto funcionamiento y diseño de estos. Este proyecto, se encuentra dentro del campo de la bio-ingeniería, en el cual este grupo de investigación lleva varios años centrado. Dentro de los proyectos, tesis etc. elaborados en el grupo, la que más destaca, es la elaborada por la *Dr. Raquel Martínez Rodríguez* con el título, *“*[*Diseño de un sistema de detección y clasificación de cambios emocionales basado en el análisis fisiológicas no invasivas*](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/18804/TESIS_MARTINEZ_RODRIGUEZ_RAQUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)*”*[1] en la cual se estudiaba desde el año 2006 como se podía gestionar de las señales fisiológicas para detectar alteraciones emocionales que pueda sufrir el paciente, así como poder clasificar esos estados de ánimos para que después puedan ser usados para conocer el estado emocional de cara por ejemplo, a hacer una intervención quirúrgica. Continuando la línea de investigación abierta por la *Dr. Raquel Martínez Rodríguez*, el *Dr. Unai Zalabarria Pena* realizo su tesis cuyo título es *“*[*Identificación del nivel de estrés y relajación en personas basadas en el estudio y procesamiento avanzado de señales fisiológicas relacionadas con la actividad del sistema nervioso autónomo*](https://addi.ehu.es/handle/10810/50668)*”* [2], con la que se dio otro paso más en la línea de investigación implementando técnicas de inteligencia artificial, así como procesamientos avanzados sobre las señales fisiológicas.

Esta tesis supuso en el grupo la apertura de nuevas líneas de investigación para la obtención, procesado y detección de patologías cardiovasculares. Y centrándose en el procesado para la detección de estas, de nuevo, el *Dr. Unai Zalabarria Pena*, publicó en la revista llamada *Applied Mathematics and Computation* en artículo de nombre *“*[*Online robust R-peaks detection in noisy electrocardiograms using a novel iterative smart processing algorithm*](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0096300319308318?via%3Dihub)*”*[3] que ayudó a iniciar en *GICI* el estudio e investigación para la extracción robusta y segura de patrones en las señales fisiológicas a partir de señales que partan del sistema cardiovascular, como puede ser el electrocardiograma.

Estas señales que derivan del sistema cardiovascular fueron posteriormente estudiadas junto a otras señales como puede ser la sudoración o la respiración para así poder lograr mediante algoritmos inteligentes los parámetros de estas señales fisiológicas, con el fin de que pudieran ser procesados en un dispositivo de bajo costo. Esta investigación finalmente derivo en la publicación del artículo “[*A low-cost portable solution for stress and relaxation estimation based on a real-time fuzzy algorithm*](https://ieeexplore.ieee.org/document/9069202)*”* [4] en la revista *IEEE Access*.

El siguiente paso que se dio en la línea de investigación fue de nuevo un estudio encabezado por el *Dr. Unai Zalabarria*, junto a varios investigadores pertenecientes al grupo de investigación GICI y a al Instituto de Tecnologías Biomédicas de la universidad de Tecnológica de Auckland, Nueva Zelanda. En este desarrollo se buscaba la avalación de las técnicas desarrolladas en el trabajo anterior, además de realizar un profundo análisis de la vinculación entre la señal pletismográfica y diferentes patologías cardiovasculares. Finalmente, en el año 2020 se publicó un nuevo artículo en la prestigiosa revista *Computer Methods and Programs in Biomedicine* bajo el título “[*Diagnosis of atrial fibrillation based on arterial pulse wave foot print detection using artifical neural network*](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260720315145?via%3Dihub)*”* [5]. En el cual se presentaba la validación de las técnicas inteligentes para la predicción de eventos anómalos o patologías cardiovasculares mediante el correcto procesamiento de los parámetros físicos extraídos de señales como, el ritmo cardiaco o de la presión arterial.

Y siguiendo estos pasos ya dados en la línea de investigación, el trabajo que se ha desarrollado en esta beca, nace del interés del beneficiario por la correcta obtención de las señales fisiológicas, para así ofrecer un valor casi infinito de datos para poder seguir desarrollando los algoritmos y técnicas inteligentes de computación para la detección de patologías. Además, se quiere implementar esta adquisición de datos en un dispositivo portable y de bajo costo, pero sin perder en ningún momento la seguridad que es necesaria para trabajar con estas señales.

Como se ha comentado en cada uno de los trabajos, tesis o artículo, las señales fisiológicas más usadas para la detección de estas patologías, son la señal de pulso, oxigenación de sangre, y respuesta galvánica de la piel. Por lo que, en este trabajo se quiere que la toma de todas estas señales sean recogidas en los periodos adecuados para la recogida correcta de cada una de las señales, así como que todas ellas sean en tiempo real.

*CAPITULO 2*

**OBJETIVOS Y ALCANCE**

*El título de este capítulo es fijo. Comience todos los capítulos en página impar. Si es preciso incluya una página en blanco. Borre este texto en la versión final del documento.*

# Objetivos y alcance

## Objetivos principales

El principal objetivo de este trabajo se centra en la creación de un dispositivo de bajo costo, que sea capaz de recoger diferentes señales fisiológicas en tiempo real, o al menos, garantizando plazos. Las señales que se quieren adquirir deberán ser de la manera menos invasiva posible, para que así, el paciente no se vea afectado y las medidas recogidas sean lo más reales posible. Además, se quiere hacer que el dispositivo aparte de ser de bajo costo, se quiere también que sea lo más portable posible, ya sea mediante una pulsera, o mediante una petaca en el cinto.

Este planteamiento, hace que el sistema pueda ser usado tanto en el sector sanitario (hospitales, residencias) como para uso doméstico. De este modo, se pretende poder hacer una evaluación efectiva de mayor número de gente, usando un menor número de recursos. O simplemente, creando un archivo de datos sobre las señales fisiológicas del paciente, para que después en un menor tiempo puedan ser leídas, y mostradas a el médico interesado para así poder hacer diagnosticar si existen una patología.

Dado que el proyecto que se va a llevar a cabo, trata de obtener y manipular datos personales altamente confidenciales, ya que pueden servir para la identificación del usuario, el trabajo se atendrá a los principios éticos que se pidan en él.

## Objetivos parciales

Para lograr los objetivos principales en este trabajo, se han definido los siguientes objetivos parciales:

* Búsqueda bibliográfica y estudio en profundidad del estado del arte. En este se estudiará la fisionomía humana para así poder relacionar que señales fisiológicas son necesarias para la detección de patologías
* Desarrollo de algoritmos para la lectura de las señales fisiológicas en tiempo-real.
* Creación y configuración de un servidor para el correcto almacenamiento de las señales fisiológicas.
* Comunicación segura entre el dispositivo de adquisición de datos y el servidor.
* Testeo del prototipo final mediante la ejecución de este en condiciones de funcionamiento reales.

## Alcance

Debido a que el trabajo que se va a desarrollar por parte del beneficiario trata de aplicar una solución tecnológica a un problema sanitario como puede ser la identificación anticipada o en tiempo real de una posible patología en el sistema cardiovascular, el proyecto supone un tema de gran interés en ambos ámbitos.

### Ámbito tecnológico

* El desarrollo de una solución avanzada para la recogida autónoma de señales fisiológicas fiables en cuanto a cumplimento de plazo supondría un hito interesante en este ámbito, ya que, mediante este dispositivo, se podrá abastecer a diferentes sistemas de clasificación de patologías cardiovasculares de información suficiente para el entrenamiento y validación de ellos.
* El uso de una programación en Pseudo tiempo real a la hora de programar el microcontrolador Tensilica Xtensa LX6 presente en la placa ESP32 para la obtención de tres señales simultáneamente. Que supone ser de los primeros sistemas en implementar este tipo de programación para el ámbito socio-sanitario en placas de bajo-costo.
* Creación e implementación de una biblioteca con tareas periódicas basadas en tiempo real para el lenguaje de programación *Python*, desplegable en varios sistemas como puede ser la *Raspberry Pi 4B+*. Con la que se podría usar unos dispositivos de mejores especificaciones para la continua mejora del dispositivo.

### Ámbito socio sanitario

* Diseño de un dispositivo portátil para la obtención de datos para la identificación de patologías cardiovasculares y estados de ánimo, lo que supone mejorar la calidad de vida de los usuarios, ya que mediante este se podrá detectar de forma preventiva estos estados o patologías.
* El dispositivo no solo podrá ser usado por un usuario en específico, si no que este podría dar lugar a una implementación en el ámbito sanitario, ya sea en una planta de hospital o en las residencias. Lo que ayudaría a lograr una diagnosis precisa de una forma más rápida.

## Estructura

A continuación, se presenta la estructura del proyecto, explicando de forma general el contenido que se expondrá en cada uno de los apartados.

El capítulo 3 es el estado del arte, en este se lleva a cabo un estudio y descripción general de las modalidades entre las que cabalga este proyecto, el sistema cardiovascular, sistema nervioso y la programación en pseudo tiempo real.

En el capítulo 4 se explica paso a paso los caminos en plataformas y lenguajes de programación diferente que se han trabajado. Por un lado, *Python* en la *Raspberry*, y por otro lado *C* compilado en *Arduino IDE* en la *ESP32*. En cada uno de ellos se expondrá tanto el montaje como la programación usada para la validación del dispositivo.

El capítulo 5 estará compuesto por la creación y configuración de la base de datos o servidor para poder llevar a cabo comunicaciones seguras mediante el protocolo *SSL*. Además, se expondrá el proceso seguido para que la comunicación entre el servidor y los dispositivos se haga correctamente.

En el penúltimo capítulo, el 6, se mostrarán los resultados obtenidos en cada una de las fases de desarrollo de los dispositivos.

Y finalmente, en el capítulo 7 se discuten las conclusiones alcanzadas en torno a los resultados obtenidos en el capítulo anterior. También se incluirá las líneas futuras que este proyecto ha abierto y las que se podría trabajar considerando el gran potencial que podrían tener estas futuras contribuciones.

*CAPITULO 3*

**ESTADO DEL ARTE**

*El título de este capítulo puede cambiar en función de la tipología del PFM (Estudio Técnico, Estudio Científico, Proyecto, Metodología,…). Se ofrecen unos cuantos ejemplos para el título: “ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS”, ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS”….*

*Comience todos los capítulos en página impar. Si es preciso incluya una página en blanco. Borre este texto en la versión final del documento.*

# Estado del arte

En este nuevo capitulo se llevará a cabo la introducción de una forma general tanto del sistema circulatorio, haciendo espacial hincapié

*CAPITULO 4*

**TÍTULO DEL CAPÍTULO 4**

*El título de este capítulo puede cambiar en función de la tipología del PFM (Estudio Técnico, Estudio Científico, Proyecto, Metodología,…). Se ofrecen unos cuantos ejemplos para el título: “DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN”, “DISEÑO DEL PROTOTIPO”, “DISEÑO DEL SOFTWARE”, “METODOLOGÍA”….*

*El número de capítulos puede cambiar también si es necesario para dotar de mayor claridad a la Memoria del PFM (Planificación, Entorno de Desarrollo, Requisitos de Diseño.*

*Comience todos los capítulos en página impar. Si es preciso incluya una página en blanco. Borre este texto en la versión final del documento.*

# Título del capítulo 4

## Introducción.

En este apartado se detalla el diseño, desarrollo, implementación, etc que se vaya a realizar en el PFM.

## Elementos específicos

### Figuras.

Todas las figuras del texto deberán ser originales. En el caso de que alguna de las figuras no sea original del alumno, deberá citar y referenciar adecuadamente la misma. Una buena práctica de redacción contempla que todas las figuras del texto dispongan de un título. Asimismo, en la medida de lo posible todas las figuras que se incluyan deberán de alguna forma estar referidas en el texto, situando la figura después de la cita, y no antes.

### Ecuaciones.

Para la escritura de las ecuaciones podrá utilizarse el editor que se desee, siempre que sea compatible con la generación de la versión pdf final del documento.

Las ecuaciones deberán estar numeradas de forma correlativa y figurar el número entre paréntesis en la parte derecha de la página

### Tablas.

El formato de las tablas deberá ser lo más parecido posible al formato definido para el texto. En cualquier caso, sea el estilo que sea éste se mantendrá a lo largo del texto.

Las tablas deberán tener un título de tabla que las describa y deberán estar referidas a lo largo del texto.

## Acerca del plagio

Plagiar es, básicamente, hacer pasar como propias obras realizadas por otros. Si bien es cierto que en muchas ocasiones el plagio es intencionado, en muchas otras el fraude ocurre por verdadero desconocimiento de qué lo es, y son muchos los que creen que aquello que está en Internet es información de libre uso y, por tanto, creen también que pueden copiarlo y pegarlo en su trabajo sin ningún problema.

En general, no se comete plagio cuando el trabajo es elaborado a partir de las ideas propias obtenidas tras la lectura de varias fuentes, las cuales deben citarse y referenciarse en la bibliografía del trabajo, mientras que por el contrario, se estará plagiando cuando la lectura de un texto elaborado a partir de otras fuentes hace creer al lector que tanto el texto como la idea que encierra el propio texto es obra del autor del trabajo.

Además de las responsabilidades civiles que puede acarrear el plagiar una obra, presentar un trabajo académico total o parcialmente plagiado supone un fraude al sistema de evaluación del alumno, debiéndose recordar que muchos accesos son priorizados a partir de la nota del expediente académico. En general, el plagio desvirtúa el sistema de calificaciones, otorgando más nota al que plagia y, por tanto, dejando en mejor posición al que plagia en los sistemas dependientes del expediente. Por otra parte, los trabajos realizados en base a la recolección de fragmentos de otros textos dan como resultado un trabajo con estilos de redacción inconexos, con enfoques constantemente cambiantes y sin una línea argumental definida.

En el ámbito académico suele aceptarse el uso de material de otro autor, aun con copyright, sin necesidad de pedir autorización siempre y cuando se cite la autoría correctamente.

Por otra parte, la Universidad pone a disposición de los profesores herramientas software que ayudan a detectar el plagio en los trabajos académicos

*CAPITULO 5*

**RESULTADOS Y ANÁLISIS**

*El título de este capítulo es obligado. Comience todos los capítulos en página impar. Si es preciso incluya una página en blanco. Borre este texto en la versión final del documento.*

# Resultados y análisis

## Introducción.

## Resultados

## Análisis de los resultados

En la Fig. 1 se muestra la evolución del par y la velocidad angular del motor frente al tiempo…. Es muy importante la interpretación de los resultados, así que dedicarle unos párrafos a los resultados que se extraen de las gráficas.

No os olvidéis que las figuras deben ser nítidas, incorporando las variables de los ejes de ordenadas y abscisas junto con sus unidades. Los números deben poder leerse.



Figura 1. Título de la figura .

*CAPITULO 6*

**CONCLUSIONES**

*El título de este capítulo es obligado. Comience todos los capítulos en página impar. Si es preciso incluya una página en blanco. Borre este texto en la versión final del documento.*

# Conclusiones

## Conclusiones

El trabajo realizado en este proyecto Fin de Máster ha contribuido a ….. Las principales aportaciones y/o conclusiones que se extraen son …

## Acciones futuras

Como acciones futuras o líneas de investigación abiertas e identificadas se proponen las siguientes:

*CAPITULO 7*

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

*El título de este capítulo es obligado. Se recomienda encarecidamente el uso de herramientas de gestión de citas y bibliografía tipo Mendeley o Refworks.*

*Comience todos los capítulos en página impar. Si es preciso incluya una página en blanco. Borre este texto en la versión final del documento.*

# Referencias bibliográficas

[1] R. Martinez Rodriguez, «Diseño de un sistema de detección y clasificación de cambios emocionales basado en el análisis de señales fisiológicas no intrusivas», UPV/EHU, 2016. Accedido: nov. 15, 2022. [En línea]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=112122&info=resumen&idioma=SPA

[2] U. Zalabarria Pena, «Identification of the stress and relaxation level in people, based on the study and the advanced processing of physiological signals related to the activity of the autonomic nervous system», 2020. Accedido: nov. 15, 2022. [En línea]. Available: http://addi.ehu.es/handle/10810/50668

[3] U. Zalabarria, E. Irigoyen, R. Martinez, y A. Lowe, «Online robust R-peaks detection in noisy electrocardiograms using a novel iterative smart processing algorithm», *Appl Math Comput*, vol. 369, mar. 2020, doi: 10.1016/J.AMC.2019.124839.

[4] U. Zalabarria, E. Irigoyen, R. Martinez, M. Larrea, y A. Salazar-Ramirez, «A Low-Cost, Portable Solution for Stress and Relaxation Estimation Based on a Real-Time Fuzzy Algorithm», *IEEE Access*, vol. 8, pp. 74118-74128, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2988348.

[5] U. Zalabarria, E. Irigoyen, y A. Lowe, «Diagnosis of atrial fibrillation based on arterial pulse wave foot point detection using artificial neural networks», *Comput Methods Programs Biomed*, vol. 197, p. 105681, dic. 2020, doi: 10.1016/J.CMPB.2020.105681.

*ANEXO I*

***TÍTULO DEL ANEXO***

*La incorporación de anexos a la Memoria del PFM es opcional y se justifica si su lectura no es indispensable para la correcta comprensión de la Memoria. Si lo considera conveniente puede incluir uno o varios, pero se recomienda no abusar en cuanto a número. Por ejemplo, puede ser conveniente incluir un Glosario, un Manual de Usuario, un Manual de Instalación, una Hoja de Especificaciones, Planos, Presupuesto, Normas…*

*En cualquier caso, y en función de la extensión, puede optar también por realizar un documento independiente de la Memoria si así lo considera oportuno.*

*Comience todos los capítulos en página impar. Si es preciso incluya una página en blanco. Borre este texto en la versión final del documento.*

# ANEXO I: TÍTULO DEL ANEXO 1

A-ECMS Adaptive Equivalent Consumption Minimization Strategy

ABS Active Braking System

IGBT Insulated Gate Bipolar Transistor

VSI-2LSS Two Level Soft Switching Voltage Source Inverter