

TERMÓMETRO EMOCIONAL PARA MEDIR LA IRA A PARTIR DE SU FISIOLOGÍA

ADRIÁN GIL MORAL



Trabajo fin de máster

Máster en Internet de las Cosas

Facultad de informática

Universidad Complutense de Madrid

Directora: Virginia Francisco Gilmartín

Colaborador: Marlon Cárdenas Bonett

Septiembre 2020

**TERMÓMETRO EMOCIONAL PARA MEDIR LA IRA
A PARTIR DE SU FISIOLOGÍA**

**EMOTIONAL THERMOMETER TO MEASURE THE ANGER
BASED ON IT'S PHYSIOLOGY**

**Trabajo fin de Máster en Internet de las Cosas
Departamento de Inteligencia Artificial**

Autor

Adrián Gil Moral

Directora

Virginia Francisco Gilmartín

Colaborador

Marlon Cárdenas Bonett

Convocatoria: *Septiembre 2020*

Calificación: *10/10*

**Máster en Internet de las Cosas
Facultad de informática
Universidad Complutense de Madrid**

24 de septiembre de 2020

AUTORIZACIÓN DE DIFUSIÓN

El abajo firmante, matriculado en el Máster en Internet de la Cosas de la Facultad de Informática, autoriza a la Universidad Complutense de Madrid (UCM) a difundir y utilizar con fines académicos, no comerciales y mencionando expresamente a su autor el presente Trabajo Fin de Máster: **Termómetro emocional para medir la ira a partir de su fisiología**, realizado durante el curso académico 2019-2020 bajo la dirección de Virginia Francisco Gilmartín y el colaborador Marlon Cárdenas Bonett en el Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial, y a la Biblioteca de la UCM a depositarlo en el Archivo Institucional E-Prints Complutense con el objeto de incrementar la difusión, uso e impacto del trabajo en Internet y garantizar supreservación y acceso a largo plazo.

Adrián Gil Moral
Septiembre de 2020

RESUMEN

En una consulta clínica en la que se trabaja con personas con problemas de gestión de la ira, es muy importante conocer los episodios de ira que ha atravesado el paciente entre cada sesión para poder ver el progreso del paciente. Esto sin embargo no es tarea sencilla, pues debido a la deseabilidad social, una incorrecta interpretación, la mala memoria o que problemas comunicativos por parte del paciente, puede ser que el paciente no transmita correctamente la información de sus episodios de ira al terapeuta, hecho que dificulta la actuación del profesional.

Adicionalmente, cuando el paciente está sufriendo un episodio de ira, no dispone de la ayuda del terapeuta para poder gestionar dicho episodio. Partiendo de esta problemática, se ha diseñado una aplicación Android conectada a un anillo inteligente para poder registrar los episodios de ira del paciente a partir de sus constantes vitales y sugerirle pautas previamente definidas por el terapeuta para reducir dicho nivel de ira. La aplicación se ha elaborado siguiendo un diseño orientado al usuario contando con la colaboración de una experta en la materia. Esta solución tecnológica no solo ayudará al paciente a gestionar sus episodios de ira sino que además permitirá al terapeuta acceder al registro histórico de episodios de la ira de cada uno de sus pacientes, pudiendo ajustar las pautas recomendadas a los mismos en función de su desempeño. Esta aplicación, por tanto, es un complemento para mejorar la efectividad de la gestión profesional de la ira disfuncional.

Palabras clave

IOT, Ira, Fisiología de las emociones, Biosensores

ABSTRACT

In a clinical consult where they work with people which have difficulties managing anger, it is really important to know the anger episodes that the patient has gone through between the different sessions in order to track the patient's progress. However, this is not an easy task; due to the the social desirability, an incorrect interpretation from the patient and/or bad memory, the patient might not correctly transmit the information with regards to his/her anger episodes, hindering the professional help.

Additionally, when the patient is suffering an anger episode, he/she does not have any help in order to deal that anger episode. Regarding this problematic, it has been designed an Android application connected to a smart ring in order to track the anger episodes of the patient and suggest him/her patterns to reduce their anger level that have previously been defined by the specialist. The therapist will also be able to access through a web application to the historical register of anger episodes of each of their patients. For each of them, they can adjust the recommended patterns for each anger level basing their decision on the historical usefulness of each pattern for each patient. Therefore, this technological decision is a compliment to the therapy for managing dysfunctional anger.

Key terms

IOT, Anger, Emotion's physiology, Biosensors

AGRADECIMIENTOS

A Marlon, por ayudarme con la elección de la pulsera inteligente.

A Belén, que me ha ayudado a llenar todos los vacíos en lo que respecta a la comprensión del paciente y ha tenido mucha paciencia revisando todas las iteraciones del diseño para lograr la mejor solución posible.

A Virginia, la persona más trabajadora que he conocido en el mundo académico.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Motivación	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estructura de la memoria	3
2	INTRODUCTION	5
2.1	Motivation for doing this work	5
2.2	Goals	6
2.3	Document's structure	6
3	ESTADO DEL ARTE	9
3.1	Emociones	9
3.1.1	Fundamentos de las emociones	10
3.1.2	Teorías emocionales	11
3.1.3	Emociones básicas	12
3.1.4	La ira	13
3.1.4.1	Modelo transaccional de la ira	15
3.1.4.2	Causas de la ira	16
3.1.4.3	Intervención psicológica de la ira disfuncional	17
3.1.4.4	Métodos psicológicos para la medición de la ira	18
3.1.4.5	Métodos psicológicos para la intervención con pacientes con ira disfuncional	20
3.1.5	Fisiología de las emociones	22
3.1.5.1	Fisiología de la ira	24
3.1.5.2	Soluciones para medir emociones a partir de señales fisiológicas	26
3.2	Diseño orientado al usuario	34
3.3	Internet de las cosas	37
3.3.1	Accesorios inteligentes	40
3.3.1.1	Pulseras inteligentes	43
3.3.1.2	Comparativa de pulseras inteligentes	48
3.4	Código deontológico	51
4	HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS	53
4.1	Bases de datos	53
4.2	Protocolos de comunicación	57
4.2.1	Comunicación entre el móvil Android y la pulsera	57

4.2.2	Comunicación entre el dispositivo móvil Android y el servidor	58
4.3	Ciberseguridad	59
5	TERMÓMETRO DE LA IRA	63
5.1	Introducción	63
5.2	Captura de requisitos	64
5.3	Diseño	66
5.3.1	Primera iteración	66
5.3.1.1	Diseño de la aplicación móvil de los pacientes	66
5.3.1.2	Diseño de la aplicación web del terapeuta	70
5.3.2	Segunda iteración	80
5.3.2.1	Diseño de la aplicación móvil de los pacientes	81
5.3.2.2	Diseño de la aplicación web del terapeuta	86
5.3.3	Tercera iteración	90
5.3.3.1	Diseño de la aplicación móvil de los pacientes	90
5.3.3.2	Diseño de la aplicación web del terapeuta	101
5.4	Implementación	112
5.4.1	Arquitectura de la aplicación	112
5.4.2	Flujo de datos	113
5.4.3	Recogida de las constantes fisiológicas del paciente	115
5.4.3.1	Ritmo cardíaco	115
5.4.3.2	Actividad electrodérmica de la piel y aceleración	117
5.4.4	Transformación de las constantes fisiológicas en niveles de ira	118
5.4.5	Justificación fisiológica	121
5.4.6	Aplicación móvil del paciente	123
5.4.6.1	Frontend	123
5.4.6.2	Backend	123
5.4.6.3	Bases de datos	125
5.4.7	Aplicación web del terapeuta	127
5.4.7.1	Frontend	127
5.4.7.2	Backend	128
5.4.7.3	Bases de datos	128
5.4.8	Comunicación entre la aplicación y el servidor	130
5.4.9	Código fuente	130
6	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	133
6.1	Conclusiones	133
6.2	Trabajo futuro	135

7	CONCLUSIONS AND FUTURE WORK	137
7.1	Conclusions	137
7.2	Future work	139
	BIBLIOGRAFÍA	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Maniqués para medir la valencia con el método de SAM extraídos del texto de Hernández (2016).	10
Figura 2	Maniqués para medir la activación con el método de SAM extraídos del texto de Hernández (2016).	10
Figura 3	Representación cartesiana de las emociones utilizando el binomio valencia-activación extraída del texto de Hernández (2016).	11
Figura 4	Expresión facial de la ira según se recoge en los FACS de Ekman	14
Figura 5	Pendiente que mide la presión de la sangre	44
Figura 6	Sensores y placa ajustados al brazo de una persona	44
Figura 7	Zapato utilizado para medir la conductancia de la piel	44
Figura 8	Cámara digital, ordenador <i>wearable</i> y sensores de la conductancia de la piel	44
Figura 9	Muñequera que mide la actividad electrodérmica de la piel	44
Figura 10	Wristband de Empatica E4 que mide numerosas señales fisiológicas	44
Figura 11	Samsung Simband que mide numerosas señales fisiológicas	45
Figura 12	Jawbone UP 24 que se utiliza para mejorar el rendimiento deportivo	45
Figura 13	Pulsera Hexiwear que mide numerosas señales fisiológicas	45
Figura 14	Anillo de Moodmetric que se utiliza para medir el nivel de estrés	45
Figura 15	Mockup de la 1ª iteración para emparejar dispositivo en la aplicación (opción I)	67
Figura 16	Mockup de la 1ª iteración para emparejar dispositivo en la aplicación (opción II)	67
Figura 17	Mockup de la 1ª iteración para ver el estado de ira y la pauta recomendada en la aplicación	68

Figura 18	Mockup de la 1ª iteración para ver el estado de ira, la pauta recomendada y para calibrar el dispositivo en la aplicación	68
Figura 19	Mockup de la 1ª iteración para calibrar dispositivo en la aplicación (opción I)	69
Figura 20	Mockup de la 1ª iteración para calibrar dispositivo en la aplicación (opción II)	69
Figura 21	Mockup de la 1ª iteración para iniciar sesión en la web	71
Figura 22	Mockup de la 1ª iteración para registrar paciente en la web	71
Figura 23	Mockup de la 1ª iteración para gestionar un paciente en la web	72
Figura 24	Mockup de la 1ª iteración para mostrar la información básica del paciente en la web	73
Figura 25	Mockup de la 1ª iteración para gestionar grupos de pacientes en la web	73
Figura 26	Mockup de la 1ª iteración para gestionar pautas en la web (opción I)	74
Figura 27	Mockup de la 1ª iteración para gestionar pautas en la web (opción II)	75
Figura 28	Mockup de la 1ª iteración para mostrar los episodios de un paciente en la web (opción I)	75
Figura 29	Mockup de la 1ª iteración para mostrar los episodios de un paciente en la web (opción II)	76
Figura 30	Mockup de la 1ª iteración para mostrar los episodios de un paciente en la web (opción III)	76
Figura 31	Mockup de la 1ª iteración para mostrar alertas de los episodios de ira en la web	77
Figura 32	Mockup de la 1ª iteración para mostrar el resumen de alertas de los pacientes en la web (opción I)	78
Figura 33	Mockup de la 1ª iteración para mostrar el resumen de alertas de los pacientes en la web (opción II)	78
Figura 34	Mockup para mostrar los filtros y las dos opciones para mostrar la tabla de pacientes	79
Figura 35	Mockup de la 2ª iteración para el menú de la aplicación	82
Figura 36	Mockup de la 2ª iteración para emparejar el dispositivo en la aplicación	83

Figura 37	Mockup de la 2ª iteración para calibrar el dispositivo en la aplicación	83
Figura 38	Mockup de la 2ª iteración para la pantalla principal de la aplicación	84
Figura 39	Mockup de la 2ª iteración para mostrar el resumen de episodios en la aplicación	85
Figura 40	Mockup de la 2ª iteración de la pantalla principal de la web	87
Figura 41	Mockup de la 2ª iteración de la pantalla de resumen de episodios de la web (parte I)	88
Figura 42	Mockup de la 2ª iteración de la pantalla de resumen de episodios de la web (parte II)	88
Figura 43	Mockup de la 2ª iteración de la pantalla de pautas de la web	89
Figura 44	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de inicio cuando el dispositivo no está calibrado	91
Figura 45	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de registro del dispositivo	92
Figura 46	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar el dispositivo (I/II)	92
Figura 47	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar el dispositivo (II/II)	93
Figura 48	Mockup de la 3ª iteración del menú cuando el dispositivo no está calibrado	93
Figura 49	Mockup de la 3ª iteración del menú cuando el dispositivo está calibrado	94
Figura 50	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar durante el sueño (I/II)	95
Figura 51	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar durante el sueño (II/II) físico	95
Figura 52	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar durante el ejercicio físico	96
Figura 53	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de inicio cuando el dispositivo está calibrado	96
Figura 54	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de selección del motivo del episodio de ira	98
Figura 55	Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de la pauta recomendada	99

Figura 56	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla de valoración de la pauta	100
Figura 57	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla de historial de episodios (I/II)	100
Figura 58	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla de historial de episodios (II/II)	101
Figura 59	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla principal de la web	102
Figura 60	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla de registro del paciente en la web (1/2)	102
Figura 61	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla de registro del paciente en la web (2/2)	103
Figura 62	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para ver pacientes en la web	103
Figura 63	Mockup de la 3 ^a iteración de una ventana emergente en la web	104
Figura 64	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para ver un paciente en la web	105
Figura 65	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para modificar un paciente en la web	106
Figura 66	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para crear una nueva para pauta para un paciente en la web	106
Figura 67	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para enlazar una para pauta para un paciente en la web	107
Figura 68	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para registrar una nueva pauta en la web	108
Figura 69	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para ver un episodio en la web	108
Figura 70	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para ver pautas en la web	109
Figura 71	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para ver una pauta en la web	110
Figura 72	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para enlazar una pauta a pacientes en la web	110
Figura 73	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para enlazar una pauta a grupos en la web	111
Figura 74	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para editar una pauta en la web	111

Figura 75	Mockup de la 3 ^a iteración de la pantalla para registrar un grupo en la web	112
Figura 76	Arquitectura de la aplicación	113
Figura 77	Flujo de datos de la aplicación	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Regiones cerebrales que reciben aferencias de la amígdala y las respuestas emocionales que controlan esas regiones.(Davis, 1992)	23
Tabla 2	Valores medios y desviaciones típicas de la frecuencia cardíaca en las tres fases del experimento de la universidad de Murcia	26
Tabla 3	Comparativa entre el enfoque tradicional de diseño y el diseño orientado al usuario	36
Tabla 4	Comparativa de accesorios inteligentes para la medición de la ira	50
Tabla 5	Estadísticas del código fuente del cliente	131
Tabla 6	Estadísticas del código fuente del servidor	131

LISTA DE ALGORITMOS

Algoritmo 1	Obtención de los umbrales de las constantes fisiológicas	118
Algoritmo 2	Obtención del nivel de ira	120

ACRÓNIMOS

ACC Aceleración

AES Advanced Encryption Standard

BDHI Inventario de hostilidad de Buss y Durkee

BLE Bluetooth de baja energía

BVP Presión sanguínea

DFA Análisis de la función discriminante

ECG Electrocardiograma

EDA Actividad electrodérmica, también conocido como respuesta galvánica de la piel (GSR)

EMG Electromiograma

FKNN Método difuso de los k vecinos más cercanos

HHT Método de transformación de Hilbert-Huang

HR Ritmo cardíaco

IAPS Sistema internacional de fotografías afectivas

ICG Cardiograma de impedancia

IN Inclinación

IOT Internet de las cosas

IPRI Inventario de Pensamientos Relacionados con la Ira y la hostilidad

LDA Análisis de discriminación lineal

MBA Modelos de negocio multinivel

MITM Hombre en el medio

MBP Propagación hacia atrás de Marquardt

MVC Modelo-Vista-Controlador

NFS Sistema neurodifuso

ORI Orientación

PA Presión atmosférica

PDD-NOS Trastorno generalizado del desarrollo no especificado

PPG Fotopletismógrafo

PCG Fonocardiograma

QDA Análisis discriminativo cuadrático

RF Bosques aleatorios

RNA Redes de neuronas artificiales

RESP Actividad respiratoria

SAM Maniqués de Auto Evaluación

SFFS Selección secuencial flotante hacia adelante

SDK Kit de desarrollo de software

SKT Temperatura de la piel

SVM Máquina de soporte de vectores

TEA Trastorno del espectro autista

UCD Diseño centrado en el usuario

INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se va a explicar la motivación de este trabajo (sección 1.1), los objetivos (sección 1.2) y la estructura del contenido de esta memoria (sección 1.3).

1.1 MOTIVACIÓN

En una consulta clínica en la que se trabaja con personas que presentan problemas diagnosticados por un psicólogo para la gestión de la ira, es importante recapitular los episodios de la vida cotidiana de esta persona en los que el paciente en cuestión ha tenido que gestionar la ira. En esta narrativa, el terapeuta irá realizando una serie de apuntes para luego intentar ayudar al paciente a que, en situaciones venideras, dicha gestión de la ira mejore o siga siendo estable. Este método, aunque se puede complementar con tests de medición de la ira, presenta un problema fundamental que es que no hay manera de ratificar la veracidad de lo que está diciendo el paciente, por lo que, ya sea de manera consciente o inconsciente (incluso se le puede olvidar mencionar algunos de los episodios de ira), puede que el psicólogo acabe dando una serie de pautas al paciente partiendo de unas premisas distintas a las reales. A su vez, las pautas que recibe el paciente para la gestión de la ira puede que no sean útiles, y éste tendrá que esperar hasta la siguiente consulta para poder recibir nuevas pautas. Por otro lado, la categorización de la utilidad de las pautas suministradas por el terapeuta dependen de la información dada por el paciente, que, como se verá en la sección 3.1.4.3, puede no ser una información veraz, lo que puede conllevar la realización de un mal diagnóstico del paciente, puesto que el diagnóstico se sustenta en información errónea.

En este trabajo fin de máster, se ha diseñado una solución tecnológica que permite discretizar los episodios de ira del paciente mediante la medición de varias de sus constantes fisiológicas con un anillo inteligente no intrusivo (para no interferir en el estilo de vida del paciente). Esto permitiría a los terapeutas tener una visión más objetiva de dichos episodios.

De esta manera, se tendría un registro preciso de los episodios de ira que ha experimentado el paciente junto con información sobre las pautas que le han sido útiles. Esto reduce significativamente la dependencia en la versión del paciente, pudiendo de esta manera reconducir la terapia hacia los episodios más significativos recogidos en la aplicación, que en el caso de no llevar el anillo inteligente el paciente pudiera no recordar.

Por otro lado, un factor crucial de la aplicación es la fiabilidad en la medición de estos episodios de ira. Los falsos positivos que podría detectar la aplicación serán detectados en la propia consulta, hablando con el paciente o revisando los comentarios que podrá suministrar el paciente a través de la aplicación en el momento en el que se detectó el falso positivo. Para lograr esto, cada vez que se le presente al paciente una pauta, este tendrá la oportunidad de informar sobre la utilidad de la pauta proporcionada por la aplicación, lo que permite que en la propia consulta se parta no sólo de la información cuantitativa recogida a través de las constantes fisiológicas, sino también de la información cualitativa proporcionada por el paciente.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos principales de este trabajo son los siguientes:

1. Recoger los datos de las constantes fisiológicas del paciente mediante un dispositivo inteligente.
2. Creación de una aplicación móvil dirigida a los pacientes, en la que se le avisará al paciente de los episodios de ira que está sufriendo y se le recomendarán las pautas prescritas por el terapeuta según su nivel de ira para reducirlo.
3. Creación de una aplicación web para los terapeutas, en la que poder acceder al registro de episodios de ira de sus pacientes y poder asignarles pautas.
4. La aplicación web, la aplicación móvil y la elección del dispositivo inteligente para medir las constantes fisiológicas deben regirse por los principios del diseño orientado al usuario para que la solución final provea a todas las partes de la mejor experiencia de usuario posible.

5. Utilización de elementos tecnológicos no intrusivos para que la discretización de los episodios de ira del paciente no supongan un estigma ni sean incómodos en términos fisiológicos.
6. Intentar incrementar lo máximo posible la pendiente de la curva de aprendizaje para evitar, entre otras cosas, que los elementos tecnológicos en sí acaben siendo motivos del aumento de la frustración e ira.
7. Adecuación del consumo energético de los dispositivos electrónicos al uso cotidiano. Esto es, no es factible requerir al usuario que cargue el dispositivo móvil o el dispositivo inteligente cada 20 minutos por un uso intensivo de energía en la solución tecnológica.
8. Garantizar el derecho a la intimidad del paciente mediante la encriptación de todos los datos relativos a las mediciones fisiológicas.

1.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

Esta memoria consta de siete capítulos, cuyo contenido no pretende ser independiente entre sí sino acumulativo: a medida que avancen los capítulos, se irán referenciando ideas previamente desarrolladas para que, a partir del desarrollo genérico de soluciones tecnológicas de IOT, se desemboque en la comprensión de la solución desarrollada en este trabajo.

En el primer capítulo, se presenta el problema que se desea abordar y los objetivos que en un primer momento se establecieron para poder solucionarlo de manera óptima teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos materiales y temporales de los agentes involucrados.

En el segundo capítulo, se desarrolla el estado del arte. Para entender cómo se puede mejorar la gestión de la ira, primero fue necesaria una investigación sobre qué es una emoción, cómo han sido estas analizadas y, concretamente, cómo se trata clínicamente la ira disfuncional. Partiendo de esta base, se incluyen un estudio de cómo los dispositivos inteligentes han ayudado a medir las distintas emociones a partir de la fisiología del usuario.

En el tercer capítulo, se muestran las distintas herramientas tecnológicas que se han utilizado en este trabajo. Esto incluye las bases de datos, los protocolos de comunicación y los protocolos de ciberseguridad.

En el cuarto capítulo, se encuentra el diseño y la implementación del termómetro de la ira. En la primera parte se incluyen las iteraciones realizadas con la persona experta para capturar requisitos y diseñar la aplicación web y la aplicación Android. En la segunda parte, se incluye la implementación final de la solución.

Por último, en el quinto capítulo se incluyen las conclusiones y el trabajo futuro.

INTRODUCTION

In this chapter, it will be explained the motivation for doing this work (section 2.1), the goals (section 7.1) and the content's structure of this document (section 2.3).

2.1 MOTIVATION FOR DOING THIS WORK

In a clinical consult where it is worked with people with diagnosed dysfunctional anger, it is important to track the daily anger episodes of the patient. Nowadays, the therapist will take some notes to later determine how can he help the patient dealing with future anger episodes. This method, even though it can be complimented with anger tests, it has a fundamental problem: there is no way to firmly determine the veracity of what the patient is telling regarding the anger episodes. Therefore, conscious o unconsciously, the therapist might end giving some professional advise based on false premises. Also, the patterns provided by the therapist to mitigate the anger might not be suitable, which in the original scenario means waiting for the next session in order to adjust them.

In this work, it has been designed a technological solution that allows discretizing the anger episodes of the patient by measuring several physiological signal with a non-intrusive ring (in order not to interfere with the patient's daily routine). This would allow the therapists to have a more trustworthy source of the anger episodes.

This means that there will be a precise register of nager episodes of each patient with the attached information of the recommended patterns and their usefulness. This significantly reduces the therapist's dependence to the patient's version, allowing the therapist to focus on some of the anger episodes the patient might not recall.

On the other hand, a key point of this solution is the trustability of the anger measurements. The false positives could be double checked on the ses-

sions or reviewing the user's comments on the app. Additionally, every time it is displayed a pattern to the patient, he should fill out the usefulness of that pattern and additionally he can include some comments about it, combining the quantitative information provided by the measurements with the qualitative information provided by the patient.

2.2 GOALS

The main goals of this work are the following ones:

1. Collect the data of the physiological constants of the patient through a smart wristband.
2. Creation of an Android application aimed to the patients, where it will be noticed when the user is in the middle of an anger episode and some patterns will be recommended accordingly in order to mitigate the anger.
3. Creation of a web application for the therapist where they can access the episodes' register of their patients as well as assigning them patterns.
4. The web application, the Android application and the wristband selected should be chosen following the user oriented design's philosophy in order to boost the user experience.
5. The technological elements used should be non-intrusive in order not to interfere with the daily routine of the patient or stigmatize him.
6. Try to increment as much as possible the learning curve's slope in order to allow that the technological solution itself becomes a reason of frustration and anger.
7. Adequate energetic consumption of the electronic devices.
8. Guarantee the privacy right of the patients via end to end encryption of all the personal data.

2.3 DOCUMENT'S STRUCTURE

This document consists of five chapters, whose content is not completely independent but accumulative: the chapters will refer to ideas previously explained thoroughly so that after understanding how a generic IOT solution

works, it will be easier to understand and contextualize the current solution of this work.

The first chapter states the problem that is aimed to be solved and the goals that were first established in order to solve them optimally.

The second chapter comprehends the state of the art of the problem to be solved. As this problem intersects with both psychology and computer science, it can be found both sections. It must be stressed that there is a section which includes fifteen technological solutions used to measure different emotions based on their physiology.

The third chapter covers the different technological tools that were considered for this work. This includes the databases, communication protocols and cybersecurity protocols.

In the fourth chapter it can be found the design and implementation of the anger's thermometer. In the first part, it includes the different iterations with an expert person in order to obtain the requisites of the desired solution and develop the mobile and web application. The second part is about the final implementation of the technological solution.

Finally, on the fifth chapter it can be found the conclusions and the future work that could be done to continue this project. On the appendix it can be found the links and statistics of the repositories of this work as well as the English translation of the introduction and conclusions chapters.

ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se va a repasar el estado actual de aquellos aspectos de la psicología (sección 3.1) y la informática (sección 3.3) relacionados con este trabajo. En el caso de la psicología, se va a comenzar con una introducción a las distintas teorías psicológicas de las emociones (sección 3.1.2), así como los métodos desarrollados para la medición de las mismas en los humanos sin mediciones fisiológicas (sección 3.1.4.4), como son los cuestionarios. Tras esto, se van a explorar los métodos para la intervención con pacientes con ira disfuncional (sección 3.1.4.3). La parte que concierne a los aspectos psicológicos de esta sección finaliza con la fisiología de la ira (sección 3.1.5.1), lo que permitirá su medición mediante un dispositivo. Para aprovechar el trabajo ya realizado en este ámbito, se realizará una revisión de la medición de la ira (3.1.5.2). Como este trabajo incluye la realización de experimentos con seres humanos, se concluirá la sección psicológica con la suscripción al código deontológico del Consejo General de Colegios Oficiales de Psicólogos de España (sección 3.4). En lo que respecta a la parte informática, se realizará un breve repaso de las aplicaciones de Internet de las Cosas (sección 3.3.1) así como una comparativa entre distintas pulseras inteligentes que se barajaron para la realización de este trabajo (sección 3.3.1.1) con la correspondiente explicación de la elección final que se ha utilizado (sección 3.3.1.2).

3.1 EMOCIONES

Las emociones se pueden entender como una reacción subjetiva que ocurre como resultado de cambios psicológicos y fisiológicos que influyen sobre el pensamiento y la conducta (Corbin, 2016) y que constituyen una experiencia afectiva en cierta manera agradable o desagradable (Montañés, 2005). De manera adicional, Wundt (1896) entendía que las emociones podían definirse según las dimensiones agrado-desagrado, tensión-relajación y excitación-calma.

En línea con las observaciones de Wundt, más adelante se simplificó dicho modelo a dos variables con las que se podían representar todas las emociones. Este es el método compuesto por el binomio valencia-activación, que

presupone que todas las emociones se pueden definir mediante el nivel de agrado-desagrado (valencia) y calma-activación (activación o *arousal*). El autoreporte de la emoción con este modelo se puede hacer utilizando el método Maniqués de Auto Evaluación (SAM), con el que el paciente determina el grado de valencia y activación en una escala de 1 a 5, 7 o 9 (el número de posibilidades la establece el profesional en cuestión) ayudado de una serie de maniqués como los que se pueden ver en las figuras 1 y 2.

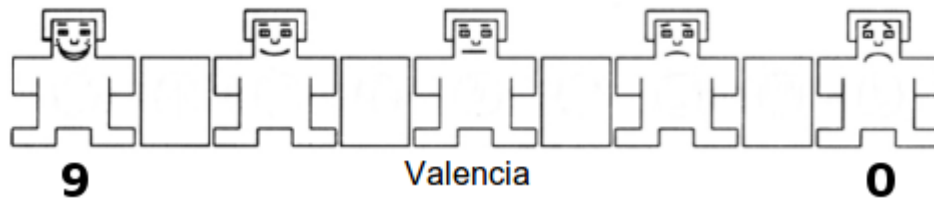


Figura 1: Maniqués para medir la valencia con el método de SAM ((Hernández, 2016)).

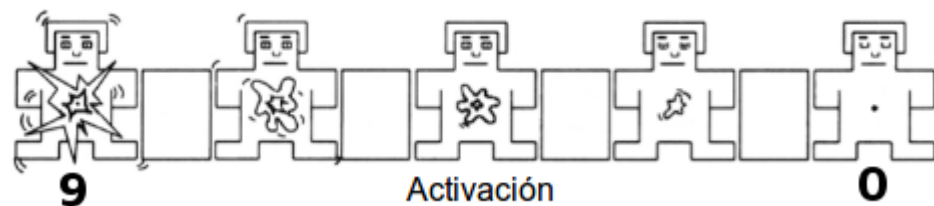


Figura 2: Maniqués para medir la activación con el método de SAM ((Hernández, 2016)).

Por tanto, mediante la combinación de la valencia y la activación se pueden representar todas las emociones en ejes cartesianos de dos dimensiones, tal como podemos ver en la figura 3.

3.1.1 Fundamentos de las emociones

Todas las emociones tienen funciones que permiten tanto la adaptación social como el ajuste personal. Según Reeve (1994), la emoción tiene tres funciones principales:

- Funciones adaptativas: preparan al organismo para ejecutar eficazmente la conducta exigida para las condiciones ambientales (Montañés, 2005). Plutchik (1980) establece la siguiente correspondencia entre emociones y su función: miedo - protección; ira- destrucción; alegría - reproducción;

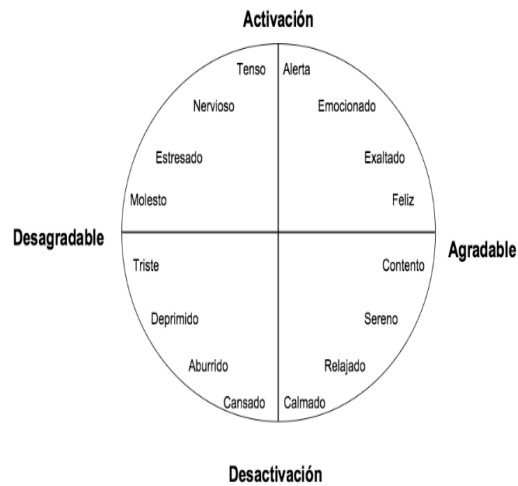


Figura 3: Representación cartesiana de las emociones utilizando el binomio valencia-activación ((Hernández, 2016)).

tristeza - reintegración; confianza - afiliación; asco - rechazo; anticipación - exploración; sorpresa - exploración.

- Funciones sociales: las emociones permiten que otra persona pueda anticipar el comportamiento de quien está expresando una emoción, lo que facilita las relaciones interpersonales. Así, la ira funcional sirve para que un sujeto pueda identificar que está siendo tratado injustamente y de esta manera pueda afrontar la situación con el fin de intentar enmendar dicho desajuste.
- Funciones motivacionales: la emoción energiza la conducta motivada, haciendo que esta se realice de manera más vigorosa (Montañés, 2005). Por ejemplo, la cólera facilita las reacciones defensivas, que al haberse producido una reacción fisiológica previa, permite que las reacciones motoras puedan realizarse con mayor energía que en otro contexto en el que el cuerpo se encontrase en estado de reposo sin sentir dicha emoción.

3.1.2 Teorías emocionales

Las principales corrientes teóricas del estudio de la emoción según Plutchick (1980) son:

- Evolucionista: iniciada por Darwin (1967), afirmaba que las emociones evolucionaron porque eran adaptativas y permitían a los seres humanos

sobrevivir y reproducirse. Por ejemplo, el miedo impulsaba a la persona a huir o luchar.

- Psicofisiológica: iniciada por James-Lange (1984), establece que la fisiología de las emociones precede a las mismas. Siguiendo el ejemplo anterior, este autor establece que no corremos porque tengamos miedo, sino que tenemos miedo porque corremos.
- Neurológica: iniciada por Cannon-Bard (1939), rebate la teoría de James-Lange puesto que las reacciones fisiológicas asociadas a determinadas emociones puede darse sin que entre en acción la emoción correspondiente. Por ejemplo, se puede acelerar el corazón tanto al sentir miedo como al realizar actividades deportivas. Estas teorías se basan en que las emociones se producen como respuesta a un estímulo cuando el tálamo se comunica con el cerebro.
- Conductista: iniciada por James (2013), quien defiende en la línea de James-Lange que la reacción fisiológica es previa a la emoción. A su vez, desde esta corriente se entienden las emociones como condicionamientos aprendidos en edades tempranas.
- Teoría de la activación: iniciada por Schachter-Singer (1962), establece primero que la activación fisiológica precede a la emoción y que dicha activación tiene como fin preparar al individuo para situaciones de emergencia.
- Teoría cognitiva: iniciada por Lazarus (1970), establece que son los procesos de valoración cognitiva los que determinan la reacción emocional, por lo que la activación fisiológica por sí sola no desencadena reacciones emocionales. Es decir, quien en última instancia determina la expresión de la emoción es la interpretación que haga el sujeto de la realidad.

3.1.3 *Emociones básicas*

Las emociones básicas serían aquellas que tendrían un carácter universal, innato y que son distintas entre ellas. A partir de sus combinaciones se podrían generar todas las demás emociones denominadas emociones secundarias o derivadas. Esta teoría es defendida por neodarwinistas como Ekman, Izard y Friesen. Izard (1992) establece los siguientes requisitos para que una emoción pueda ser considerada como básica:

- Tener un sustrato neural distintivo.
- Tener una expresión facial distintiva.
- Poseer sentimientos distintivos.
- Derivar de procesos biológicos evolutivos.
- Manifestar propiedades motivacionales y organizativas de funciones adaptativas.

Siguiendo este criterio, Izard (1992) establecía que las emociones básicas eran: placer, interés, sorpresa, tristeza, ira, asco, miedo y desprecio. Por otro lado, Ekman (1992) considera que las emociones básicas son: ira, alegría, asco, tristeza, sorpresa y miedo, lista a la que más tarde añadió el desprecio. Como se puede ver, existe una importante diferencia entre las listas de emociones básicas de ambos autores. Es por ello que autores como Ortony y Turner (1990) consideran que no existen emociones básicas ya que ni siquiera quienes defienden su existencia, señalan el mismo conjunto de emociones.

A continuación se van a describir las características principales de la ira, la emoción con la que se ha trabajado en este proyecto.

3.1.4 *La ira*

Las definiciones más extendidas de la ira la catalogan como una emoción que se presenta cuando un organismo se siente bloqueado en la consecución de una necesidad o una meta, sea esta real o fantaseada (Nieto, Delgado, and León, 2008). Esta percepción puede ser respondida con un impulso de huida - miedo y ansiedad - o de ataque, en cuyo caso estaríamos hablando de la ira. Esta es una emoción social, que ha servido a lo largo de la evolución para adaptarse a cambios ambientales y activar patrones de actuación útiles para la supervivencia.

Actualmente existe un debate abierto respecto a la relación entre este ataque con la agresividad pues no todos los autores catalogan esta emoción como desencadenante de actitudes agresivas; algunos consideran a ésta como la mediadora entre la frustración y la agresión (Averill, 1983) mientras que otros señalan la insuficiencia de evidencia experimental para sostener este tipo de afirmaciones (Berkowitz, 1989).

El psicólogo Paul Ekman (1997) considera que la expresión facial de esta emoción es universal, al igual que ocurre con el resto de emociones básicas. En la figura 4 se puede ver la cara de una persona al experimentar la ira, cuyos rasgos físicos característicos son: el descenso y la unión de las cejas, la elevación del párpado superior e inferior, la reducción de la apertura palpebral y los labios en tensión, contraídos y apretados (Pérez Nieto, 2015).

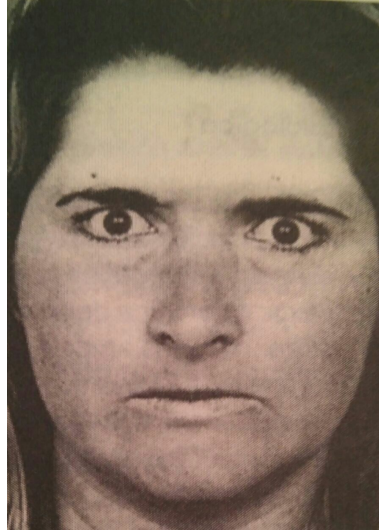


Figura 4: Expresión facial de la ira según se recoge en los FACS de Ekman

Existen una serie de emociones con una sintomatología similar a la ira: el miedo y la hostilidad. La ira tiende a remover obstáculos que se interponen en la consecución de la meta, mientras que la hostilidad no tiene por qué implicar el acercamiento a la misma. Sus rasgos son la irritabilidad, cinismo e interpretación negativa de las intenciones ajenas. Por su parte, el miedo tiene una sintomatología fisiológica similar a la ira, con la diferencia de que ésta es de menor intensidad en la ira y de que la ira es un sentimiento caliente y el miedo es un sentimiento frío. La diferencia del sentimiento de la ira frente al de frustración es que en la ira el obstáculo en la consecución de la meta es otra persona que además tiene cierta intencionalidad en impedir que se alcance dicho objetivo, mientras que en la frustración no existe dicha intencionalidad ni el obstáculo para alcanzar dicha meta tiene por qué ser externo. Puede ser, por ejemplo, una mala planificación temporal de cara a un examen que se conocía con suficiente antelación para haberlo podido preparar bien.

3.1.4.1 *Modelo transaccional de la ira*

Al categorizar la ira, el equipo de expertos de la universidad de Colorado dirigido por Deffenbacher (2000) determinó que la respuesta de esta emoción es regulable y que sólo ocasionalmente y de manera parcial es automática e incontrolable. Para estos autores, la experiencia de la ira podía entenderse como una serie de cinco etapas que irían activándose una tras otra de manera muy rápida, lo que provocaría que la persona no fuera consciente de estar enfadada hasta experimentar la respuesta de la ira. A esta serie de cinco etapas se denomina modelo transaccional de la ira. Estas etapas son las siguientes:

- Fase 1 (Estado previo de ira). La personalidad y el estado fisiológico influyen en la expresión de la ira. Por ejemplo, Aaron T. Beck (2003) estableció que las personas perfeccionistas, con una mayor necesidad de control, baja tolerancia a la incertidumbre o a la frustración tienden a experimentar la ira con mayor frecuencia e intensidad. A su vez, un experimento de Schieman (2010) desveló que entre la población estadounidense los rasgos que hacen a una persona propensa a experimentar la ira era ser adultos de entre 30 y 40 años, un bajo nivel educativo, tener varios hijos y tener ingresos bajos. Respecto al estado fisiológico, si la persona tiene sueño o hambre, esto puede hacer que se reduzcan los umbrales de activación de la ira. Esta fase resume los antecedentes que pueden facilitar un episodio de ira, pero por sí sola no tiene que implicar el desencadenamiento de esta emoción.
- Fase 2 (Procesos de valoración). Como se ha comentado en la definición de la ira, en la experiencia de esta emoción se valora que en una determinada situación se está actuando de manera injusta para con el sujeto. Es en esta etapa en la que se realiza dicha valoración.
- Fase 3 (Experiencia de la ira). Una vez se ha realizado el proceso de valoración y se ha valorado afirmativamente tanto el trato injusto al sujeto como la intencionalidad en dicho trato, comienzan las reacciones fisiológicas asociadas como pensamientos que se recrean en dicha injusticia, posibles pensamientos de venganza y/o reparación así como otros pensamientos que justifican dicho sentimiento (Uceda, 2011).
- Fase 4 (La expresión de la ira). En esta fase la ira se activaría de una manera adaptativa para confrontar un problema e iniciar una comunicación recíproca que permita solucionarlo o de manera desadaptativa o disfuncional, que implicaría la violencia verbal o física.

- Fase 5 (Consecuencias de la ira). Las consecuencias de la ira dependerán fundamentalmente de si la expresión de la misma ha sido funcional o disfuncional. Si la expresión ha sido funcional, puede que se consiga solventar el problema que se percibía como injusto. En el caso de que haya sido disfuncional, la expresión puede incluso haber empeorado el problema. El motivo por el que se activaría este tipo de expresión de la ira es por dar preferencia al éxtasis del corto plazo durante la expresión frente a las consecuencias futuras en el medio o largo plazo.

3.1.4.2 *Causas de la ira*

En la mayoría de estudios sobre la ira, esta se suele acotar por el propio paciente mediante cuestionarios en los que bien se presentan situaciones concretas que pueden provocar ira, bien se plantean afirmaciones relativas a la ira a las cuales el paciente debe responder en una escala de Likert. Un ejemplo de situación concreta que puede provocar la ira sería “llegas tarde y el coche que tienes en frente va a 25 kilómetros por hora siendo la limitación de la carretera de 40 kilómetros por hora”, mientras que un ejemplo de afirmación relativa a la ira sería “tengo ganas de pegarle a alguien”.

Por otro lado, en estos cuestionarios las causas que provocan la ira suelen referirse a situaciones muy específicas o demasiado difusas. Como término medio, se puede encontrar el estudio de Alcázar (2015) que versa precisamente sobre las causas que provocan la ira a los estudiantes universitarios. En este caso las fuentes que provocan ira son divididas en tres bloques:

- Interacción con los demás: mentiras, injusticia, impuntualidad, insultos, irresponsabilidad, traición, discusiones, prepotencia, que alguien diga lo que se tiene que hacer, pelea, hipocresía, ser ignorado, ser contradecido, ser criticado, no ser escuchado, que otra persona cambie los planes...
- Uno mismo: que no salgan las cosas como se quería, no poder resolver algo, no poder ayudar, trabajar en algo que no se quiere, perder algo, hacer tareas, dormir poco, perder el tiempo...
- Otros: atascos o retrasos en el transporte público, que deje de funcionar un dispositivo electrónico...

Estas situaciones como se puede ver, son bastante genéricas y permiten acotar los motivos que provocan la ira, mientras que en otros estudios que se detallarán más adelante como S.T.A.X.I. o Novaco se intenta únicamente medir la ira.

3.1.4.3 *Intervención psicológica de la ira disfuncional*

A la hora de intentar realizar una intervención efectiva en los casos en los que esté presente la ira disfuncional, es importante saber cuantificar correctamente su intensidad, duración y periodicidad. Para ello, es importante que, además de conocer la sintomatología de emociones similares tal y como se ha mencionado anteriormente, en su medición se tengan en cuenta estos tres factores:

- **Reactividad situacional:** la ira es una emoción social que se da en ámbitos concretos y que depende de cada persona, en la que cada persona aprende los lugares en los que puede o no puede expresar dicha emoción. Es decir, la misma valoración de una situación puede provocar o no la expresión de la ira en la misma persona en función del ambiente y de las personas presentes en ese momento (una persona introvertida por ejemplo puede no sentirse cómoda expresando dicha emoción si esto supone ser el foco de atención). Por ello, para medir esta emoción es importante que la persona se sienta cómoda para poder expresarse emocionalmente como considere, sin provocar situaciones impostadas en el laboratorio en las que debido al ambiente, el sujeto pueda no expresar las emociones tal cual las sienta y de esta manera se evite obtener resultados con baja validez ecológica.
- **Deseabilidad social:** es una distorsión inintencionada de la realidad en la que se puede minimizar el problema a la hora de describirlo a terceros (un psicólogo, por ejemplo) por el fin inconsciente de intentar generar una buena imagen en esas personas.
- **Simulación:** es una distorsión intencionada de la realidad. Este factor tiene su relevancia en los casos en los que los resultados del análisis puedan tener consecuencias legales sobre el paciente, como pueda ser la presentación de un informe psicológico para un juicio.

Para evitar caer en alguno de estos errores, es recomendable utilizar enfoques multimétodo-multimomento. En este punto es precisamente en el que accesorios inteligentes no intrusivos pueden ser útiles para obtener datos fiables fuera de la consulta.

3.1.4.4 *Métodos psicológicos para la medición de la ira*

Existen numerosas escalas de medición de emociones, en las que no todas ellas han sido validadas. Por ello, se hace especialmente relevante determinar una escala común de confiabilidad, es decir, del grado en que un instrumento de varios elementos mide consistentemente una muestra de la población (Celina Oviedo and Campo Arias, 2005). La escala que se suele utilizar para la medición de la ira es el alfa de Cronbach (1951), que define el grado de correlación existente entre una serie de elementos y aquellos que se quiere medir. Por ejemplo, la correlación entre que el cielo esté nublado y que vaya a llover en la próxima hora es mayor que entre que el día que se quiera saber si va a llover es par o impar, que no tiene ninguna relación con aquello que se pretende inferir, por lo que el hecho de que el dato de si está el cielo nublado o no tendrá un alfa de Cronbach mayor que si el día es par a impar. De la misma manera, se pueden comparar un conjunto de preguntas, que suelen ser denominados métodos o modelos.

En el caso que nos concierne, el dato que se quiere inferir es el valor discretizado en el que se encuentra una persona en una escala de la ira. Cuanto más elevado sea el alfa de Cronbach (en una escala de 0 a 1) para un modelo, mayor será la fiabilidad del mismo. Concretamente, la medición de la ira será desglosada en dos apartados: estado del rasgo de la ira, que evalúa los distintos componentes de la intensidad de esta emoción y su expresión verbal y física y la escala de rasgo de la ira, que mide el temperamento y la reacción de la ira en el sujeto evaluado.

A continuación se citan algunos de los métodos utilizados en psicología para la evaluación de la ira:

- S.T.A.X.I. 2 (Spielberger, 1999). Es un cuestionario que cuenta con 49 sentencias que miden la experiencia, la expresión y el control de la ira. La escala empleada para responder a las cuestiones es de tipo Likert, es decir, incluyen varias opciones según la conformidad con la afirmación realizada (absoluto-mucho, nunca-siempre) a sentencias como “me siento furioso” o “siento que quiero romper cosas”. Estas 49 cuestiones pretenden evaluar al sujeto en los siguientes aspectos: ira en el momento en el que realiza el cuestionario, ira como un rasgo de la persona y por tanto duradero en el tiempo, expresión externa e interna de la ira, control externo e interno de la ira e índice de expresión de la ira, que correlaciona la expresión externa con la expresión interna de la ira. En cuanto a su fi-

abilidad, en este test obtiene un 0.89 de coeficiente de alfa de Cronbach en la escala del estado de la ira y un 0.82 en la escala de rasgo de la ira. Este cuestionario ha sido validado para selección de personal e investigación médica (De Mojá and Spielberger, 1997; Turnage and Spielberger, 1991).

- Novaco Anger Inventory (Novaco, 2003). Es un cuestionario con escala Likert que cuenta con 25 situaciones que pueden provocar la ira en las que se pretende que el sujeto responda el grado de intensidad de la ira que estas provocarían en el sujeto. Algunas de estas situaciones que se plantean son “alguien ha cometido un error y te culpa”, “estás intentando discutir algo importante con un amigo o un familiar y no te está dejando la posibilidad de expresar tus sentimientos” o “que tu coche se quede atascado en el barro o la nieve”. Este cuestionario ha sido aplicado a adultos que habían cometido infracciones correccionales y entre población con problemas clínicos de gestión de la ira (Jones, Thomas-Peter, and Trout, 1999; Mills, Kroner, and Forth, 1998). En el caso del estudio de Mills, Kroner y Forth (1999), el cuestionario de Novaco clasificó correctamente a los pacientes clínicos con una precisión del 94%. El alfa de Cronbach no se incluyó entre los resultados de validación de este cuestionario.
- Inventario de hostilidad de Buss y Durkee (BDHI) (Buss and Durkee, 1957). Es un cuestionario de 75 elementos de verdadero o falso que pretenden cuantificar la ira y la hostilidad en sus componentes experienciales y expresivos. Algunas de las cuestiones que se plantean son “raramente pego a alguien, aun si la persona me pega a mí primero”, “sé que la gente tiende a hablar mal de mí a mis espaldas” o “cuando la gente me grita, yo le grito de vuelta”. Este cuestionario permite medir de forma válida la agresión física y verbal, la ira y la hostilidad en sujetos españoles (López Rodríguez, 2015). Por otro lado, en un experimento realizado para medir la fiabilidad de este cuestionario, este test obtuvo un alfa de Cronbach de 0.83 (Graña Gómez, Andreu Rodríguez, and Peña Fernández, 2001).
- Inventario de Pensamientos Relacionados con la Ira y la hostilidad (IPRI) (Sukhodolsky, Golub, and Cromwell, 2001). Es un cuestionario de 26 elementos de tipo Likert que intenta medir la frecuencia en la que el sujeto ha tenido en las últimas semanas pensamientos automáticos asociados a la ira-hostilidad. Las cuestiones están repartidas entre estas cuatro cate-

gorías: pensamientos posteriores de ira, pensamientos de venganza, recuerdos que provoquen la ira y el entendimientos de las causas. Algunas de las cuestiones de este cuestionario son “pienso en los motivos por los que la gente me trata mal”, “rumio por experiencias de ira pasadas” o “recuerdos de molestias pequeñas me molestan durante un tiempo”. En cuanto a su fiabilidad, este cuestionario obtiene un 0.88 de coeficiente de alfa de Cronbach (Prieto and Muñiz, 2000).

3.1.4.5 *Métodos psicológicos para la intervención con pacientes con ira disfuncional*

Una vez se ha evaluado la ira en una persona, en caso de que los resultados obtenidos sean de que ésta se presenta de manera disfuncional, es importante ayudar al paciente a regular esta emoción. A continuación se describen algunas de las propuestas utilizadas para este fin:

- Deffenbacher y McKay (1996) proponen un método con los siguientes ejes: aumentar la conciencia del problema mediante preguntas introspectivas, interrumpir el desarrollo de la respuesta de la ira mediante autoinstrucciones, utilizar el entrenamiento por relajación mediante la visualización mental de imágenes que inciten a la calma, reestructuración cognitiva para intentar que los juicios que pueden llevar a la expresión de la ira sean menos dicotómicos y catastrofistas.
- Lochman y Wells (1996) proponen una mayor concienciación de las señales fisiológicas asociadas a la ira, aumento de las habilidades sociales para gestionar los problemas de manera más adaptativa y la técnica de tiempo fuera (en caso de no haber conseguido evitar la aparición de la ira de manera disfuncional y ser consciente de ello, alejarse durante unos cuantos segundos de la situación hasta que la reacción fisiológica y cognitiva asociada a la emoción mermen).
- Novaco (2003) propone un enfoque que tiene como ejes principales el aumento de la autoestima del sujeto, pues esto reducirá la probabilidad de que éste responda a provocaciones (Rosenbaum and Decharms, 1960) (Veldman and Worchel, 1961) y aumento no sólo del control de la ira, sino también de la sensación de dicho control, pues de esta manera se aumenta a su vez dicho control de la ira.
- Beck (1998) divide la intervención psicoterapeuta en tres fases. En la primera, denominada fase preventiva, se explica al paciente el funcionamiento de la ira. La segunda, denominada fase de intervención,

se centra en los procesos de valoración y en la desactivación fisiológica mediante técnicas de relajación. En la tercera, denominada fase de postvención, en aquellos casos en los que la ira no disminuye, se ahonda en el contexto en el que se da la reacción de la ira.

- Kendall y Braswell (1985) se centran en el control de la respuesta impulsiva ante la aparición de problemas, evaluando por tanto en qué medida se preferencia el cortoplacismo a los análisis de medio y largo plazo. Las fases de este modelo son: reconocimiento y definición del problema, desarrollo de alternativas de resolución del problema, focalización de los elementos clave del problema; elección de la solución evitando el cortoplacismo y autorrefuerzo de este modelo resolutivo.
- Pérez Nieto y Magán Uceda (2015) proponen un modelo que consta de nueve etapas distribuidas en tres grandes bloques:
 - Prevención
 1. Cuidar la propia autoestima cuidando las elecciones
 2. Mantener una orientación hacia la tarea.
 3. Identificar escenarios y secuencias habituales de la ira.
 - Regulación de la experiencia
 1. Identificar las primeras sensaciones (fisiológicas y/o cognitivas) de la ira.
 2. Reducción de la activación fisiológica.
 3. Revaloración de la relevancia de la situación y de los recursos de afrontamiento.
 - Regulación de la expresión y de la respuesta
 1. Expresión de deseos personales correctamente, pidiendo, sustituyendo el *tú* por los *mensajes yo*.
 2. Reforzarse por el autocontrol percibido.
 3. Recordar o comentar con otros, más tarde, la gestión que se hizo de la situación conflictiva y lo agradable del autocontrol conseguido.

Como se puede observar, la mayoría de las propuestas intentan cuantificar las emociones mediante la autoevaluación del sujeto. Según Picard (2009), los resultados obtenidos por este tipo de técnicas no son fiables (por los factores

mencionados en la sección 3.1.4.3 como la deseabilidad social) pues por un lado un paciente puede no sentirse cómodo expresando dicha emoción con el profesional si no tiene suficiente cercanía, o puede suceder incluso que no entienda alguna pregunta debido a la ambigüedad de la misma. Por ejemplo, en la versión mexicana del cuestionario de S.T.A.X.I. 2, se adaptó el contenido de éste a la jerga mexicana, modificando expresiones respecto a la versión española. El problema es que en su sustitución varias de las frases que se utilizaron eran demasiado similares, por ejemplo: “me siento enojado”, “estoy enojado” y “estoy ardiendo de enojo” (Oliva Mendoza, Hernández Pozo, and Calleja Bello, 2010).

3.1.5 Fisiología de las emociones

Las emociones siempre van acompañadas de reacciones somáticas, siendo las más importantes las alteraciones de la circulación, los cambios respiratorios y las secreciones glandulares. Los tres componentes de las respuestas emocionales son los siguientes:

- Componente comportamental o conductual: incluye todos los movimientos musculares que se desencadenan tras una emoción (en el caso del miedo, la huida o el enfrentamiento, con sus correspondientes movimientos musculares).
- Componente neurovegetativo: comprende los cambios en el sistema nervioso autónomo para aportar una rápida movilización de energía que podría ser necesaria en caso de realizar movimientos enérgicos. En el caso del miedo, esto provocaría una activación de la rama simpática - para ganar tensión muscular y actividad cardíaca- y una desactivación de la rama parasimpática -para que la activación se centre en los músculos y no por ejemplo en procesos digestivos-.
- Componente hormonal: refuerzan las respuestas neurovegetativas mediante la secreción de hormonas como la adrenalina o la noradrenalina.

En las respuestas fisiológicas de las emociones, la amígdala juega un papel relevante, pues es donde se interpreta la información de las aferencias (señales que provienen de las neuronas sensoriales que transmiten información de lo que ocurre en distintas partes del cuerpo así como en el entorno) para redirigirla a la región cerebral correspondiente que producirá la eferencia (respuestas neurológicas del sistema nervioso central tras la interpretación de

Tabla 1: Regiones cerebrales que reciben aferencias de la amígdala y las respuestas emocionales que controlan esas regiones.(Davis, 1992)

Regiones cerebrales	Respuestas comportamentales y fisiológicas
Hipotálamo lateral	Activación simpática: aumento de la frecuencia cardíaca y la presión arterial, palidez.
Núcleo motor dorsal del vago	Activación parasimpática: úlceras, micción, defecación
Núcleo parabrancial	Respiración agitada.
Área tegmental ventral	Alerta comportamental (dopamina).
Locus coeruleus	Aumento de la vigilancia (noradrenalina).
Núcleo reticular de la protuberancia caudal	Aumento de la respuesta al sobresalto.
Sustancia gris periacueductal	Cese de la conducta (congelación).

las aferencias). En la tabla 1, se puede encontrar una lista de ejemplos de regiones cerebrales que reciben aferencias del núcleo central de la amígdala y las respuestas emocionales que controlan estas regiones.

Un elemento importante en la fisiología de las emociones es el aprendizaje de la lectura de las situaciones para poder anticiparse a situaciones que están por venir. Esto puede producirse mediante el aprendizaje de estímulos neutros a los que se le asocia una reacción emocional (es decir, el condicionamiento clásico). Si un perro antes de recibir su comida preferida escucha de manera consistente un timbre y no escucha ese mismo timbre cuando no recibe comida, acabará asociando mediante condicionamiento clásico que el estímulo neutro (el timbre) es ahora un estímulo condicionado que provocará la respuesta fisiológica condicionada equivalente a la respuesta incondicional; esto es, acabará salivando ante la expectativa de la comida al escuchar el timbre antes incluso de detectar la comida. Así, en el caso de los humanos, la mayoría de los miedos se adquieren por transmisión social, en lugar de por exposición directa al estímulo (Olsson, Nearing, and Phelps, 2007).

En lo que respecta a la parte fisiológica que no tiene proyección exterior, existe un campo de estudio llamado psicología de la salud que vincula las emociones con la salud entendida en toda su extensión. Así, las emociones positivas afectan de manera positiva a la salud, sucediendo lo inverso con las emociones negativas, puesto que favorecen la aparición de ciertas enfermedades al hacer más vulnerable al sistema inmunológico (Moure Rodríguez, 2011). Un estudio de 1999 ya planteaba que las personas que experimentan ansiedad crónica, prolongados periodos de tristeza y pesimismo u hostilidad, tenían el doble de riesgo de contraer enfermedades como el asma, la artritis o los dolores de cabeza (López, 1999). En el caso de la ansiedad, esta puede complicar una operación médica, puesto que la reacción fisiológica que provoca es la dilatación de las venas provocando por tanto sangrados más abundantes (Moure Rodríguez, 2011). En cuanto a las emociones positivas, la risa disminuye la concentración del cortisol, que es una de las hormonas directamente vinculadas al estrés, lo que potencia la actividad de los linfocitos, responsables de una correcta respuesta inmunológica (Berk, Tan, and Berk, 2008).

Todos estos parámetros se miden tras la normalización de los mismos en función del sujeto en cuestión. Una técnica habitual es establecer primeramente el valor de las variables que se quieren medir en un estado de reposo para luego compararlo con los valores a la hora de someter al sujeto a estímulos. De la misma manera, además de analizar la variación de las distintas variables fisiológicas que se quieran medir al ser expuestos a estímulos, algunos estudios ponen el foco no sólo en la tendencia sino también en la diferencia de las magnitudes entre distintos sujetos, obteniendo conclusiones como que las personas con alta ira-hostilidad tienen mayor frecuencia cardiaca en todas las fases de un experimento en el que se les inducen dichas emociones (Breva, Espinosa, and Palmero, 2000).

3.1.5.1 Fisiología de la ira

La ira es un factor a considerar en rehabilitaciones de algunos problemas neuropsicológicos. Según un estudio publicado en *Psychological Bulletin* (Millar et al., 1996), la ira disfuncional llega incluso a aumentar en un 8% el riesgo de mortalidad cardiovascular. Teniendo en cuenta los problemas de indentificación de la ira de pacientes con problemas psicológicos como aquellos con TEA, la identificación externa de la ira disfuncional mediante la medición fisiológica del paciente, puede servir para mejorar su salud mediante la adquisición

de mayor conocimiento sobre dicha emoción que le puedan servir para una canalización de la misma que no afecte a su salud.

Combinando las conclusiones de Stemmer (2010) y Spielberger y Krasner (1988), se obtiene la siguiente caracterización de la respuesta fisiológica de la ira:

- Aumento de la presión arterial sistólica y diastólica (Presión sanguínea (BVP), Fotopletismógrafo (PPG), Fonocardiograma (PCG)).
- Aumento de la tasa cardíaca (Ritmo cardíaco (HR), Electrocardiograma (ECG), Cardiograma de impedancia (ICG)).
- Aumento de la conductividad de la piel (Actividad electrodérmica, también conocido como respuesta galvánica de la piel (GSR) (EDA)).
- Aumento de la tensión muscular (Electromiograma (EMG)).
- Aumento de la temperatura periférica facial.
- Aumento de la tasa respiratoria (Actividad respiratoria (RESP)).
- Enrojecimiento de la piel (Temperatura de la piel (SKT)).
- Temblores.
- Sensación de desmayo.
- Sudores fríos.
- Sudor de manos.
- Dolor de estómago.
- Náuseas.

Estos cambios fisiológicos son en cierto grado distintos para cada persona y se establecen como cambios respecto a su estado de reposo. Este estado de reposo en casos en los que se miden las constantes fisiológicas exclusivamente en el laboratorio se realizan solicitando al paciente que se relaje durante unos quince minutos, momento en el que se extraen sus valores mínimos, mientras que en casos en los que estas mediciones se realizan mediante accesorios inteligentes que el paciente lleva puestos durante su día cotidiano, estos valores de reposo se obtienen durante el periodo en el que el paciente duerme. El

primero de estos métodos puede ser bastante problemático e inducir a errores de medición si dichos pacientes no consiguen relajarse durante ese periodo de tiempo y los investigadores no se percatan de esto, mientras que con el segundo método las constantes fisiológicas obtenidas que establecen que dicho paciente se encuentra en reposo son bastante más fiables (Peter, Ebert, and Beikirch, 2005).

Por último, un estudio de la Universidad de Murcia (Breva, Espinosa, and Palmero, 2000) pone de manifiesto la correlación entre los latidos por minuto del sujeto tanto en estado de reposo como en situaciones de estrés y los resultados obtenidos en tests de medición de la ira. En el experimento realizado, se utilizó como test de medición el inventario de Hostilidad de Cook y Medley (1954), dividiendo a los sujetos según los resultados obtenidos entre los grupos de baja ira-hostilidad y alta ira-hostilidad. Como se puede ver en la tabla 2, la diferencia de la tasa de latidos por minuto entre estos dos grupos independientemente de la fase del experimento es de en torno a 5 latidos por minuto

Tabla 2: Valores medios y desviaciones típicas de la frecuencia cardíaca en las tres fases del experimento de la universidad de Murcia

	Habitación	Tarea	Recuperación
Baja ira-hostilidad	92.27 (16.61)	92.43 (15.13)	86.35 (13.04)
Alta ira-hostilidad	96.95 (16.05)	97.02 (14.63)	91.48 (13.20)

3.1.5.2 Soluciones para medir emociones a partir de señales fisiológicas

En esta sección se esquematizan diversas soluciones tecnológicas que miden las emociones en función de datos fisiológicos. No todas las soluciones utilizan accesorios inteligentes, es más, algunas de ellas han sido sensorizadas en el laboratorio. En algunos casos los datos se han procesado posteriormente con varios clasificadores, en cuyo caso se ha incluido el clasificador que haya obtenido mayor fiabilidad. Las soluciones cuya fiabilidad está representada mediante varios números son aquellas en las que se ha medido las emociones usando la valencia y la activación, representando por tanto la fiabilidad de los resultados para cada uno de estos dos indicadores. Finalmente, es necesario indicar que la mayor parte de las referencias incluidas en esta sección son un subconjunto de dos tablas del trabajo de López Hernández (2016), si bien ha sido necesario consultar el contenido de los artículos citados puesto que en

algunas ocasiones las tablas de López Hernández (2016) no incluían todos los datos que se estaban buscando, los datos eran confusos o directamente no coincidían con el artículo que se estaba citando.

1. Changchun Liu (2008).

- Dispositivo: Biopac MP150.
- Respuestas fisiológicas analizadas: ECG, EDA, EMG, ICG, PCG, PPG, SKT.
- Emociones: inmersión, gusto y ansiedad.
- Participantes del experimento: 6 participantes de entre 13 a 16 años, 5 de ellos hombres y 1 mujer en la que 2 de ellos tenían TEA, 1 sufría Asperger y los otros 3 sufrían Trastorno generalizado del desarrollo no especificado (PDD-NOS).
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: juego en el ordenador al videojuego Pong(Lowood, 2009) en 3 sesiones de 1 hora distribuídas entre 3 días distintos y resolución de anagramas en 3 sesiones de 1 hora distribuídas entre 3 días distintos entre sí y entre los días de las sesiones de Pong.
- Clasificador: Máquina de soporte de vectores (SVM).
- Precisión: 83%.

2. Kyung Kim (2004).

- Dispositivo: Biopac MP100.
- Respuestas fisiológicas analizadas: ECG, EDA, SKT.
- Emociones: sorpresa, estrés, enfado y tristeza.
- Participantes del experimento: aproximadamente 191 sujetos (no se especifica la cifra exacta) de entre 5 y 8 años.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: para la inducción de la sorpresa, se subió repentinamente el volumen de la música de fondo o se reproducción el sonido de un vaso roto; para inducir el estrés se les sometía a la realización de una tarea imposible en un periodo de tiempo corto, no se les dejaba concentrarse en la misión, la iluminación parpadeaba o se les comparaba de manera desfavorable respecto al resto de sujetos; para inducir el enfado se les enseñaba un juguete con una apariencia desagradable o se cambiaba la iluminación al color rojo; para inducir

la tristeza se les contaba una historia que evocaba simpatía con una voz lagrimsa, se ponía música de fondo triste o se cambiaba la iluminación al color azul.

- Clasificador: SVM.
- Precisión: 62%.

3. Eun-Hye Jang (2013).

- Dispositivo: Biopac MP150.
- Respuestas fisiológicas analizadas: ECG, EDA, PPG, SKT.
- Emociones: aburrimiento, dolor y sorpresa.
- Participantes del experimento: 217 estudiantes universitarios de entre 20 y 24 años compuestos por 97 hombres y 120 mujeres.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: el dolor fue inducido mediante el uso de un esfigmomómetro; el aburrimiento fue inducido mediante la escucha repetida de los números enteros comprendidos entre uno y diez y la sorpresa fue inducida mediante la reproducción de sonidos de relámpagos o de vasos rompiéndose durante la realización de tareas que requerían concentración.
- Clasificador: Análisis de discriminación lineal (LDA).
- Precisión: 75%.

4. Pramila Rani (2006).

- Dispositivo: Biopac (versión no especificada).
- Respuestas fisiológicas analizadas: BVP, ECG, EDA, EMG, ICG, PPG, SKT.
- Emociones: inmersión, ansiedad, aburrimiento, frustración e ira.
- Participantes del experimento: 15 personas entre 21 y 57 años compuesto por 7 hombres y 8 mujeres.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: seis sesiones distribuidas en seis días diferentes del mismo mes, teniendo una duración de una hora por sesión. En estas sesiones, se monitorizaba con un Biopac al usuario durante los 10 primeros minutos para medir la variabilidad fisiológica del usuario de ese día. Tras esto, se sometía al paciente a series de ejercicios de resolución de anagramas de 3 minutos, un cuestionario posterior sobre sus

percepciones emocionales durante el desarrollo de la tarea. Estas series también incluían jugar al videojuego Pong durante 4 minutos seguido de un cuestionario de las mismas características.

- Clasificador: SVM.
- Precisión: 86%.

5. Andreas Haag (2004).

- Dispositivo: Procomp+.
- Respuestas fisiológicas analizadas: BVP, ECG, EDA, EMG, RESP, SKT.
- Emociones: todas, a través de la medición de la activación y la valencia.
- Participantes del experimento: no especificado.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: se indujeron las emociones mediante la muestra de imágenes del catálogo de Sistema internacional de fotografías afectivas ([IAPS](#)).
- Clasificador: Redes de neuronas artificiales ([RNA](#)).
- Precisión: 90-96%.

6. Jerritta Selvaraj (2013).

- Dispositivo: Power Lab data Acquisition System.
- Respuestas fisiológicas analizadas: BVP, ECG, EMG, RESP, SKT.
- Emociones: neutral, feliz, triste, miedo, sorpresa, asco.
- Participantes del experimento: 60 sujetos de entre 9 a 68 años compuesto por 30 mujeres y 30 hombres.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: visionado de vídeos con contenido emocional.
- Clasificador: Método difuso de los k vecinos más cercanos ([FKNN](#)).
- Precisión: 76%.

7. Pedro Nogueira (2013).

- Dispositivo: NeXus-10 MKII.
- Respuestas fisiológicas analizadas: EDA, EMG, HR.
- Emociones: todas, a través de la medición de la activación y la valencia.

- Participantes del experimento: 22 participantes de entre 22 a 31 años.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: sesiones de 2 horas en las que se inducían emociones a los participantes en tres fases bien diferenciadas: en la primera, se reproducía música clásica, en la segunda, la persona jugaba a un juego de miedo llamado Slenderman y en la tercera, el participante era expuesto a imágenes de la IAPS. En la primera y la segunda fase, se pedía al participante que autoreportasen su arousal y valencia en una escala de Likert de -5 a 5 en intervalos de 0.5. En el caso de Slenderman, estos valores se obtuvieron de la grabación y posterior análisis del paciente así como de una entrevista personal una vez finalizada la partida del juego.
- Clasificador: modelos de regresión y RF.
- Precisión: 91% - 96%.

8. Choubeila Maaoui (2010).

- Dispositivo: Procomp Infinity.
- Respuestas fisiológicas analizadas: BVP, EDA, EMG, RESP, SKT.
- Emociones: diversión, desprecio, disgusto, miedo, neutral y tristeza.
- Participantes del experimento: 10 sujetos de entre 23 y 30 años compuestos por 7 hombres y 3 mujeres.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: se inducieron las emociones mediante la muestra de imágenes del catálogo de IAPS.
- Clasificador: SVM.
- Precisión: 95%.

9. Eun-Hye Jang (2015).

- Dispositivo: Biopac MP150.
- Respuestas fisiológicas analizadas: EDA, ECG, PPG, SKT.
- Emociones: aburrimiento, dolor y sorpresa.
- Participantes del experimento: 217 sujetos de en torno a 20 años compuestos por 97 hombres y 120 mujeres.

- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: el dolor fue inducido mediante el uso de un esfigmomamómetro; el aburrimiento fue inducido mediante la escucha repetida de los números enteros comprendidos entre uno y diez y la sorpresa fue inducida mediante la reproducción de sonidos de relámpagos o de vasos rompiéndose durante la realización de tareas que requerían concentración.
- Clasificador: Análisis de la función discriminante (DFA).
- Precisión: 85%.

10. Christine Lisetti (2004).

- Dispositivo: BodyMedia SenseWear Armband.
- Respuestas fisiológicas analizadas: ECG, EDA, SKT.
- Emociones: tristeza, miedo, sorpresa, frustración y diversión.
- Participantes del experimento: 14 sujetos de entre 18 a 35 años compuestos por 7 hombres y 7 mujeres.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: visionado de vídeos con contenido emocional.
- Clasificador: Propagación hacia atrás de Marquardt (MBP).
- Precisión: 84%.

11. Thomas Friedrichs (2015).

- Dispositivo: Olimex Shield-EKC-EMG.
- Respuestas fisiológicas analizadas: ECG, EDA.
- Emociones: valencia para emociones englobadas como positivas o negativas.
- Participantes del experimento: 47 estudiantes universitarios compuestos por 26 hombres y 21 mujeres.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: juego en el ordenador al videojuego Dino Run.
- Clasificador: SVM.
- Precisión: 70%.

12. Gaetano Valenza (2014).

- Dispositivo: ECG100C.

- Respuestas fisiológicas analizadas: ECG.
- Emociones: activación y valencia.
- Participantes del experimento: 30 sujetos de entre 21 y 24 años.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: se inducieron las emociones mediante la muestra de imágenes del catálogo de IAPS.
- Clasificador: SVM.
- Precisión: 80%.

13. Fatma Nasoz (2004).

- Dispositivo: BodyMedia SenseWear Armband.
- Respuestas fisiológicas analizadas: ECG, EDA, SKT.
- Emociones: tristeza, ira, miedo, sorpresa, frustración y diversión.
- Participantes del experimento: 14 personas de entre 18 a 35 años compuestos por 7 hombres y 7 mujeres.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: todos los sujetos son sometidos a la visualización de 14 vídeos extraídos de películas. De estos, 4 pretendían provocar ira, 4 diversión, 1 disgusto, 5 miedo y 4 sorpresa. Entre cada visualización de los vídeos, debían rellenar un cuestionario indicando qué emoción habían sentido. Estos resultados son luego cruzados con los obtenidos mediante el dispositivo de BodyMedia.
- Clasificador: Modelos de negocio multinivel (MBA).
- Precisión: 84%.

14. Guillaume Chanel (2011).

- Dispositivo: Biosemi Active 2.
- Respuestas fisiológicas analizadas: BVP, EDA, RESP, SKT.
- Emociones: aburrimiento, compromiso (con un juego), ansiedad.
- Participantes del experimento: 20 sujetos con una edad media de 27 años, compuestos por 13 hombres y 7 mujeres.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: los participantes tenían que jugar al Tetris en distintos niveles de dificultad en sesiones de 5 minutos, con un descanso de 90 segundos entre las sesiones para que las constantes fisiológicas volviesen al

estado de reposo, momento en el que se les pedía que reportasen cómo se habían sentido cuando estaban jugando al videojuego.

- Clasificador: Análisis discriminativo cuadrático (QDA) y Selección secuencial flotante hacia adelante (SFFS).
- Precisión: 59%.

15. Luis Hernández (2016).

- Dispositivo: Empática E4.
- Respuestas fisiológicas analizadas: BVP, EDA, HR, SKT.
- Emociones: valencia y excitación.
- Participantes del experimento: 8 sujetos de entre 24 y 30 años compuestos por 5 hombres y 3 mujeres.
- Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: juego en una tableta electrónica al videojuego Dizzy Route.
- Clasificador: SVM y QDA.
- Precisión: 77-79%.

Tras analizar las soluciones presentadas, se puede ver que los dispositivos más usados son los de Biopac en distintas versiones. Biopac es una empresa especializada en la sensorización fisiológica con un amplio catálogo de productos que pueden ser combinados entre sí. Todos ellos cuentan con bastante documentación del fabricante, aunque tiene la contrapartida de no tener habilitado un foro que permita la comunicación abierta entre la comunidad y los fabricantes, facilitando esto el aprendizaje colectivo. Por otro lado, un punto a considerar de estas soluciones es que muchas de ellas son de un precio superior a los 500 dólares, que es un precio muy superior a los 70-150€ que pueden costar algunas pulseras inteligentes con sensores biométricos. Además en muchos casos el único dispositivo adicional que requieren las pulseras inteligentes con un teléfono móvil con conexión a Internet para hacer de *gateway*, lo que hace que las pulseras inteligentes sean una solución más accesible y asequible que las soluciones que propone Biopac. Las dos respuestas fisiológicas que aparecen con mayor frecuencia son ECG y EDA, que además, tal y como se comentó en la sección 3.1.5 coinciden con dos respuestas fisiológicas que se pueden utilizar para detectar la ira. Por otro lado, se puede ver que la gran mayoría de constantes fisiológicas coinciden entre los distintos experimentos, a excepción de alguna como ICG y PPG. En cuanto a la medición de las emociones, todas ellas miden al menos tres de ellas, existiendo una preponderancia

de soluciones que miden todas ellas a través de la valencia y la excitación. Con el fin de generarles estas emociones, los participantes han realizado tareas bastante diversas con el factor común entre ellas de que ninguno de estos experimentos ha incluido estudios de campo o ejercicio físico. Los dos enfoques mayoritarios han consistido en la inducción de emociones mediante distintos medios audiovisuales (por ejemplo, con música de distintos tipos o vídeos) o mediante la realización de tareas como puede ser jugar a videojuegos o resolver tareas con las que se pretenda generar estrés en el paciente.

Entre los clasificadores utilizados, se puede observar un claro predominio de SVM, bien como clasificador único, bien como parte de una cadena de clasificadores, como puede ser QDA o RNA. La precisión que se obtiene con este clasificador varía entre las soluciones entre el 62 y el 95%. En la comparativa entre las soluciones que intentan medir un conjunto concreto de emociones frente a aquellas soluciones que pretenden medir todas ellas mediante la valencia, se puede observar que no existen diferencias significativas en las precisiones alcanzadas. Por otro lado, la precisión conseguida en cada una de estas pruebas debe ser analizada con cautela, pues entre ellas hay una gran variación entre las tareas a realizar durante el experimento, la medición objetivo y los métodos de evaluación, por lo que sería incorrecto evaluar de manera aislada cada una de las variables de los distintos experimentos, al no permanecer constantes el resto de ellas. Por ejemplo, la precisión alcanzada en cualquiera de estos experimentos puede variar entre aquellos que intentan inducir una emoción al paciente y contrastan esta (que se establece como variable fija) con la emoción detectada en el experimento con aquellos casos que esta evaluación se realiza respecto a una escala de Likert rellena por el paciente, pues no existe una correspondencia perfecta entre la autopercepción de una emoción pasada que aquella que se experimentó en aquel momento.

3.2 DISEÑO ORIENTADO AL USUARIO

El diseño centrado en el usuario hace referencia al enfoque de diseño multidisciplinar basado en involucrar de manera activa al usuario en el proceso de diseño y/o evaluación de un producto para tener un conocimiento claro sobre los requisitos funcionales y no funcionales que debe tener la solución final. Este enfoque se considera que es fundamental para que el producto sea útil y usable (Mao et al., 2001).

Este término se popularizó tras la publicación del libro *User-Centered System Design: New Perspectives on Human Computer Interaction* (1986). Más tarde, Norman desarrolló siete principios fundamentales del trabajo de diseño para facilitar dicho trabajo (Norman, 2013):

1. Hacer uso del conocimiento previo que tenga el usuario. Por ejemplo, en un contexto de uso extensivo de teléfonos inteligentes, el triángulo cónico que se suele usar para indicar la señal del WiFi puede usarse en una aplicación para este mismo fin sin necesidad de complementarlo con frases que refuercen su explicación.
2. Simplificar la estructura de las tareas para no saturar ni la memoria a corto plazo ni la memoria a largo plazo del usuario.
3. La implementación debe de ser intuitiva partiendo de un vistazo rápido a la misma. Es decir, a partir de únicamente la visualización de la interfaz, el usuario debe de poder deducir la funcionalidad de cada elemento.
4. Debe de haber un correcto mapeo entre las funcionalidades y los objetos. Un ejemplo de mapeo ineficiente sería el de una serie de varios interruptores de luces en el que antes de pulsarlos el usuario no supiese qué bombilla se encenderá a continuación.
5. Convertir las limitaciones en ventajas para que el usuario tenga la sensación de que solo hay un camino que pueda tomar.
6. Los errores en las aplicaciones deben estar contemplados. Esto implica por ejemplo, que en una página web, se diseñen páginas o notificaciones para errores comunes como el error de HTML 404 o 500 para que así la aplicación transmita mayor sensación de robustez.
7. Cuando todo lo anterior falle: estandarizar la solución. Así, en las fases incipientes de una nueva tecnología, puede darse el caso de que algunos elementos sean desconocidos para el usuario (como sucedió con la aparición de los primeros teléfonos inteligentes). En este caso, a través de la estandarización de los nuevos elementos, estos por hábito acabarán siéndole familiar al usuario.

En la tabla 3, se pueden encontrar las principales diferencias entre el diseño orientado al usuario y los enfoques tradicionales. Como se puede comprobar, en el enfoque tradicional, prevalece el enfoque centrado en la tecnología a la que el usuario se tiene que adaptar mientras que en el diseño orientado al

Tabla 3: Comparativa entre el enfoque tradicional de diseño y el diseño orientado al usuario

Enfoque tradicional	Diseño orientado al usuario
La tecnología establece el diseño	El usuario establece el diseño
Está centrado en los componentes tecnológicos	Está centrado en las soluciones tecnológicas
Cooperación multidisciplinaria limitada	Trabajo en equipo multidisciplinario
No hay especialización en la experiencia de usuario	Especialización en la experiencia de usuario
El desarrollo se realiza antes de la validación del usuario	El desarrollo no se realiza hasta la validación del usuario
Se centra en los clientes actuales	Se centra tanto en los clientes actuales como en los futuros clientes

usuario se pretende lo contrario: a partir de las necesidades del usuario, se buscan las tecnologías que mejor puedan suplir sus necesidades.

En cuanto a las formas de involucrar a los usuarios en el proceso de diseño, Preece (2011) sugiere las siguientes opciones:

- Entrevistas sobre el entorno del usuario y cuestionarios: con este método se intentarían capturar las necesidades y expectativas de los usuarios. También se podría utilizar para la evaluación de la aplicación.
- Entrevistas sobre los flujos de trabajo y cuestionarios: en esta entrevista, se desea obtener información sobre las secuencias de acciones que tiene que realizar el usuario para realizar una tarea en la aplicación (por ejemplo, rellenar un formulario para registrar a un nuevo usuario, pulsar aceptar y validar el correo electrónico vinculado a dicho usuario).
- Grupos de discusión: en lugar de interpelar directamente al usuario final de manera directa, se reúne a un grupo variado de usuarios finales para que discutan entre ellos sobre distintos elementos de la aplicación final.

- Observación *in situ*: consiste en recoger información sobre el entorno en el que se va a utilizar la aplicación. Por ejemplo, si se observa que el usuario final va a utilizar una aplicación móvil en una fábrica muy ruidosa, cuando se necesite trasladar información de manera urgente al usuario que pueda tener el teléfono móvil en el bolsillo, puede que sea necesario incluir la vibración para avisarle de que debe revisar la información que se acaba de enviar a su dispositivo.
- Juegos de rol, tutoriales y simulaciones: este punto incluye la creación de prototipados o simplificaciones de la solución final con el objetivo de detectar en etapas tempranas del desarrollo los posibles fallos que pueda tener la aplicación final.
- Tests de usabilidad: en las etapas finales del desarrollo, se puede observar y grabar las acciones que realiza un paciente con la aplicación para detectar aquellos puntos en los que existan digresiones entre los resultados esperados por el usuario y los resultados reales o en los que el usuario no tenga claro las acciones que realiza cada elemento. Esto podría suceder por ejemplo si no se siguiesen los siete principios de Norman (1986) desarrollados anteriormente y se utilizasen iconos que no siguiesen los estándares del resto de la comunidad tecnológica.

Entre las distintas técnicas utilizadas para el diseño orientado al usuario, existe un predominio de métodos informales menos estructurados por encima de métodos formales más estructurados (Hudson, 2000). En otro estudio que incluía cien sujetos que utilizaban técnicas de usabilidad, el 39% de los encuestados incluyeron entre las técnicas más útiles los tests de usabilidad, seguido por el prototipado (19%) y la evaluación heurística (10%) (Gunther, Janis, and Butler, 2001).

Con todo ello, una conclusión que se puede sacar de este enfoque es que requiere de una mayor inversión temporal por parte de los desarrolladores pero, por otro lado, puede ayudar a mejorar la experiencia de usuario al relacionarse con la solución tecnológica.

3.3 INTERNET DE LAS COSAS

El concepto de Internet de las cosas (IOT) se puede definir como una infraestructura global que permite servicios avanzados a partir de una inter-

conexión física y virtual de las cosas basado en tecnologías de información interoperable (Group, 2012). Es importante recalcar el plural en lo que respecta a la tecnología: IOT no hace referencia a una tecnología concreta, sino más bien a un conglomerado de ellas que se presentan con una estructura que en su conjunto las define como tal.

Las diferentes arquitecturas de IOT que han propuesto los desarrolladores son las siguientes (Said and Masud, 2013; Stojmenovic and Wen, 2014):

- Arquitectura de tres capas: es la arquitectura más básica. Se compone de las siguientes capas:
 - Capa de percepción: es la capa física en la que se encuentran los sensores y actuadores que interactúan con el mundo físico.
 - Capa de comunicación: sirve para comunicar los distintos dispositivos de la capa de percepción entre sí y con la nube, en la que se pueden realizar cómputos más pesados y almacenar información de manera persistente.
 - Capa de aplicación: es la responsable de aportar al usuario servicios específicos.
- Arquitectura de cinco capas: es la arquitectura que deriva de la anterior. Se sustituye la capa de comunicación por las siguientes capas:
 - Capa de transporte: transfiere información entre la capa de percepción y la capa de procesamiento utilizando protocolos inalámbricos como 4G, RFID o NFC.
 - Capa de procesamiento o de middleware: analiza y almacena los datos provenientes de la capa de transporte.
 - Capa de negocio: gestiona el sistema IOT al completo, incluyendo las aplicaciones y la privacidad de los usuarios.
- Arquitectura cloudcéntrica: como su nombre indica, está centrada en la nube. De esta manera, es en la nube donde se almacena la información persistente y los nodos se comunican con la misma cuando necesitan realizar cómputos pesados. Su principal ventaja es su escalabilidad.
- Arquitectura de niebla: pone el énfasis en el nodo, aumentando el cómputo de los mismos respecto a la arquitectura cloudcéntrica, requiriendo por tanto de un hardware con mayores prestaciones y un mayor consumo

de electricidad en los nodos. Esta arquitectura añade cuatro nuevas capas entre la capa física y la capa de transporte:

- Capa de seguridad: se encarga de los protocolos criptográficos de comunicación, que debido a la capacidad de cómputo de los nodos, deben de requerir de poca potencia de cómputo.
 - Capa de almacenamiento temporal: permite el almacenamiento temporal en los nodos.
 - Capa de preprocesado: realiza el filtrado y las analíticas de los datos sensorizados.
 - Capa de monitorización: monitoriza el consumo energético y los recursos.
- IOT social: en esta arquitectura los dispositivos se comunican entre sí teniendo en cuenta el distinto grado de validez que cada elemento pondera al resto de elementos. Por ejemplo, en una instalación agointeligente, se pueden instalar una serie de dispositivos IOT con mayor grado de precisión que los dispositivos aledaños, al que se le daría un mayor puntuación en esta arquitectura en caso de discordancia severa entre las mediciones de ambos sensores.

Algunas de las soluciones para los que se utiliza y se puede utilizar IOT son las siguientes (Atzori, Iera, and Morabito, 2010):

- Transportes, como el transporte mediante drones autodirigidos (Amazon, 2017), conducción asistida o monitorización de parámetros ambientales como la contaminación.
- Entornos inteligentes, que incluye el establecimiento de la temperatura óptima de una sala según el número de ocupantes, virtualización de imágenes que permitan amenizar la visita a un museo o entrenadores personales que interactúen directamente con las máquinas del gimnasio estableciendo los parámetros personalizados del ejercicio.
- En el dominio social, podría servir para reforzar la memoria del usuario en función de las emociones que experimente (por ejemplo, para recordar aquella información en la que el usuario estaba especialmente alegre o distraído) (Picard and Healey, 1997) o incluyendo agendas que automáticamente calendaricen nuevos eventos a medida que se vaya conociendo su fecha futura.

Algunos de los principales dilemas a los que hay que buscar solución en IOT son los siguientes:

- Estandarización: todavía no se ha conseguido estandarizar los protocolos de comunicación utilizados, lo que en algunos casos dificulta la integración de hardware de distintos proveedores que puede que hayan diseñado su correspondiente middleware orientándolo a distintos protocolos.
- Direccionamiento de los nodos: el protocolo de direccionamiento IPv4 que frecuentemente se usa a nivel de usuario deja de ser válido para soluciones IOT debido a la escalabilidad. Es decir, este protocolo no contiene todas las direcciones necesarias para identificar a los nodos en la red. Una de las opciones que se proponen es utilizar IPv6, que en lugar de contar con direcciones de 4 bytes, cuenta con direcciones de 16 bytes.
- Seguridad, privacidad y propiedad de los datos: las soluciones IOT por lo general son altamente vulnerables, dado que la baja potencia computacional de los nodos no permite la utilización de métodos criptográficos computacionalmente costosos. En lo que respecta a los ataques físicos, en casos en los que estos deben estar al aire libre como es el caso de los detectores de contaminación, estos tienen el riesgo de manipulación física, que además si dicho sensor recoge datos de manera continua, supone que el ataque físico no puede restringirse horariamente. Respecto a la privacidad y la propiedad de los datos, es importante ir más allá de la visión de los ataques cibernéticos a la tecnología y señalar el uso que puede dar la empresa en caso de ser propietaria de los datos que se almacenan en la nube. Algunas soluciones en cuanto a la privacidad de los usuarios son la anonimización de los mismos antes de ser guardados en la nube (por ejemplo, un sensor que utilice una cámara puede distorsionar la imagen antes de guardarla en la nube). En algunos casos, puede llegar incluso a que la propia instalación tenga servicios adicionales cuyo único fin sea la recolección de dichos datos por parte de la empresa propietaria de los mismos (Astor, 2017) que pueda llegar a vender a otras empresas (Venkataramanan, 2014).

3.3.1 Accesorios inteligentes

Los accesorios inteligentes (también denominados *wearables*) son objetos que se usan cotidianamente que han sido informatizados para, en muchos

casos, convertirse en dispositivos IOT. Los más comunes son las pulseras y relojes que ofrecen al usuario información sobre su salud en función de determinados parámetros que la propia pulsera/reloj mide, o simplemente permitir otro modo de interacción tecnológica con acceso a internet.

Entre la amplia variedad de accesorios inteligentes, mientras en el ámbito laboral es bastante frecuente la presencia de aquellos que no requieren de sensores biométricos y tienen la función de registro de información (por ejemplo, para facilitar la firma de un cliente que acaba de comprar un producto), en el ámbito doméstico existe una preponderancia de accesorios inteligentes enfocados a la salud. En el caso de estos últimos, es más probable que lo compren personas que ya siguen hábitos saludables y que quieren cuantificar sus progresos (Bhas, 2013). A su vez, un estudio realizado en Inglaterra mostraba que un tercio de los practicantes de medicina reportaban que los pacientes acudían a su consulta con sugerencias basadas en búsquedas en internet (Insight, 2014). En lo que respecta a los accesorios inteligentes, un 15% de los consumidores de Estados Unidos actualmente hace uso de ellos (Piwek et al., 2016). Por tanto, es importante tener en cuenta que actualmente hay un apoyo importante por parte del usuario en medios tecnológicos a la hora de cuidar de su salud.

Sin embargo, a largo plazo los accesorios inteligentes dejan de ser utilizados por sus usuarios. Un estudio obtenía que el 32% de los usuarios dejaban de utilizar los accesorios inteligentes después de 6 meses, y el 50% después de un año (Ledger and McCaffrey, 2014). Esto se puede deber a que dicha compra se produzca por fetiche y dichos accesorios inteligentes sean una solución en búsqueda de un problema (Piwek et al., 2016). A su vez, la personalidad del usuario y su percepción de la utilidad del accesorio inteligente influye notablemente en el alargamiento o acortamiento del uso que haga de estos accesorios inteligentes (Ehrenberg et al., 2008).

Por otro lado, como se ha comentado anteriormente existe una relación entre la salud y las reacciones fisiológicas que además pueden ser medidos con estos accesorios inteligentes. Estos pueden por tanto servir para estudios longitudinales de una persona en la que se quieran obtener datos reales de la misma fuera de un entorno experimental, necesitando por tanto de accesorios inteligentes no intrusivos (Poh, Swenson, and Picard, 2010) como puede ser una pulsera electrónica.

A su vez, a través de la gamificación se pueden lograr hábitos más saludables (Lister et al., 2014). Sin embargo, sin una regulación de las distintas tecnologías que intentan mejorar la salud de una persona, puede suceder que una persona esté confiando su salud en tecnología con demasiado margen de error o que directamente incluya información falsa. Así, al validar este tipo de aplicaciones se han llegado a encontrar márgenes de error de hasta el 25% (Case et al., 2015; Nam et al., 2015). Una posible solución a este problema sería crear un marco regulatorio que supervisase dichas aplicaciones e incluyese un sello visible para el usuario que validase dicha tecnología (Piwek et al., 2016). Esto no pararía la innovación tecnológica, sino que más bien le daría una información adicional al usuario a partir de la cual poder tomar decisiones más conscientes de las tecnologías de las que está haciendo uso.

En el caso de los accesorios inteligentes médicos centrados en la fisiología de las emociones es especialmente importante que dicha tecnología no sea intrusiva y sea cómoda para que así no se estigmatice al usuario y esta no interfiera en su desarrollo vital. De otra forma, estas tecnologías pueden ser contraproductivas e interferir en las emociones naturales del usuario (Chen et al., 2015). Por otro lado, la principal contrapartida de utilizar tecnologías no intrusivas reside en el hecho de que esta restricción impide la medición de algunas variables fisiológicas.

Los accesorios inteligentes que discretizan los sentimientos son especialmente útiles en el tratamiento de niños con TEA, ya que son particularmente vulnerables a la ansiedad y la intolerancia con los sentimientos de frustración, información que puede ser útil tanto a la persona que está tratando con ese niño que según esta información puede ajustar su nivel de dificultad (Ernsperger, 2002) o incluso se podría adherir a tecnologías de rehabilitación como NaoTherapist (Pulido et al., 2017) que actualmente evalúan el seguimiento de la terapia motora del niño únicamente mediante información visual y motora, que podría por tanto ser completada con el estado de ánimo del niño con TEA.

Como se ha mencionado repetidamente, a la hora de realizar mediciones fisiológicas fuera del laboratorio durante largos periodos de tiempo, es necesario que los dispositivos de medición no estigmaticen al sujeto y sean lo menos intrusivos posibles. En esta línea, al preguntar a sujetos que realizaron mediciones durante periodos superiores a 24 horas con muñequeras inteligentes

sobre la localización óptima del dispositivo de medición, estos mencionaron que la posición óptima era la muñeca, los dedos o el pecho, siendo los dispositivos buscados relojes, anillos, parches o joyería. Respecto a la duración de la batería, establecieron como duración óptima de la misma entre 3 y 7 días, así como un precio de dichos dispositivos de entre 100 y 200 euros (Koskimäki et al., 2017).

En las figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se encuentran una serie de fotografías de soluciones consideradas accesorios inteligentes por sus propios autores. Las imágenes 5, 6, 7 y 8 se corresponden a un estudio de Picard (1997) en el que se filmaba lo que veía el paciente y en caso de que se detectara la emoción de sorpresa, se guardaba la imagen del momento en el que se había producido dicha emoción. La imagen 9 fue utilizada en un estudio de Peter (2005) en el que se configura un sistema de medición de emociones a partir de su fisiología pudiendo estas ser medidas fuera del laboratorio dado el diseño de los dispositivos usados. Finalmente, las imágenes 10, 11 y 12 se corresponden a soluciones actuales (2018) que están diseñadas para ser utilizadas de manera continua durante el día y que no han sido diseñadas *ad-hoc* para un experimento concreto, sino que se ha intentado proporcionar soluciones para múltiples escenarios en las que incluso no sea necesaria la asistencia de investigadores. En el caso de las figuras 6 y 8 es evidente que dichas soluciones son intrusivas e interfieren con el desarrollo vital de la persona por su tamaño y visibilidad. En el caso de la imagen 5, se cuenta con una solución no intrusiva, sin embargo su sensorización se limita a la presión de la sangre, además de que por motivos culturales su uso se encuentra limitado, pues no todas las personas utilizan pendientes. Respecto a la imagen 7, su principal problema es que es una solución *ad-hoc* para un tipo concreto de calzado, ya que requiere de la modificación del mismo en lugar de insertar un dispositivo que se adhiriera al calzado sin modificarlo de manera permanentemente. Por último, las soluciones 10, 11 y 12 se considera que no estigmatizan al sujeto puesto que debido a la proliferación de pulseras inteligentes con fines recreativos o deportivos, estos podrían pasar por alguna de estas soluciones.

3.3.1.1 Pulseras inteligentes

Actualmente existe una gran cantidad de pulseras inteligentes enfocadas a personas que quieran mejorar su rendimiento deportivo así como diversos estudios que comparan su fiabilidad (Sushames et al., 2016) (Baroni et al., 2015) (Kooiman et al., 2015). En esta sección se ha optado sin embargo por no saturar



Figura 5: Pendiente que mide la presión de la sangre

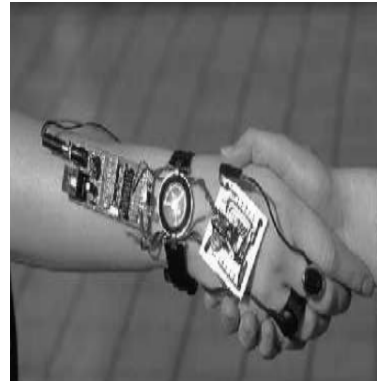


Figura 6: Sensores y placa ajustados al brazo de una persona

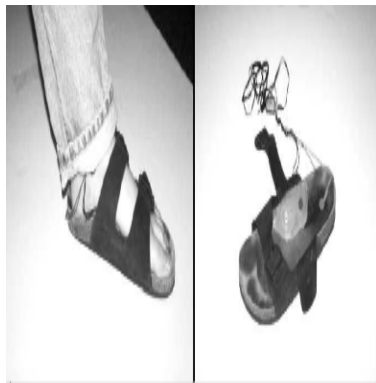


Figura 7: Zapato utilizado para medir la conductancia de la piel



Figura 8: Cámara digital, ordenador *wearable* y sensores de la conductancia de la piel



Figura 9: Muñequera que mide la actividad electrodérmica de la piel



Figura 10: Wristband de Empatica E4 que mide numerosas señales fisiológicas

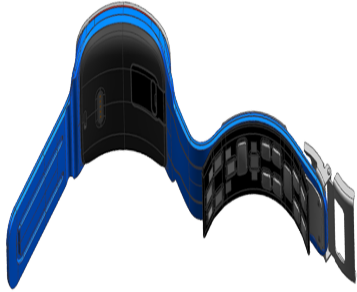


Figura 11: Samsung Simband que mide numerosas señales fisiológicas



Figura 12: Jawbone UP 24 que se utiliza para mejorar el rendimiento deportivo



Figura 13: Pulsera Hexiwear que mide numerosas señales fisiológicas



Figura 14: Anillo de Moodmetric que se utiliza para medir el nivel de estrés

los ejemplos de las pulseras inteligentes de este último tipo puesto que es un enfoque que se aleja bastante del desarrollo de este trabajo. A continuación, se van a describir las características principales de una serie de pulseras inteligentes que sirven para medir distintas variables fisiológicas:

- Fitbit Flex (2015).
 - Señales sensorizadas: ACC, HR.
 - Objetivo: monitorización del sueño y de la actividad física.
 - Fiabilidad: en un estudio que medía la monitorización del sueño con 107 sujetos realizada a lo largo de 7 días, el 86% de los dispositivos no reconoció el sueño en 4 de estos 7 días y el 35% de los dispositivos fue incapaz de reconocer el sueño en los 7 días del experimento (Baroni et al., 2015). Otro estudio que medía la fiabilidad del contador del pasos con 48 muestras constataba que su validez es moderada, pues llegaba a tener márgenes de error en el conteo de pasos de en torno al 20% (Sushames et al., 2016). Sin embargo, en una versión posterior llamada Fitbit Zip, esta pulsera fue la que obtuvo el menor margen de error entre otras 9 pulseras inteligentes en lo que respecta al conteo de pasos (Kooiman et al., 2015).
 - Precio: actualmente está descatalogado. En el 2015 su precio era de 81€. Sus versiones posteriores cuestan en su tienda oficial entre 60 y 200€.
- Jawbone UP 24 (2014).
 - Señales sensorizadas: no especificadas en su documentación. A través de su API no es posible acceder a los datos sensorizados. Únicamente se pueden obtener datos procesados como los momentos en los que el usuario ha estado durmiendo.
 - Objetivo: monitoreo de actividad física, del sueño y entrenador personal que aconseja al usuario para que tome decisiones saludables.
 - Fiabilidad: según Tudor-Locke, los monitores de actividad no deberían sobrepasar un error del 1% respecto a las mediciones del estándar de oro (en este caso respecto a las mediciones de pasos de Optogait2011 en el laboratorio) para una prueba de conteo de pasos en una cinta mecánica a 4.8km/h para ser considerados fiables (Tudor-Locke et al., 2011). Siguiendo este mismo estándar, Jawbone UP es fiable según el estudio de Kooiman (2015).

- Precio: 75€.
- Samsung Simband (2018).
 - Señales sensorizadas: ECG, PPG, ACC, ICG, EDA, SKT.
 - Objetivo: monitoreo de señales fisiológicas.
 - Fiabilidad: no se ha encontrado ningún estudio independiente que evalúe este producto.
 - Precio: actualmente (2018) es gratuita para los investigadores tras rellenar una solicitud. Sin embargo, estas no siempre son aceptadas.
- Empatica E4 (2014).
 - Señales sensorizadas: EDA, PPG, SKT, HR, ACC.
 - Objetivo: monitoreo de señales fisiológicas.
 - Fiabilidad: a partir de un experimento con 7 sujetos, se exportó las señales ECG y PPG tanto con esta pulsera como con el estándar de oro con el que se comparó su fiabilidad, SEER Light Extend Recorder de General Electric. Las señales obtenidas fueron luego evaluadas por expertos y estudiantes de biomedicina, que evaluaban si la señal que observaban era real o no. El resultado obtenido fue que en el 85% de los casos, ambos aparatos devolvieron datos con calidad similar, obteniendo datos de mejor calidad con el sensor de General Electric en un 5% de los casos (McCarthy et al., 2016).
 - Precio: 1372€.
- Dispositivo: MoodMetric (2015).
 - Señales sensorizadas: EDA.
 - Objetivo: monitoreo de señales fisiológicas.
 - Fiabilidad: en un estudio del instituto finés de ocupación para la salud con 24 voluntarios de entre 19 a 31 años se compararon las señales sensorizadas de EDA del prototipo de este anillo con un aparato de laboratorio para medir esa misma señal fisiológica, SA9309M. El resultado obtenido fue de una similaridad de la señal entre ambos dispositivos en un 83 y 16,4% de los casos, concluyendo que dicho prototipo *es un dispositivo prometedor para estudios ecológicamente válidos* (Torniainen et al., 2015).
 - Precio: 1.372€.

3.3.1.2 *Comparativa de pulseras inteligentes*

En la tabla 4 se muestra una comparativa de los accesorios inteligentes citados en la sección anterior en base a la caracterización fisiológica de la ira descrita en la sección 3.1.5.1. Como se puede ver en la tabla 4, se han descartado cinco de las trece características de la ira puesto que estas no se pueden medir con pulseras o anillos inteligentes al hacer referencia a variaciones de partes del cuerpo que no incluyen a los dedos de las manos o las muñecas (es el caso de la temperatura periférica facial) o ser referencias a sensaciones subjetivas que no se pueden discretizar de manera directa mediante pulseras o anillos inteligentes (es el caso de la sensación de desmayo, los sudores fríos, dolor de estómago y náuseas).

Como se puede ver en la tabla 4, los dos accesorios inteligentes que miden más señales fisiológicas de la ira son Samsung Simband y Empatica E4. Existen otra serie de elementos que pueden ayudar a seleccionar la mejor de las opciones entre ambas, como puede ser el precio, el tamaño y actividad de las comunidades de desarrolladores que utilizan estos productos o la versatilidad de sus Kit de desarrollo de software (SDK). Finalmente se usó el anillo de Moodmetric ya que contaba con su propia SDK y era mucho más económica que la pulsera de Empática. Para paliar el hecho de que Moodmetric no cuenta con una medición de la tasa cardíaca, se añadió a la solución el uso de la pulsera Hexiwear para medir el ritmo cardíaco.

Respecto a las otras opciones comparadas, Jawbone UP 24 no está diseñada para ser utilizada por investigadores pues ni siquiera provee la caracterización de los sensores utilizados (de ahí que no haya sido posible cumplimentar la tabla para este accesorio inteligente). Fitbit Flex puede sensorizar la tasa cardíaca y los temblores a partir de su acelerómetro. Este accesorio, sin embargo, incluso en el caso de que pudiese sensorizar más información que el resto de accesorios debería ser descartada por sus grandes fallas de medición, tal y como se comentó en la sección 3.3.1.1. Por último, el anillo de Moodmetric tiene el problema de ser excesivamente limitado, pues sólo es capaz de medir la actividad electrodérmica de la piel.

En aquellos dispositivos que están destinados para uso comercial, como es el caso de las pulseras Fitbit y Jawbone, existe una gran variedad de pulseras con funciones muy similares que únicamente se diferencian por el software destinado a los usuario (por ejemplo, los programas que incluyen para contar

pasos o las calorías quemadas), el diseño y en mayor o menor capacidad de batería, pero en lo que respecta al conjunto de sensores que incluyen y su fiabilidad, es muy similar entre sí. Así, cuando inicialmente se comenzó con este trabajo, una de las pulseras de referencia de Fitbit era Fitbit Flex, mientras que cuando se acercaba la fecha de la entrega del trabajo, otras nuevas pulseras de la marca han ocupado su puesto, como Fitbit Charge 3 y Fitbit Inspire. Estas dos pulseras no están incluidas en la comparativa porque en lo que respecta a la comparativa de sensores y fiabilidad que se han hecho, sus resultados en la praxis son equivalentes a los de la pulsera Fitbit Flex, por lo que incluirlos en la comparativa sería una duplicidad innecesaria.

3.4 CÓDIGO DEONTOLÓGICO

Puesto que en este proyecto se va a realizar una evaluación con seres humanos, es necesario conocer el código deontológico utilizado en psicología con el fin de evitar malas prácticas. Para este proyecto, se ha seguido el código deontológico utilizado por el Consejo General de Colegios Oficiales de Psicólogos de España en su versión aprobada el 6 de marzo de 2010 (a pesar de realizar este trabajo como informático y por tanto no estar regido por dicho código deontológico, se considera imprescindible asumir de propia iniciativa dicho código deontológico). Los principales postulados que afectan directamente a la investigación de este proyecto son los siguientes:

- Finalidad humana y social de la psicología.
- Respeto a la persona y protección de los derechos humanos.
- No realización de prácticas que atenten contra la libertad e integridad psíquica y física de las personas.
- Utilización cautelosa del lenguaje con el fin de evitar etiquetas devaluadoras y discriminatorias.
- Asegurar la libertad de los sujetos a la hora de formar parte del experimento.
- Respeto de la intimidad de los sujetos conjugada a través de la no divulgación de los datos obtenidos sin que estos hayan sido previamente anonimizados.

HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS

En este capítulo, se van a explicar las distintas opciones tecnológicas que se han barajado a la hora de realizar este trabajo hasta llegar a la solución final. Las decisiones clave han sido el tipo de base de datos para guardar los registros generados durante las interacciones entre dispositivos (sección 4.1), la elección de protocolos de comunicación de los datos (sección 4.2), y los protocolos de ciberseguridad (sección 4.3).

4.1 BASES DE DATOS

Las bases de datos son conjuntos de información almacenadas con un determinado orden para facilitar su manipulación. Los dos tipos principales de bases de datos son:

- Bases de datos relacionales: aquellas que siguen el modelo de la lógica de predicados y se utilizan generalmente para almacenar lo que se denominan datos *clásicos*. Es decir, se suelen usar cuando se espera que el resultado de una consulta sea una tupla de valores con la forma exacta con la que se han solicitado, eliminando así la incertidumbre respecto a la definición de las columnas de los elementos que se encuentran en la base de datos (Jiménez et al., 2016). Estas bases de datos a su vez deben de tener definidas al menos las reglas de inserción, actualización y eliminación de datos (Codd, 1979). La principal desventaja de las bases de datos relacionales es su baja escalabilidad debido a que fueron diseñadas para alojar los datos en un único servidor con el fin de garantizar la integridad del mapeado de las tablas así como evitar los problemas de la computación distribuida, como podría ser en este caso la modificación de un dato replicado en varios servidores. A esto se le añade la dificultad para lidiar con datos que no tengan una estructura previamente conocida y/o fuertemente tipificada. Por otro lado, existe una gran comunidad de desarrolladores utilizando bases de datos relacionales como SQL lo que facilita su implementación. Estas bases de datos pueden ser muy útiles, por ejemplo, para almacenar los datos de registro de usuarios en una

página web en la que existen una serie de campos estándar que se pretenden mantener sin grandes modificaciones a lo largo del tiempo.

- Bases de datos no relacionales: se basan en una mayor flexibilidad a la hora de almacenar datos con atributos y contenido dispar, pudiendo añadir nuevos atributos sin tener que modificar el contenido de otros registros. Estas bases de datos suelen facilitar la escalabilidad horizontal así como la posibilidad de replicar y distribuir los datos entre los distintos servidores, al poderse particionar los datos por patrones. Un ejemplo de caso de uso de este tipo de bases de datos es el almacenamiento de sensorizaciones de una instalación en la que pueda haber un número indeterminado de tipos de datos que puedan llegar en cada momento, así como que estos, dependiendo de la marca de los dispositivos instalados, puedan estar etiquetados de distinta manera. Entre las bases de datos no relaciones o no-sql podemos encontrar los siguientes tipos (Amazon, 2018):

- Clave-valor: son altamente divisibles y permiten un gran escalado horizontal. Algunos de sus casos de uso son los videojuegos, la tecnología publicitaria o IOT. Algunos ejemplos de estas bases de datos son Redis y Cassandra.
- Documento: es un modelo que no se basa en filas y columnas desnormalizadas, sino que los datos se presentan en formatos como JSON. Algunos ejemplos de estas bases de datos son MongoDB y CouchDB.
- Gráficas: son principalmente usadas en aplicaciones que trabajan con conjuntos de datos fuertemente conectados, como es el caso de los datos relacionados con las redes sociales, motores de recomendaciones y gráficos de conocimiento. Entre este tipo de base de datos se encuentran Neo4j y OrientDB.

En el caso de las bases de datos no relaciones, la diferencia entre las distintas soluciones tecnológicas es bastante significativa. Algunos de los factores a tener en cuenta a la hora de decantarse por algunas de estas tecnologías son:

1. La bases de datos pueden tener licencias tanto privativas como de software libre. Si se elige una solución de software libre no habrá limitaciones en el conocimiento que se puede tener sobre la tecnología en cuestión.

2. La interacción con la base de datos. Esta facilidad es subjetiva y no es el propósito de este trabajo buscar métodos que estandaricen dicha medición entre distintos perfiles de programadores. Por tanto, este punto debe ser considerado en función del equipo que vaya a trabajar con la base de datos elegida.
3. Fácil interacción en el medio tecnológico en el que se vaya a interactuar con la base de datos (un ordenador, un Arduino, un móvil, etc).
4. Debe poseer una comunidad de desarrolladores que facilite la resolución de dudas. Esto puede verse reflejado principalmente en los índices de popularidad de los lenguajes en foros de programación como Stackoverflow.
5. Debe disponer de una versión estable.
6. Persistencia de la base de datos. Si se quieren guardar los datos históricos de una aplicación, será necesario que esta base de datos sea persistente.

Teniendo como referencia la facilidad del programador de este proyecto con las distintas bases de datos (punto 2), las opciones que se barajan son Cassandra, MongoDB y Couchbase. Estas soluciones tecnológicas son todas ellas de software libre (punto 1), con una fácil interacción en Python y Java (punto 3), que son los dos lenguajes de programación que se barajan en este proyecto y todos ellos llevan por lo menos siete años siendo públicos, por lo que se considera que cumplen también el punto 5.

En el caso de Cassandra, a pesar de encontrarse entre las quince bases de datos más utilizadas según la encuesta de Stackoverflow de 2018 (Stackoverflow, 2018), ni siquiera en la propia documentación de las páginas oficiales de estos lenguajes se explica cómo interactuar con Android. Por otro lado, Couchbase y MongoDB cuentan con documentación para Android en sus respectivas páginas oficiales así como proyectos de ejemplo en los que queda bastante claro la manera de interactuar con las bases de datos. En el caso de Couchbase, esta cuenta con un sistema de consultas de datos llamado N1QL que intenta servir como puente entre

el formato de consultas con sintaxis más farragosas como las de Mongo y las sentencias de bases de dato SQL.

Por último, tanto MongoDB como Couchbase cuentan con contenedores Docker ya configurados así como tutoriales que facilitan su puesta en marcha y modificación. Ambas cuentan con una comunidad activa de desarrolladores, pero MongoDB actualmente (2019) es una tecnología bastante más popular que Couchbase.

En este trabajo, **se ha decidido usar MongoDB para almacenar la información del servidor** ya que es una base de datos con una sintaxis sencilla, con librería específica en Python, es ideal para soluciones distribuidas y es una base de datos no relacional, lo que facilitará el almacenamiento de datos con estructuras variables. Estas características se ajustan a posibles actualizaciones futuras de las estructuras de la base de datos sin tener que migrar todos los registros que ya están almacenados. Por ejemplo, si se permitiese en el futuro que el paciente pudiese subir una fotografía para identificarse, el token identificador de esta fotografía se podría añadir para los nuevos pacientes en la misma colección que la del resto de registros de pacientes antiguos sin fotografías. Por último, el flujo de datos de episodios puede ser muy elevado a largo plazo, por lo que una solución distribuida como es el caso de MongoDB facilitará la escalabilidad de la base de datos.

Por otro lado, a la hora de elegir el sistema de bases de datos para la aplicación Android, existe un abanico mucho más acotado de opciones. Existen alternativas no relacionales para Android como Couchbase o WaspDB, aunque en esta categoría sin duda destaca la solución tecnológica de Google, Firebase. Con este tipo de base de datos se cuenta con un poco de experiencia en proyectos previos, en donde se veía que no encajaría del todo para este proyecto puesto que está más enfocado en el streaming de datos así como en el uso de los servidores de Google para dicha gestión, lo que restringe la posibilidad de poder tener los datos en un servidor propio sobre el que se tenga el completo control.

Dadas estas circunstancias, se decidió usar SQLite como base de datos local para la aplicación Android, que es un estándar en el desarrollo de aplicaciones móviles. Como complemento, Android cuenta con un tipo de base de datos con formato clave-valor llamado *sharepreferences*. Este tipo de base de datos es

útil cuando las consultas y operaciones que se quiere realizar sobre los datos son sencillas. Así, **se ha decidido usar SQLite para almacenar información compleja** como las pautas y los episodios de ira **y sharepreferences para información con menor nivel de complejidad**, como almacenar el último nivel de ira o los segundos que lleva un usuario desde su último episodio de ira.

4.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Los datos sensorizados por la pulsera electrónica deben de ser enviados periódicamente al servidor para poder ser analizados por el terapeuta. Estos datos son alfanuméricos y no es necesario disponer de ellos en el servidor tan pronto como sean generados, puesto que cuando van a ser revisados por el terapeuta es antes de la consulta para preparar la terapia y durante la misma para ratificar la información almacenada del paciente. Es importante que la aplicación no requiera de un elevado coste de uso de red ni consuma excesiva batería del móvil, pues se espera que la aplicación no sea intensiva en el uso de recursos para que por un lado pueda ser usado en una mayor gama de teléfonos móviles y por otro no suponga una molestia al usuario que termine con la desactivación de la aplicación. Esto se debe a que los teléfonos móviles inteligentes actualmente se utilizan para un abanico muy amplio de tareas que van más allá de las llamadas telefónicas, por lo que, al crecer con los años la dependencia de las personas en estos dispositivos, es importante que la aplicación no interfiera gravemente con los otros usos que se le vaya a dar al dispositivo.

Los protocolos de comunicación que se van a analizar van a depender en cada caso de las características de los dispositivos que se comunican así como de la ciberseguridad necesaria para entablar dicha comunicación. A continuación se van a detallar los tipos de comunicaciones que son necesarias en el proyecto con las distintas implementaciones posibles.

4.2.1 *Comunicación entre el móvil Android y la pulsera*

La característica más importante que debe tener el protocolo utilizado es que debe ser de muy bajo consumo para maximizar la duración de la batería del dispositivo inteligente. A su vez, esta comunicación está limitada por los protocolos válidos entre los distintos modelos de móviles y de pulseras. Por este motivo, **la opción que se ha escogido es utilizar el protocolo BLE**, puesto

que es compatible con la gran mayoría de dispositivos móviles inteligentes así como de las pulseras inteligentes, lo que hace que la solución no quede anclada a ningún elemento físico. Este protocolo, como su propio nombre indica, es un protocolo de bajo consumo lo que reducirá el consumo eléctrico respecto a otros protocolos como Bluetooth 2.0.

4.2.2 *Comunicación entre el dispositivo móvil Android y el servidor*

Una vez han llegado los datos de las sensorizaciones al móvil, estos datos se envían al servidor. Este envío se puede realizar mediante peticiones Hypertext Transfer Protocol (HTTP), Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) o Advanced Message Queuing Protocol (AMQP).

La principal diferencia entre las peticiones HTTP y las peticiones MQTT Y AMQP es el consumo de recursos de estas soluciones, siendo MQTT un protocolo más eficiente en el envío de paquetes que HTTP (Yokotani and Sasaki, 2016), que es un elemento crítico en IOT, puesto que los dispositivos IOT no suelen estar conectados a la corriente continua, lo que hace que el consumo de energía de los dispositivos IOT sea un factor crucial a la hora de tomar decisiones tecnológicas. Por este motivo, el protocolo HTTP queda descartado.

El protocolo MQTT es un protocolo unidireccional entre un publicador y un suscriptor a través de unos identificadores del canal llamado tópicos. En lo que respecta a asegurar que los datos del publicador han llegado al suscriptor, existen tres niveles de Quality of Service (QoS) que se pueden definir por cada tópico. En el nivel cero, se envía el dato al menos una vez pero no se garantiza que ese dato ha llegado al suscriptor. En el nivel uno, el suscriptor debe enviar la confirmación de que le ha llegado el dato en cuestión al menos una vez. Por último, en el nivel dos, se garantiza que el dato llega exactamente una vez al suscriptor.

AMQP se diferencia principalmente de MQTT en que en AMQP el servidor puede mandar mensajes de vuelta al cliente que vayan más allá de los mensajes numéricos de posibles errores. Esto tiene como coste un mayor consumo de ancho de banda, pero mucho menor que en el caso de HTTP. En el caso de MQTT si se quiere establecer esta comunicación bidireccional es necesario crear dos canales entre ambos elementos.

En lo que respecta a la autenticación y la ciberseguridad, ambos protocolos pueden ser integrados con TLS. El ancho de banda de esta solución en MQTT únicamente se ve notablemente resentida en la etapa de autenticación, mientras que en las fases posteriores de envío de datos el rendimiento es muy similar a las soluciones sin TLS (HiveMQ, 2016).

En este trabajo inicialmente se decidió usar el protocolo AMQP ya que en su implementación de RabbitMQ permite una fácil integración en múltiples lenguajes, pero tras realizar varias pruebas fue descartado ya que tanto MQTT como AMQP se basan en la utilización de unas colas de mensajes que pueden ser problemáticas en el caso de que el servidor estuviese caído o la petición fuese incorrecta, ya que se comprobó que esto hacía necesario el vaciamiento a mano de la cola de mensajes. Esto no ocurre con las peticiones Rest, que son procesos ácidos en los que en caso de que el servidor esté caído o que la URL o los datos sean incorrectos, o bien simplemente la petición no llegará a su destino y se volverá a enviar después o llegará a su destino y con detectores de errores bastante sencillos se evitará que la aplicación quede estancada por una petición incorrecta. Por todo ello, **se ha optado por utilizar API REST para la comunicación entre la aplicación móvil y el servidor**, a pesar de que como se ha comentado, las peticiones HTTP suponen un mayor consumo de datos que las peticiones AMQP.

4.3 CIBERSEGURIDAD

Como se va a tratar con datos biométricos sensibles, es importante asegurarse de que esta información no acabe en manos indeseadas. Con este fin, es importante tomar las siguientes medidas de seguridad:

1. Autenticación tanto en la base de datos del móvil como en la base de datos del servidor. En el caso de la base de datos del servidor, no se debe permitir las conexiones externas que trabajen directamente con la base de datos.
2. Encriptación de los datos de ambas bases de datos, para que aunque un atacante consiguiese tener acceso al dispositivo, no pudiese obtener información de la propia base de datos.
3. Encriptación punto a punto, para evitar ataques de *sniffing*.

El punto más vulnerable de la solución será el envío de datos de la pulsera al dispositivo Android, pues este envío viene configurado por el propio desarrollador de la pulsera y se realiza sin ningún tipo de cifrado, por lo que si un atacante se hace con el control del dispositivo Android, podrá leer directamente los datos que son enviados por BLE sin tener que forzar ni nuestra app ni nuestras bases de datos.

El servidor web debería requerir que los usuarios se autentiquen antes de poder operar con los datos de las mediciones para evitar accesos indeseados a la base de datos con los registros de sensorizaciones. A continuación se van a describir distintos métodos de autenticación que se pueden implementar.

- Autenticación básica: el usuario se identifica mediante una tupla usuario-contraseña que son enviados en texto plano. Esto tiene numerosas vulnerabilidades, como la escucha de terceros así como el hecho de que al no contar con claves API que funcionen por debajo de la contraseña del usuario, se impide que el responsable de la seguridad del servidor pueda cambiar las claves API en caso de detectar alguna posible vulnerabilidad. Por contra, en este caso por cada cambio que se realice se requiere la interacción del usuario.
- OAuth 1.0: es un protocolo basado en la autorización en lugar de la autenticación en la que los consumidores y los proveedores no intercambian las claves de acceso sino claves que autorizan al consumidor para realizar determinadas operaciones. Es un modelo similar al de las claves de coches de lujo de tipo valet, que permiten acceder sólo a recursos concretos del coche (por ejemplo, con estas llaves se puede conducir el coche pero no utilizar el ordenador de abordo) y sólo durante un periodo de uso concreto (por ejemplo, la llave deja de funcionar si se sobrepasan los 10 kilómetros de autonomía que se establecen para que un chófer pueda aparcar dicho coche pero no pueda utilizarlo para dar una vuelta), en contraposición de la llave del coche tradicional que autoriza para realizar cualquier operación sin que esta llave nunca caduque (Hammer-Lahav, 2007). Los tres actores que intervienen en este protocolo son el usuario, el consumidor y el proveedor del servicio. A continuación se van a desglosar a partir del artículo de Rob Sobers (2018) el flujo que sigue un usuario cuando accede correctamente a un recurso protegido:

1. El usuario muestra su intención de acceder a un determinado recurso.

2. El consumidor pregunta al proveedor del servicio si puede darle permiso al usuario. El proveedor de servicio provee al consumidor un token y un secreto para acceder al recurso.
 3. El consumidor le envía al usuario este token y su correspondiente secreto.
 4. El usuario le envía al proveedor del servicio una solicitud para que autorice el token que le ha enviado el consumidor, respondiendo si dicho token es correcto.
 5. El consumidor cambia con el proveedor del servicio el token de solicitud obtenido en el paso 2 por un token de acceso.
 6. El consumidor accede al recurso protegido con su token.
- OAuth 2.0: como su nombre indica, es la segunda versión del protocolo OAuth 1.0, que aumenta significativamente su usabilidad. Las principales diferencias de OAuth 2.0 frente a OAuth 1.0 son las siguientes (Hammer-Lahav, 2010):
 - Mejor experiencia de usuario para accesos desde dispositivos móviles: para usar OAuth 1.0 en las apps, era necesario redirigir al usuario al navegador, que este introdujese ahí sus credenciales, en caso de que fueran correctas copiar el token de autorización e introducirlo de vuelta en la app. En OAuth 2.0 este proceso se puede realizar sin tener que salir de la propia app.
 - Simplificación de las firmas: ya no hace falta una codificación concreta y utiliza un único secreto en lugar de dos.
 - Se incluye la posibilidad de incluir tokens de actualización. Estos son tokens que se envían junto a los credenciales del usuario cuando el token de acceso ha caducado para solicitar un nuevo token. Este token por tanto, no tiene ninguna utilidad si no se tienen a su vez los credenciales de acceso.
 - Separación clara de roles entre el servidor que responde a las solicitudes de OAuth y los servidores encargados de la autenticación del usuario.
 - JWT (Json Web Token authentication): es un método que utiliza un objeto JSON para autenticar usuarios o enviar información de forma segura. La información que se manda puede ser firmada con HMAC-SHA256, o con RSA o ECDSA (Autho, 2015). El objeto JSON que se envía tiene la siguiente estructura (Jones, 2015):

- Cabecera: es donde se define el algoritmo utilizado para realizar la firma (HMAC, RSA o ECDSA).
- Carga útil o *payload*: es donde se realiza la petición que debe ser contrastada. Existen tres tipos de peticiones:
 - * Peticiones registradas: son una serie de peticiones predefinidas que se recomienda usar. Entre ellas, se encuentra *iss*, que identifica al emisor del JSON o *exp*, que establece el momento en el que el JSON deja de ser válido.
 - * Peticiones públicas: es una lista de peticiones más extensa que las registradas en las que por ejemplo se puede definir el correo electrónico, la zona horaria o la localización del emisor, tal como se puede consultar en la página web de IANA 2015.
 - * Peticiones privadas: son peticiones personalizadas que el productor y consumidor del objeto JWT previamente han decidido usar.
- Firma: se incluye la firma de la cabecera y de la carga útil.
- TLS (Transport Layer Security)/SSL(Secure Socket Layer): son dos protocolos de criptografía asimétrica que se suelen utilizar indistintamente y que se usan para establecer comunicaciones seguras en la red. TLS contiene dos capas: la capa para el apretón de manos, en la que autentifica a ambas partes, y la capa en la que se provee seguridad en cuanto a la integridad del mensaje (Evaldsson and Lindström, 2015). Una de sus principales fortalezas es la interoperabilidad: no se impone un método de encriptación entre el cliente y el servidor, sino que se negocia dicho método entre ambos, lo que permite renovar viejos protocolos de encriptación cuando estos quedan obsoletos (Carlsson and Eriksson, 2018). Su aplicación más conocida es para establecer comunicaciones seguras entre el servidor y el navegador web al realizar peticiones HTTP. Entre estos dos protocolos, SSL es el protocolo de seguridad más utilizado para la autenticación en Internet (Viega, Messier, and Chandra, 2002).

Se ha decidido usar el protocolo de ciberseguridad TLS, ya que esta es la solución más extendida de todas las comentadas y tiene soporte e integración directa con AMQP, el protocolo de comunicación que se va a utilizar para conectar el móvil y la pulsera, tal y como se indicó en el apartado 4.2.2.

TERMÓMETRO DE LA IRA

En este capítulo se va a detallar el proceso que se ha seguido para llegar a implementar el termómetro de la ira. En la sección 5.1 se introduce el problema al que se desea dar solución con el termómetro de la ira. En la sección 5.2 se explica cómo se ha llevado a cabo la captura de requisitos y cuáles fueron los requisitos iniciales de la aplicación. En la sección 5.3 se explica cómo se desarrolló el diseño de la aplicación con la ayuda de una experta en el tratamiento de la ira. Por último, en la sección 5.4.2, se detalla cómo se ha implementado la aplicación y se muestra el resultado final.

5.1 INTRODUCCIÓN

A la hora de tratar clínicamente a un paciente con problemas de salud mental, existe el problema de que aquello que cuenta el paciente sobre su problema puede no corresponderse con la realidad. Un paciente puede acudir por voluntad propia o de terceros y tanto su versión como la interpretación de los hechos que le han llevado a la consulta pueden diferir severamente entre cada persona. En el caso concreto de la ira, tal y como se comentaba en la sección 3.1.4.3, la ira se desarrolla en entornos muy específicos (y diferentes entre cada paciente), supone una distorsión intencionada de la realidad y, por la deseabilidad social del paciente, puede que niegue que tenga problemas de gestión de la ira a la hora de dirigirse al terapeuta. A su vez, los pacientes reciben asistencia exclusivamente durante la consulta, es decir, una vez el episodio de ira es pretérito, por lo que durante el propio episodio de ira, el paciente no recibe asistencia profesional.

Por todo ello, se propone una solución tecnológica en la que, por un lado el paciente pueda tener en tiempo real información que le sea de utilidad para gestionar sus episodios de ira y, por otro, dé información adicional al terapeuta para guiar la consulta para la gestión de la ira. Se propone un sistema tecnológico que mida de forma continuada las constantes fisiológicas del paciente sin que esto interfiera en su día a día, interprete y detecte los episodios de ira y cuando surja un episodio de ira, la aplicación le dará una serie de

pautas (previamente cargadas en el sistema por el terapeuta) que le ayuden a gestionar el episodio de ira para volver a una situación de calma. Toda la información del paciente se irá registrando para su posterior análisis por parte del terapeuta. La información recogida resultará de gran ayuda para detectar si el tratamiento está siendo efectivo (es decir, si los episodios de ira disminuyen en intensidad, duración y frecuencia a lo largo del tiempo) y si las pautas asignadas por el terapeuta son o no efectivas.

Para medir las constantes fisiológicas se utilizará un dispositivo inteligente, que es un formato de dispositivo inteligente ampliamente usado entre segmentos muy diversos de la población, lo que evitará la estigmatización del paciente ya que nadie tiene por qué saber el uso que se está dando a la pulsera.

Es importante recalcar que esta solución tecnológica bajo ningún concepto pretende sustituir la terapia con el paciente. Por contra, es una herramienta adicional que intenta mejorar los resultados de la atención clínica al paciente en cuestión.

Debido a que no somos expertos en el tratamiento de la ira, en este proceso será fundamental realizar un diseño centrado en el usuario, en el que se contará en todas las fases del proceso con una persona experta que trabaja con la gestión de la ira.

5.2 CAPTURA DE REQUISITOS

Una vez identificado el problema, es fundamental establecer contacto con usuarios finales de la aplicación para capturar los requisitos. En este caso, existen dos perfiles de usuarios finales: los pacientes con ira disfuncional y los terapeutas de dichos pacientes. Para este caso, se ha incorporado el conocimiento de una psicóloga que trabaja con este tipo de pacientes que guiará el diseño no solo en lo que concierne a la información que le será útil al terapeuta sino también a qué y cómo debe presentarse la información a los pacientes con ira disfuncional.

Para la captura de requisitos, se han realizado dos reuniones con la terapeuta en las que se han recogido unos requisitos que tengan en cuenta tanto las necesidades de los usuario finales como las restricciones tecnológicas. Así, los requisitos funcionales que se han definido tras estas reuniones son:

1. Un dispositivo inteligente recogerá las constantes fisiológicas a partir de las cuales se intentará averiguar si dicho paciente está sufriendo ira.
2. Se emparejará el dispositivo móvil con el paciente en la propia consulta.
3. Se calibrará el dispositivo con cada paciente para obtener los márgenes de las constantes vitales de cada paciente a partir de los cuales se podrá detectar los episodios de ira partiendo de los estados de reposo (durante el sueño) y de máxima actividad cardíaca (al realizar ejercicio físico intenso).
4. La aplicación móvil para el paciente debe ser muy visual y con una curva de aprendizaje poco elevada, lo que implicará limitar el rango de acciones disponibles para el usuario.
5. Cuando se detecte que el paciente pueda estar sufriendo ira, en el móvil del paciente deberán aparecerle pautas que le ayuden a gestionar dicha ira hasta que se detecte que el episodio ha terminado (el paciente ha vuelto a un estado de calma).
6. El paciente podrá descartar pautas y emitir comentarios sobre las mismas para así poder determinar las pautas que le son útiles a cada paciente.
7. Se registrará el uso y desuso de las pautas para cada paciente, pudiendo el terapeuta modificarlas convenientemente si viese que estas no están siendo útiles.
8. Todos los episodios de ira del paciente serán registrados para su posterior revisión por parte del terapeuta y del propio paciente.
9. Las pautas deben de ser definidas por el terapeuta.
10. Los textos de la aplicación deberán ser en lectura fácil¹ para que estos puedan ser accesibles para todo tipo de usuarios.
11. El terapeuta tendrá una aplicación web donde podrá ver el registro de episodios de sus pacientes así como modificar las pautas para mitigar los episodios.

¹ Los textos de lectura fácil son aquellos que se realizan con un vocabulario sencillo para que estos puedan ser comprendidos por personas con discapacidad intelectual.

12. El terapeuta podrá definir grupos de pautas que podrán ser asignados directamente a los pacientes. Por ejemplo, los pacientes con Asperger podrán tener su grupo propio para poder asignar a nuevos pacientes el conjunto de pautas definidas para este grupo, ahorrando tiempo al terapeuta.

5.3 DISEÑO

Una vez establecidos los requisitos que debe cumplir la aplicación, se definió la interfaz y las interacciones. El diseño se ha creado en tres iteraciones que se presentan en detalle en los siguientes apartados.

5.3.1 Primera iteración

En esta primera iteración, se utilizaron prototipos en papel porque es una técnica que requiere una inversión baja de tiempo de preparación. Esto es ideal para las primeras fases en las que se suelen acumular la mayor parte de los cambios. Los prototipos en papel eran un conjunto de recortables que, al juntarlos entre sí, formaban las distintas interfaces. Se intentó dar distintas alternativas para la misma funcionalidad o interacción.

5.3.1.1 Diseño de la aplicación móvil de los pacientes

En esta versión, como el tamaño de la pantalla de un dispositivo móvil limita severamente el número de elementos que pueden mostrarse en la interfaz, los recortables se limitaron a un recortable por pantalla, incluyendo las distintas opciones de los elementos de la interfaz en pantallas independientes. A continuación se encuentran las pantallas utilizadas con la terapeuta.

En las figuras 15 y 16 se muestran dos alternativas de la pantalla que le aparecería al paciente nada más iniciar la aplicación. Es una pantalla de emparejamiento en la que el paciente tendría que introducir el token que le diera el terapeuta para así poder emparejar la aplicación móvil con el paciente. La principal diferencia entre ambas es que en el segundo caso, el token para emparejar los dispositivos pasa de nueve caracteres a tres.

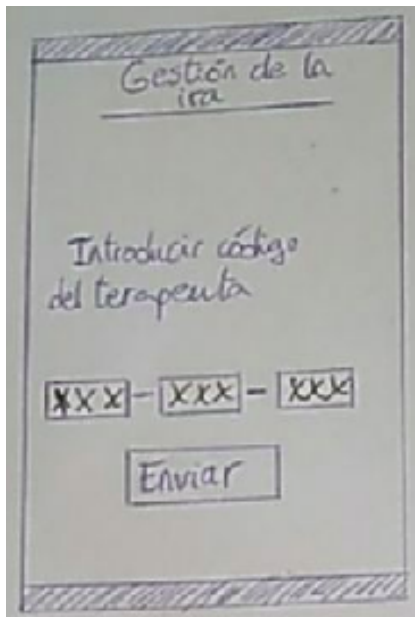


Figura 15: Mockup de la 1ª iteración para emparejar dispositivo en la aplicación (opción I)

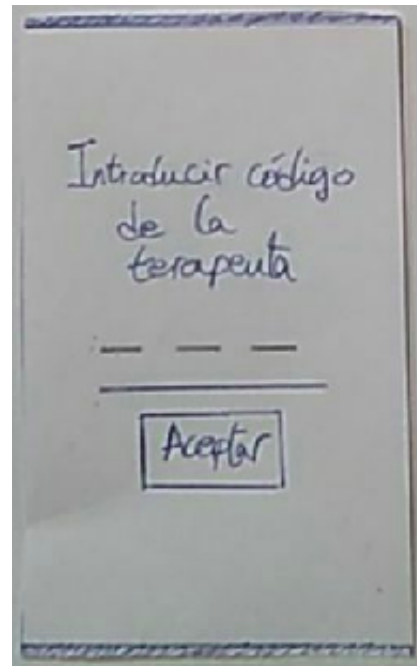


Figura 16: Mockup de la 1ª iteración para emparejar dispositivo en la aplicación (opción II)

En la figura 17, aparece la pantalla con el nivel actual de ira del paciente. Si el paciente tiene un nivel de ira elevado (se encuentra inmerso en un episodio de ira) en esta pantalla también aparecen la pauta recomendada y la opción para introducir un comentario (por ejemplo, si decide no seguir la pauta recomendada). La pantalla de la figura 18 es una alternativa que une en la misma pantalla la información de la ira y el calibrado del dispositivo inteligente. En ella, aparece el nivel de ira y las pautas recomendadas se combinan con la pantalla para sincronizar el dispositivo.

En la figura 19 aparece la pantalla para calibrar el dispositivo inteligente. Hasta que no se ha realizado esta calibración, la aplicación permanece bloqueada puesto que es necesario conocer las constantes vitales del paciente en estado de reposo para poder medir la ira del usuario. El paciente debe seleccionar si se va a dormir o si se ha despertado. Una vez sincronizado el dispositivo inteligente, esta pantalla ya no vuelve a aparecer. La pantalla de la figura 20 es la segunda opción que se dio para la calibración. La variación reside principalmente en darle al usuario la información de la hora a la que se acostó y se despertó para que así en caso de que haya errores, esta información le ayude a descubrirlos.

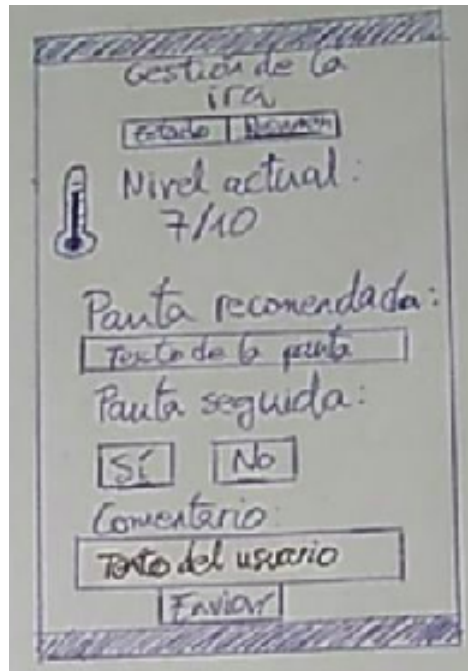


Figura 17: Mockup de la 1ª iteración para ver el estado de ira y la pauta recomendada en la aplicación

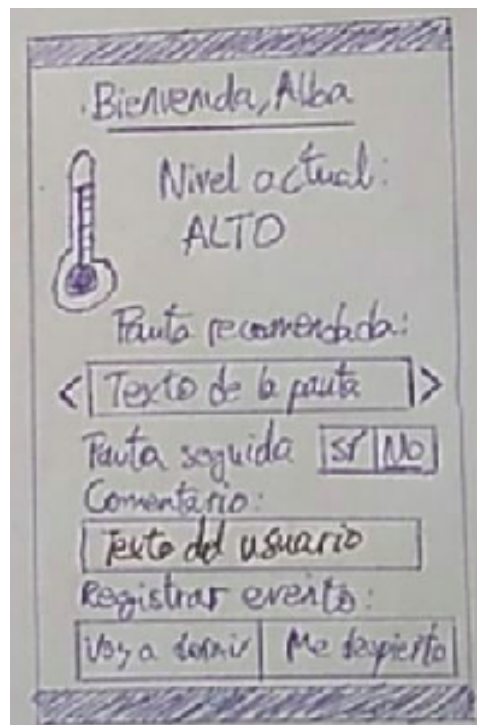


Figura 18: Mockup de la 1ª iteración para ver el estado de ira, la pauta recomendada y para calibrar el dispositivo en la aplicación

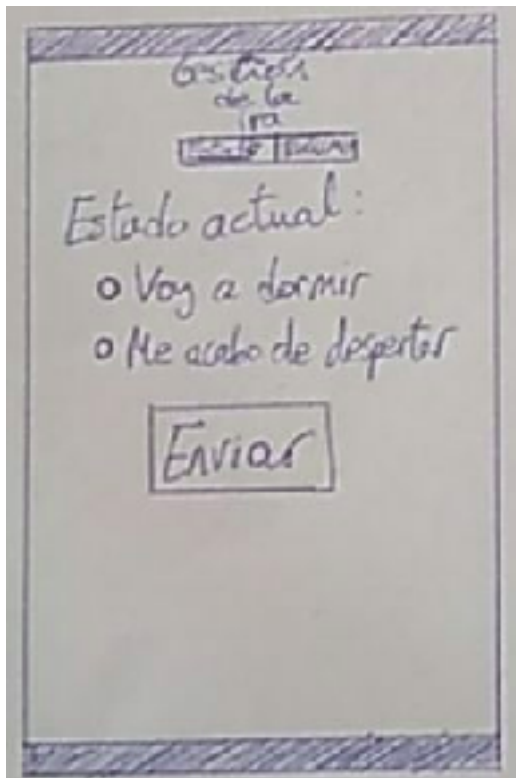


Figura 19: Mockup de la 1ª iteración para calibrar dispositivo en la aplicación (opción I)

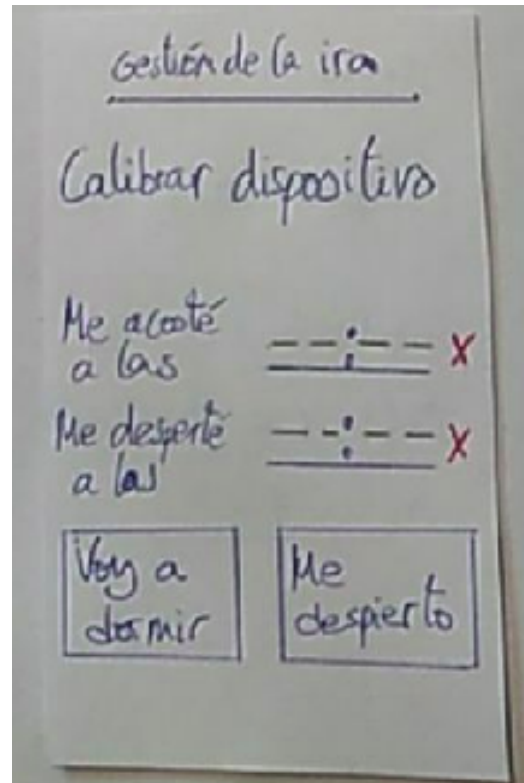


Figura 20: Mockup de la 1ª iteración para calibrar dispositivo en la aplicación (opción II)

Una vez creados los prototipos en papel, se fijó una reunión con la experta en la que se presentaron las distintas alternativas. Las principales conclusiones que se obtuvieron de esta reunión fueron las siguientes:

- Las maneras de emparejar el dispositivo inteligente que aparecen en las figuras 15 y 16 son igualmente apropiadas.
- Las dos alternativas para calibrar el dispositivo que se observan en las figuras 19 y 20 son apropiadas. La experta no vio ninguna razón de peso para elegir una u otra, por lo que finalmente se optó por la alternativa de la figura 20, ya que le facilita más información al usuario y le permite rectificar la acción si pulsó accidentalmente alguno de los botones de la pantalla.
- El termómetro que aparece en la pantalla principal que se ve en la figura 17 debería de aparecer en horizontal, estando el menor nivel de ira a la izquierda y el mayor en el otro extremo del termómetro, siguiendo la direccionalidad de la lectura en castellano.

- Para indicar el grado de ira, es mejor hacerlo con palabras (como en la figura 18) que de manera numérica (como en la figura 17). Los estados que discreticen el grado de ira que verá el paciente deberán ser reducidos para que el paciente pueda identificar su ordinalidad con facilidad. La terapeuta indicó que, tal y como comenta Valdez (1994), existe una relación estrecha entre emociones y colores, por lo que establecer, por ejemplo, que el rojo es el estado de calma y el verde es el estado de mayor percepción de la ira es un cambio significativo respecto a la asociación habitual. En estudios experimentales se ha podido comprobar que los colores de mayor longitud de onda como son el rojo o el amarillo provocan mayor activación que otros de menor longitud de onda como es el verde. A su vez, Jacobs y Sues (1975) han comprobado en un estudio con los colores rojo, amarillo, verde y azul que existe una mayor asociación del estrés con los colores rojo y amarillo respecto al verde y el azul. Así, a la hora de representar los colores asociados a cada nivel de ira, los colores asociados a estos niveles deberían ser (de menor a mayor nivel de ira): verde, verde-amarillo, amarillo, amarillo-rojo, rojo.
- Cuando varíe el grado de ira en el termómetro, no solo debe variar cuánto de lleno se encuentra éste, sino también su color.
- Es importante que el paciente pueda cambiar de pauta si esta no le es útil, tal y como aparece en la figura 18.
- El comentario de las pautas que aparece en las figuras 17 y 18 debe ser opcional y se debe poder añadir usando la voz.
- Se deben incluir elementos sonoros que incrementen su volumen en función del nivel de ira del paciente para que este pueda ser consciente de que ha aumentado su nivel de ira.
- En la pantalla de la gestión de la ira se debe permitir al paciente seleccionar el tipo de situación que ha generado la ira mediante un selector de causas genéricas que puedan haber ocasionado la situación de ira (por ejemplo, percibir una situación de injusticia).

5.3.1.2 *Diseño de la aplicación web del terapeuta*

En esta sección, como se pueden mostrar una gran cantidad de elementos en una página web que va a ser vista desde un ordenador, se incluyen tanto recortables que representan una pantalla completa como pequeños recortables

que pueden añadirse y quitarse de distintas pantallas de la web. A continuación se detallan todos estos elementos.

En la figura 21 se muestra la pantalla de inicio de sesión para el terapeuta, mientras que en la figura 22 se muestra la pantalla para registrar a un nuevo paciente.

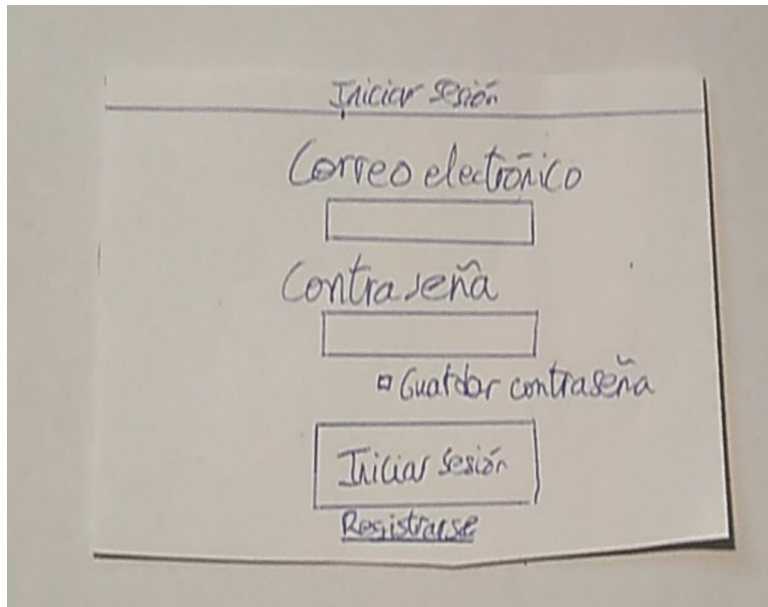


Figura 21: Mockup de la 1ª iteración para iniciar sesión en la web

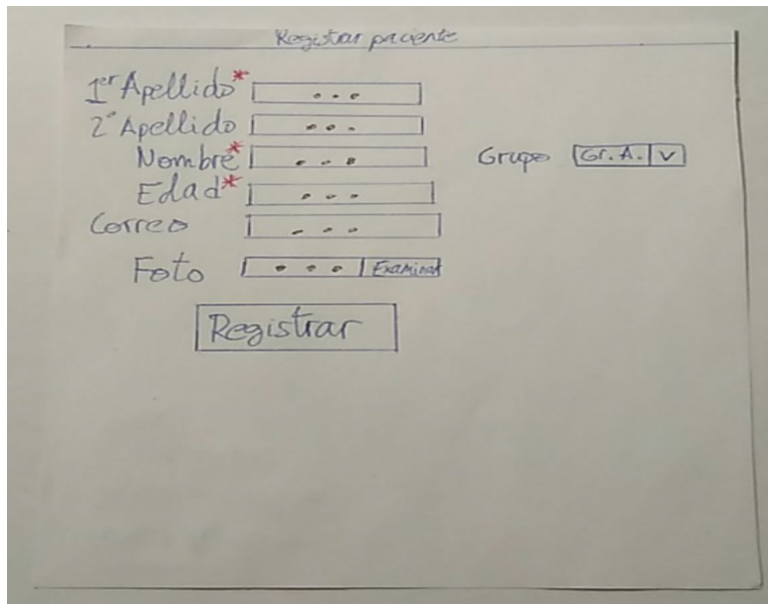


Figura 22: Mockup de la 1ª iteración para registrar paciente en la web

En la figura 23 aparece la pantalla para modificar el paciente en la que se encuentra la información asociada a las pautas que le han ido apareciendo en la aplicación móvil al paciente. En la parte superior se pueden ver los campos con la información personal del paciente (nombre, apellidos, edad y correo electrónico), el grupo o grupos en los que opcionalmente esté englobado y su foto de perfil. En la parte inferior de la pantalla se puede ver una tabla con las pautas asociadas y la posibilidad de agregar una pauta nueva a ese paciente sin salir de esa pantalla. Si se pulsase sobre el botón cancelar, todos los cambios no guardados se perderían.

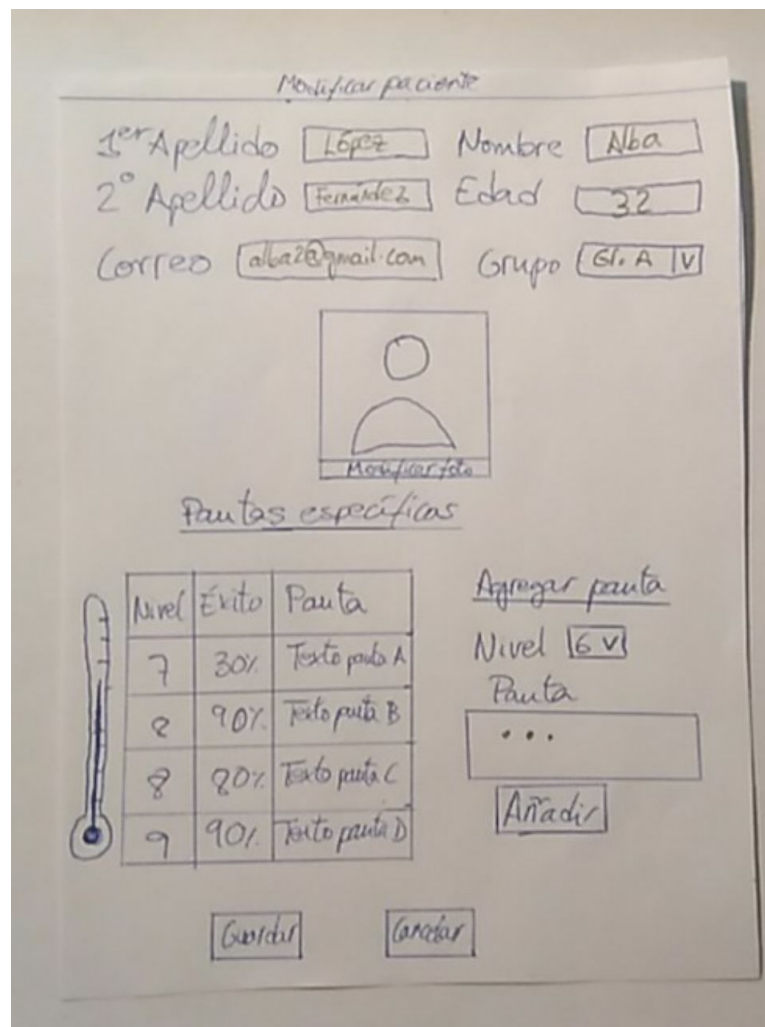


Figura 23: Mockup de la 1ª iteración para gestionar un paciente en la web

En la figura 24 aparece un elemento genérico para incluir en la cabecera de la pantalla del usuario con información básica sobre este. Al pulsar sobre el botón modificar, se redireccionaría la a pantalla para poder modificar la información del paciente, que aparece en la figura 23.

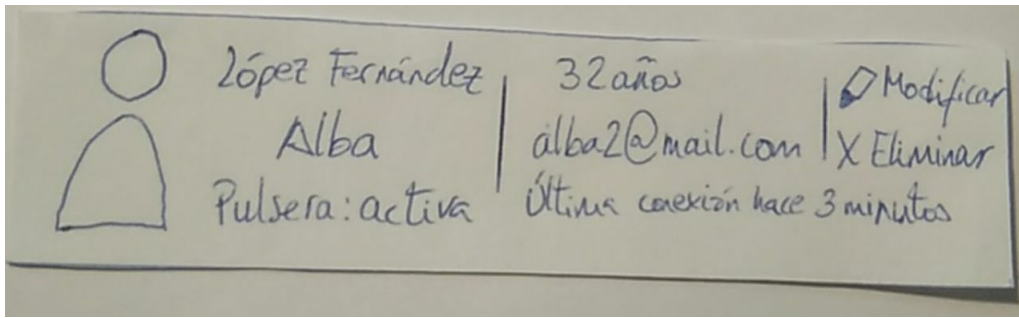


Figura 24: Mockup de la 1ª iteración para mostrar la información básica del paciente en la web

En la figura 25 muestra la pantalla para la creación de grupos con sus pacientes asociados para facilitar la asignación de pautas a los pacientes.

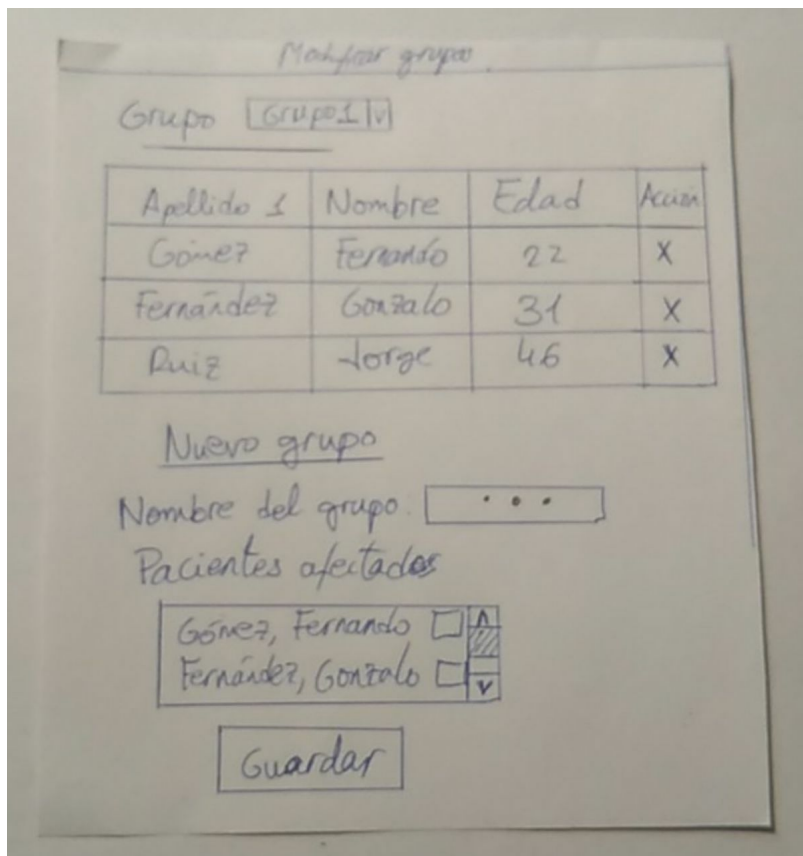


Figura 25: Mockup de la 1ª iteración para gestionar grupos de pacientes en la web

En las figuras 26 y 27 se muestran dos alternativas para mostrar las pautas asociadas a cada paciente: una única tabla para todos los niveles de activación en la que se cuenta con una columna con el porcentaje de efectividad general entre los pacientes y una segunda con el texto de la pauta. La primera opción

es más visual y cuenta con menos información: no se incluye la columna del porcentaje de éxito de cada pauta y las pautas están divididas en tablas según el nivel de activación asociado.

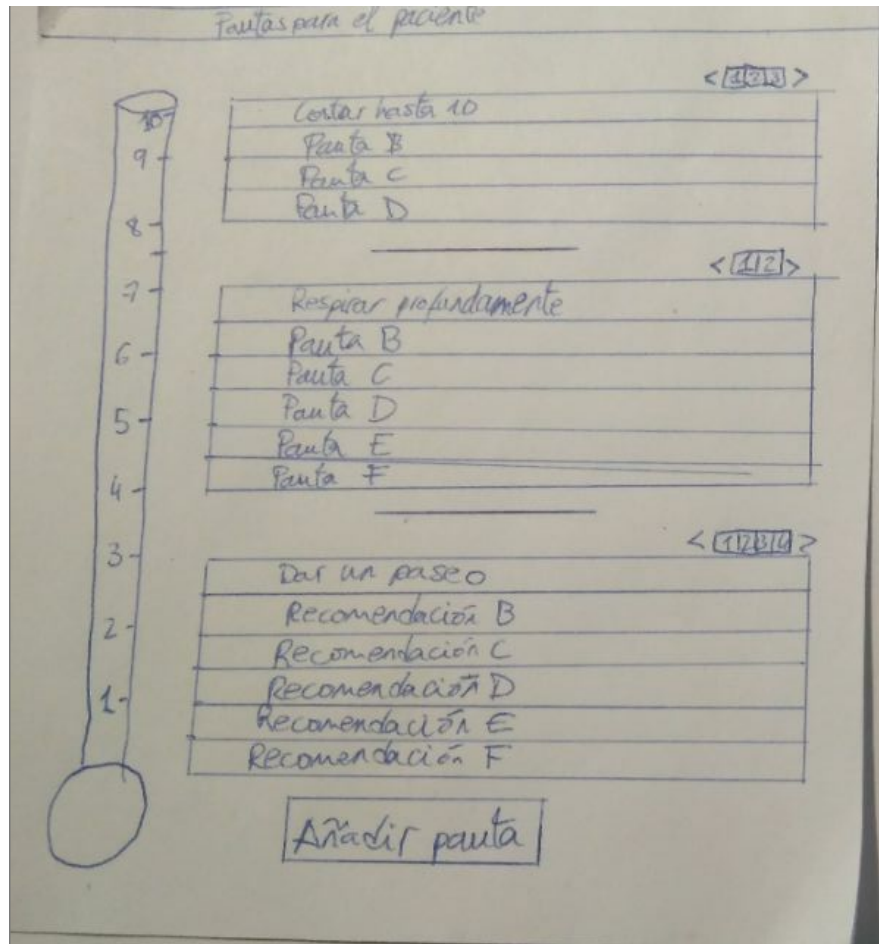


Figura 26: Mockup de la 1ª iteración para gestionar pautas en la web (opción I)

En las figuras 28, 29 y 30 aparecen tres pantallas alternativas para presentar el resumen de episodios de ira de un paciente. Las opciones de las figuras 28 y 29 consisten en tablas en las que en una aparece las pautas que se recomendaban y en la figura 28 se mostraría si la pauta suministrada funcionó o no. La tercera opción sería la de la figura 30 en el que se puede ver un histograma con los distintos episodios acaecidos al paciente en cuestión.

Pautas para el paciente

Nivel ↑	% Éxito ↑	Pauta ↓
1	30%	Por un paseo
2	32%	Pauta B
3	12%	Pauta C
4	82%	Pauta D
5	71%	Pauta E
6	80%	Pauta F
7	94%	Pauta G
8	100%	Pauta H
9	0%	Pauta I
10	0%	Pauta J
10	5%	Pauta K
Escribir	Escribir	Escribir

Figura 27: Mockup de la 1ª iteración para gestionar pautas en la web (opción II)

Resumen de episodios

Intensidad ↑	Duración ↑	Fecha ↑	Función ↑
Alta	30.00 min	10/02 13:30	No
Alta	1.02 min	11/02 17:00	Levemente
Media	0.12 min	9/02 17:21	Si
Baja	2.01 min	10/02 10:30	Si
Baja	4.07 min	10/02 21:00	Levemente
Baja	6.12 min	10/02 22:00	No

Figura 28: Mockup de la 1ª iteración para mostrar los episodios de un paciente en la web (opción I)

Resumen de episodios			
Fecha ↓	Duración ↓	Intensidad ↓	Pauta sugerida
10/02 13:30	30 min	Alta	Dar un paseo
11/02 17:00	1.02 min	Alta	Respirar profundamente
9/02 19:21	0.12 min	Media	Pauta C
10/02 10:30	2.01 min	Baja	Pauta D
10/02 21:00	4.07 min	Baja	Pauta E
10/02 22:00	6.12 min	Baja	Pauta F

Figura 29: Mockup de la 1ª iteración para mostrar los episodios de un paciente en la web (opción II)

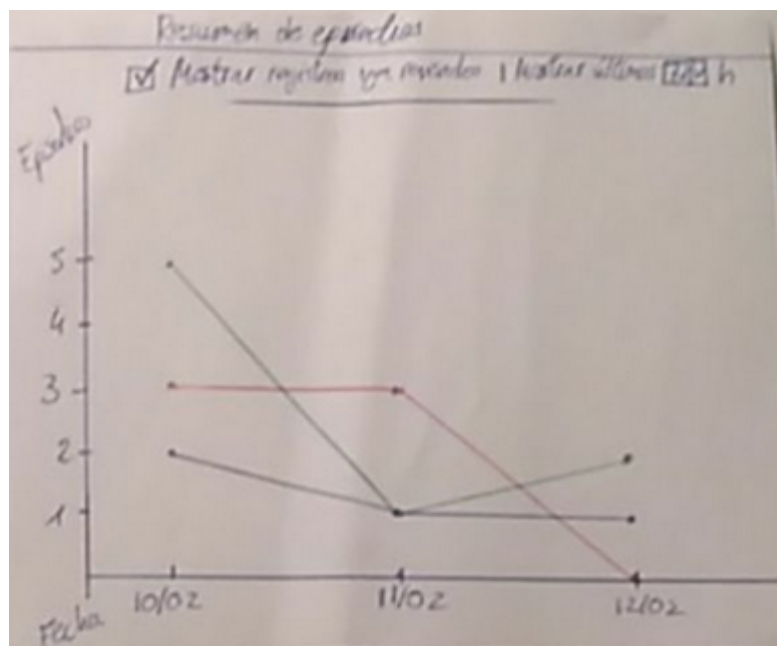


Figura 30: Mockup de la 1ª iteración para mostrar los episodios de un paciente en la web (opción III)

En la figura 31 aparecen los dos elementos que se utilizarían para mostrar el número de alertas de un paciente. El botón *ver detalles* llevaría a una tabla o gráfica con el resumen de episodios citados.

En la figura 34 aparece el resumen de los episodios de todos los pacientes que tiene registrados el terapeuta para un periodo determinado. Así, el elemento más a la izquierda sería un filtro de pacientes similar al que se encuentra en páginas web de compra de artículos en la que se podría filtrar a los mismos en función de la información que se tiene de ellos, así como se podría hacer usando el buscador horizontal que se encuentra en la parte superior de la imagen. Al pulsar sobre cualquiera de estas filas, se abriría la página con el resumen de episodios del paciente seleccionado. La diferencia entre ambas tablas reside principalmente en la utilización del espacio y en que la información provista sea menos o más visual: la opción más a la izquierda, a diferencia de lo que ocurre con la opción de la derecha, no incluiría fotografía y estaría pensada para ocupar menos espacio vertical por registro, lo que permitiría poder representar más registros en el mismo espacio respecto a la segunda opción.

En las figuras 32 y 33 aparecen dos maneras de representar las alertas de todos los pacientes del terapeuta para cada nivel en la franja temporal seleccionada (por ejemplo, en la figura 33 aparece preseleccionado para las últimas 72 horas). La diferencia entre ambos es que en la figura 32 la información se muestra en un eje cartesiano mientras que en la figura 33 la información aparece en forma de gráfico de tarta. Estos elementos se incluirían en la página principal de la página web.

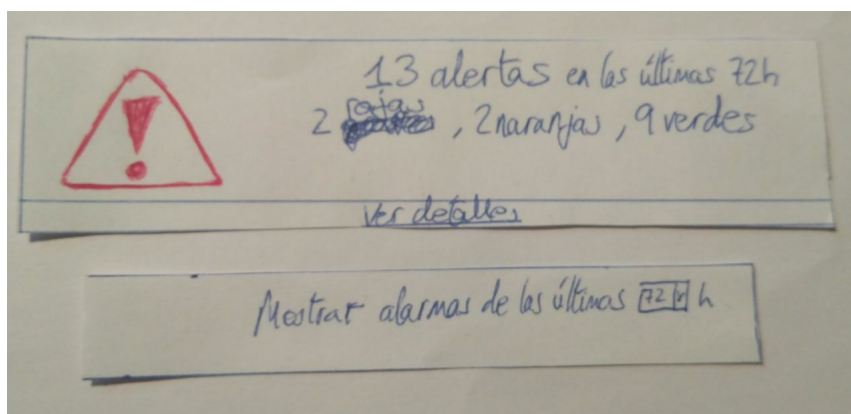


Figura 31: Mockup de la 1ª iteración para mostrar alertas de los episodios de ira en la web

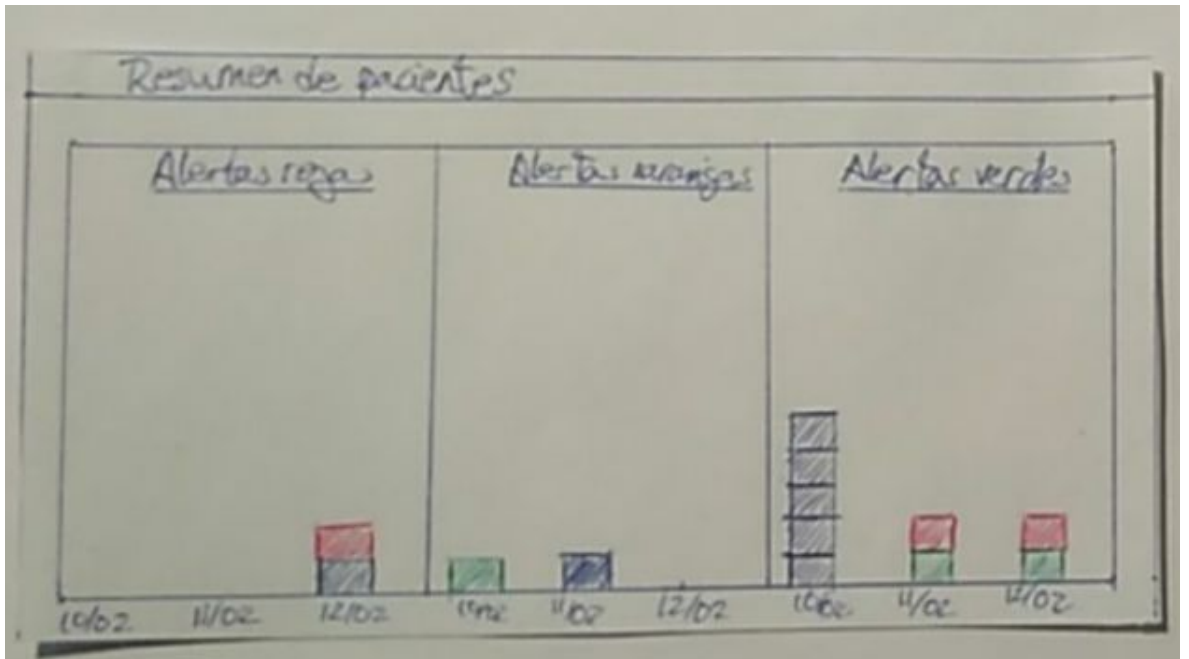


Figura 32: Mockup de la 1ª iteración para mostrar el resumen de alertas de los pacientes en la web (opción I)

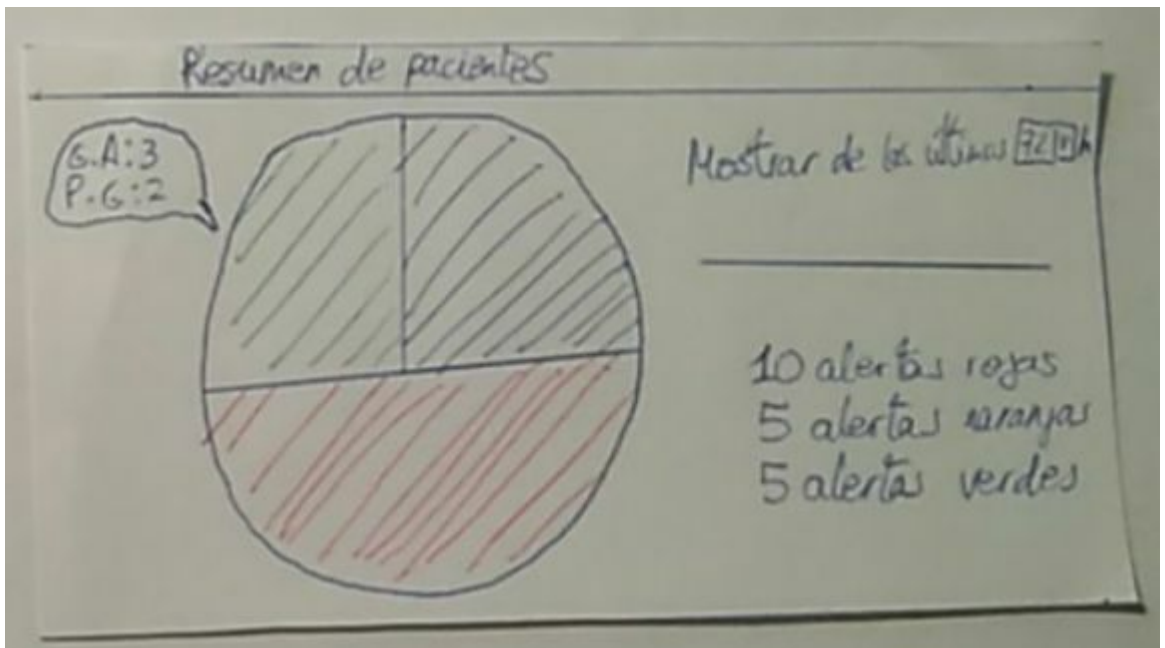


Figura 33: Mockup de la 1ª iteración para mostrar el resumen de alertas de los pacientes en la web (opción II)

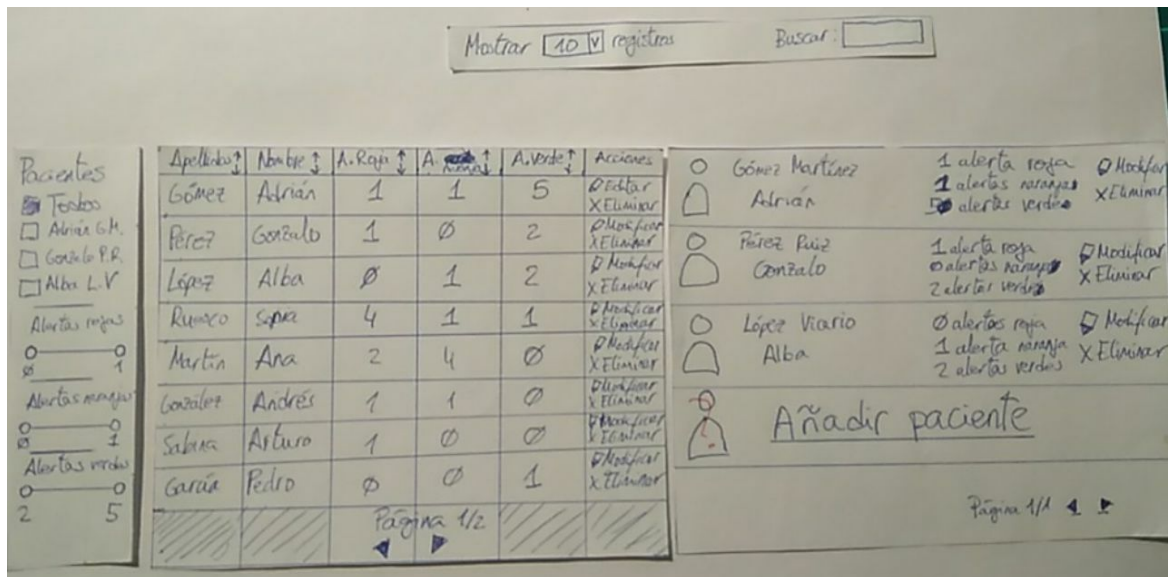


Figura 34: Mockup para mostrar los filtros y las dos opciones para mostrar la tabla de pacientes

Una vez creados los prototipos en papel de la aplicación web, nos reunimos con la terapeuta para mostrárselos y buscar el diseño que mejor se ajustase a las necesidades de los usuarios finales. Las principales conclusiones que se obtuvieron de esta reunión fueron las siguientes:

- El método de autenticación del terapeuta para iniciar sesión con la tupa correo electrónico y contraseña es apropiado.
- A la hora de registrar un paciente, es apropiado poder incluir la foto del paciente para mejorar la visualización. El correo electrónico no es necesario y el grupo al que pertenece cada paciente es prescindible. Para futuras versiones podría ser interesante agrupar a los pacientes y obtener resultados globales de estos grupos pero para esta versión se acaba decidiendo que es mejor centrarse en una solución más sencilla. Por ello, en la figura 22 se debe suprimir la selección del grupo.
- En cuanto a la forma de representar las pautas de cada paciente (ver figuras 26 y 27), se considera que la solución tiene que ser algo intermedio: se deben dividir las pautas en cinco tablas, que corresponden con los cinco niveles de intensidad de la ira, agrupando las pautas en cada una según su intensidad. Esto es el enfoque de la pantalla para ver las pautas del paciente que aparece en la figura 26, a lo que habría que añadir columnas adicionales para proporcionar más datos como el porcentaje de éxito de cada pauta, tal y como se puede ver en la figura 27.

- Se considera apropiado que en el resumen de los episodios de ira figure el tiempo que se mantuvo el paciente en cada uno de los estados, tal y como aparece en el primer elemento de la figura 29.
- La información de la pauta recomendada para cada episodio, tal y como aparece en el tercer elemento de la figura 29 se considera apropiada, pero es incompleto, ya que para un mismo estado al paciente se le puede haber recomendado más de una pauta, por lo que habría que dividir las celdas correspondientes a las pautas recomendadas para cada intervalo de tiempo en tantas celdas como pautas se hayan recomendado.
- La representación de las alertas que aparecen en las figuras 32 y 33 son incorrectas, puesto que el número de alertas del paciente debe estar agrupado por episodios, y estos a su vez deben incluir las pautas que se proporcionaron al paciente en cada estado, cuáles fueron descartadas y cuáles no. En la figura 30 la representación de episodios en histogramas es correcta pero incompleta, puesto que es necesario que sea una gráfica interactiva que permita poder ampliarla para poder seleccionar y explorar el contenido de estos episodios de manera individualizada.
- Los filtros para buscar pacientes que aparecen de la figura 34 se consideran apropiados. Sin embargo, la información sobre el número de alertas de cada una de las intensidades de la ira de cada paciente no es relevante, ya que esta información sin estar agrupada en episodios y desglosada por fechas no aporta información útil al terapeuta.

5.3.2 Segunda iteración

Para esta segunda iteración, se usaron prototipos de alta fidelidad para crear el segundo prototipo de la aplicación móvil del paciente y HTML para crear el segundo prototipo de la aplicación web del terapeuta para que estos fueran lo más similares posibles al resultado final de la aplicación. Esto se debe a que, tras la primera iteración, se pudieron extraer los suficientes requisitos como para poder avanzar en detalles más concretos de la aplicación final.

En este punto, era necesario elegir el sistema operativo del dispositivo móvil para que los prototipos de alta fidelidad fueran acordes a sus estándares de diseño. A la hora de elegir el sistema operativo objetivo para la aplicación móvil, hay un elemento fundamental que se debe tener en cuenta: la cuota de mercado de cada uno de ellos. Así, en una encuesta de 2019 de

StatCounter (Casas, 2019) se podía ver que el 74,45% de la cuota global de usuarios móviles utilizaban Android, frente al 22,85% que usan iOS y un 2,7% que utilizan otros sistemas operativos. Sumando esto al hecho de que existe una comunidad de desarrolladores Android mucho más activa que la de iOS y que no se contaba con ningún dispositivo iOS para poder realizar el desarrollo, se optó por programar una aplicación móvil para Android. En esta línea, las

5.3.2.1 *Diseño de la aplicación móvil de los pacientes*

Los diseños de la aplicación móvil se crearon con la IDE de Android Studio para definir pantallas de Android en XML. De esta manera, aquellas pantallas que fuesen validadas, podrían después añadirse directamente a la implementación (además de que acercar el diseño a la implementación final). A continuación se detallan las distintas pantallas que componen este prototipo.

En la figura 35 se puede ver el menú de la aplicación. En lugar de tener un menú horizontal que quite espacio para el resto de pantallas, este menú se desplegará como se hace en aplicaciones como Telegram o Whatsapp mediante el pulsado en un bocado a la izquierda de la barra horizontal superior o mediante el desplazamiento de la pantalla de izquierda a derecha. Este menú se habilitaría después de haber emparejado el dispositivo en la pantalla de la figura 36. En la parte superior del menú se encontraría la información personal del paciente que el terapeuta rellenó en el registro del paciente en la aplicación web. En la parte inferior se encuentran los cuatro elementos del menú: el botón de inicio que redireccionaría a la pantalla 38, el botón para ver el resumen de episodios, que redireccionaría a la pantalla 39, el botón para registrar el dispositivo, que redireccionaría a la pantalla 36 y el botón para calibrar el dispositivo, que redireccionaría a la pantalla 37. Tal y como se decidió en la primera iteración, hasta que el paciente no empareje el dispositivo, no habrá ninguna opción disponible.

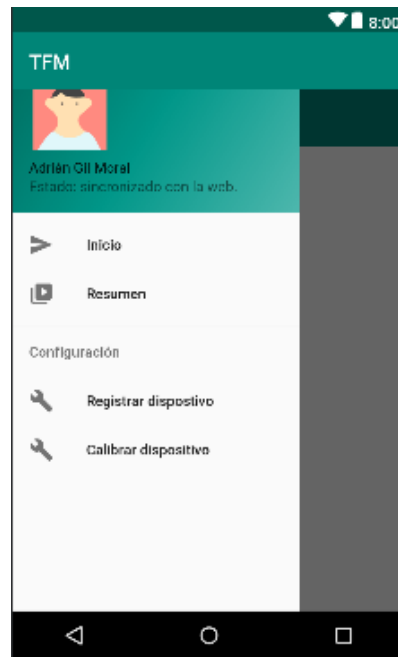


Figura 35: Mockup de la 2ª iteración para el menú de la aplicación

En la figura 36 aparece la pantalla para introducir el código para sincronizar el dispositivo inteligente y el móvil con el paciente. Una vez se haya emparejado el dispositivo, en esta pantalla aparecerá en formato de texto y de manera no editable la fecha y la hora en la que se produjo el emparejamiento.

En la figura 37 podemos ver la pantalla para calibrar el dispositivo durante su primer uso. Cuando el paciente se acueste, deberá indicarlo en la aplicación pulsando sobre el botón "me voy a acostar". Este botón cambiará su literal a "cancelar", el literal "Se acostó a las XX:XX" será reemplazado por la hora en la que el paciente indicó que se acostó y el botón "me voy a acostar" dejará de estar habilitado. Si el paciente pulsó este botón por accidente, al pulsar sobre cancelar se volverá al estado inicial. Cuando el paciente pulse sobre el botón "me acabo de despertar", se almacenará en la aplicación la hora a la que se despertó y la hora a la que se acostó el paciente. Tras realizar esta operación, los elementos de esta pantalla serán sustituidos por unos literales no editables en los que se indiquen la fecha y hora en la que se produjo esta calibración.



Figura 36: Mockup de la 2ª iteración para emparejar el dispositivo en la aplicación

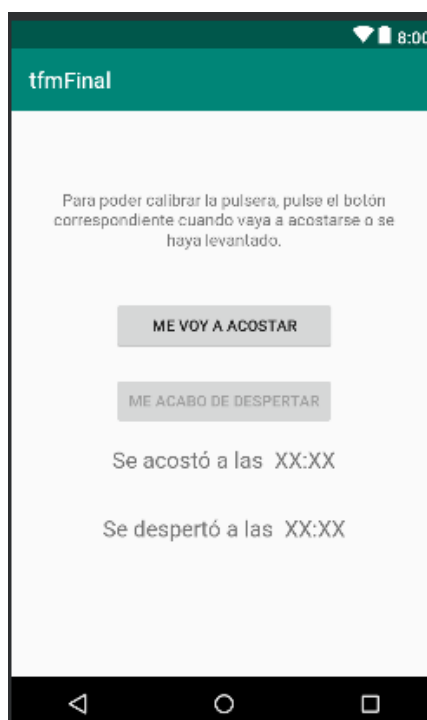


Figura 37: Mockup de la 2ª iteración para calibrar el dispositivo en la aplicación

En la figura 38 se encuentra la pantalla principal de la aplicación con la información sobre el estado de la ira del paciente. En esta pantalla, en el caso de que el paciente esté inmerso en un episodio de ira, aparecerá una pauta recomendada para intentar disminuir el nivel de ira con el nivel de ira representado mediante un termómetro horizontal. El paciente usando las flechas podrá cambiar de pauta y tendrá la opción de enviar comentarios sobre la pauta o el episodio en cuestión.

En la figura 39 se muestra la pantalla de resumen de la evolución de los episodios seguida por el paciente en formato histograma. En concreto, se muestran los episodios desglosados por los niveles de alertas que componen los episodios agrupados en periodos de 24 horas. Así, se podrá ver el número de veces que el paciente ha estado en cada uno de los distintos estados del termómetro de la ira para la franja de fechas seleccionada en los filtros, pudiendo además visualizar todos los niveles de alerta o centrarse solo en un subconjunto de ellos. De esta manera, el paciente podrá seguir su progreso a lo largo del tiempo. Por ejemplo, en la figura 39 el paciente vería que para la franja temporal seleccionada ha conseguido reducir el número de veces que han saltado las alertas amarillas, naranjas y rojas.



Figura 38: Mockup de la 2ª iteración para la pantalla principal de la aplicación



Figura 39: Mockup de la 2ª iteración para mostrar el resumen de episodios en la aplicación

Al revisar este nuevo diseño con la terapeuta, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Las pantallas que se muestran se ajustan bastante a lo esperado por parte de la terapeuta, pero hay que introducir el concepto de episodio. La terapeuta define un episodio como un conjunto cronológicamente ordenado de alertas que empieza en el estado de reposo y acaba en el estado de reposo. Esa debe ser la unidad mínima con la que el terapeuta debe trabajar y no usar la alerta como unidad mínima.
- El termómetro con el nivel de ira de la figura 38 debe ir al revés: el elemento de mayor grosor tiene que ir a la izquierda (que representará el menor nivel de ira).
- Se debe incluir un *widget*² en la aplicación en el que aparezca un pequeño termómetro con el nivel de ira del paciente en ese momento para que el

² Un *widget* es una pequeña aplicación para el móvil que permite al usuario visualizar en la pantalla de inicio información dinámica de una aplicación sin que sea necesario que el usuario interactúe con la aplicación. Un ejemplo sería un *widget* para mostrar el nivel de batería en el móvil.

paciente pueda ver su estado actual de la ira sin necesidad de abrir la aplicación.

- Se deben incluir mensajes de alertas motivacionales tipo *toast*³ como refuerzo positivo para el paciente cuando se detecte una disminución continuada de sus episodios de ira.
- A la hora de interpretar la actividad fisiológica del paciente, es necesario discernir entre episodios de ira y episodios provocados por actividades que puedan generar mayor activación que no impliquen episodios de ira (como al realizar ejercicio físico o al mantener relaciones sexuales).
- En esta iteración la terapeuta echó en falta poder ver cómo quedaría la pantalla principal de la aplicación móvil con el estado de la ira del paciente (figura 38) cuando el paciente no está experimentando un episodio de ira.
- En la pantalla principal (figura 38) es necesario añadir que el paciente pueda seleccionar entre una lista de opciones la causa principal que ha generado el episodio de ira que está experimentando.
- Una vez que se ha sugerido una pauta al paciente, pasado un tiempo, habrá que preguntar al usuario si ha seguido la pauta que se le ha recomendado. Si responde afirmativamente y el paciente no se encuentra en estado de reposo, se le mostrarán más pautas acordes a su nivel actual de ira. Si responde negativamente, se preguntará al paciente por qué no ha seguido la pauta y, a continuación, se le mostrará una nueva pauta.

5.3.2.2 *Diseño de la aplicación web del terapeuta*

En la primera iteración hubo funcionalidades de la aplicación web del terapeuta que ya quedaron cerradas, estas fueron: inicio de sesión, registrar/-modificar paciente, registrar / modificar pauta y registrar / modificar grupo de pautas. Por ello, en esta iteración solo se crearon prototipos para las funcionalidades aún no cerradas.

En la figura 40 podemos ver la página principal de la web. En ella se muestran todos los pacientes que tiene asociados el terapeuta. De cada paciente se

³ Un *toast* es un mensaje flotante rectangular que se puede visualizar en el móvil sin tener abierta la aplicación que lo ha emitido. Un ejemplo sería una alerta de mensajería instantánea en la que se mostrase el número de mensajes sin leer.

muestra la foto, el nombre y apellidos, la edad y el número de alertas de cada tipo. Cada paciente podrá ser borrado o modificado usando los iconos correspondientes de la columna acción. El listado se podrá filtrar por fechas o por el número de alertas.

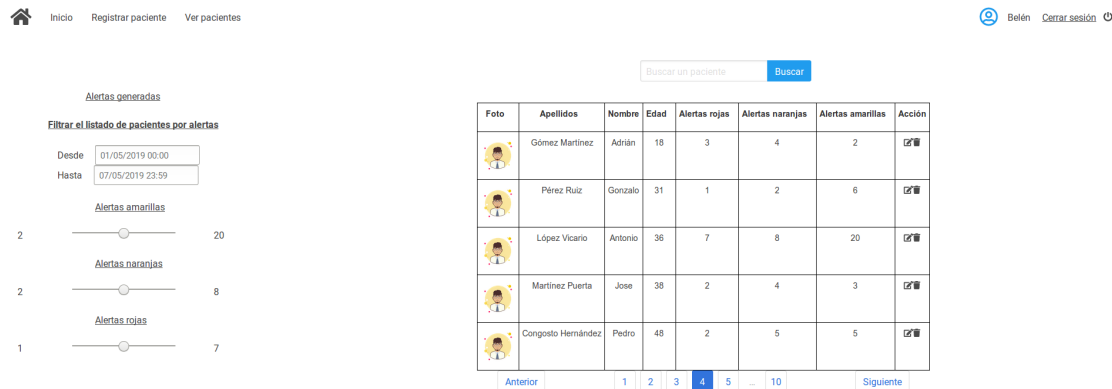


Figura 40: Mockup de la 2ª iteración de la pantalla principal de la web

Si se pulsa sobre alguno de los pacientes de la pantalla anterior, se mostrará su información ampliada. Para mostrar esta información, se creó la pantalla de las figuras 41 y 42 (es la misma pantalla cortada en dos imágenes). En la figura 41 se muestra la información básica del paciente, un histograma con el nivel de alertas de cada tipo para un periodo de tiempo de una semana y una tabla con el resumen de los episodios que se han producido en ese periodo de tiempo. En esta tabla, al clicar sobre los checkboxes de la columna "seleccionar" y posteriormente pulsar en el botón "revisar alertas" que aparece en la figura 42, se mostrarán los elementos que aparecen debajo de este botón. Estos elementos son el desglose de las alertas de los episodios seleccionados, incluyendo las pautas recomendadas y la utilidad de las mismas representadas de manera binaria (si ha sido útil o no).

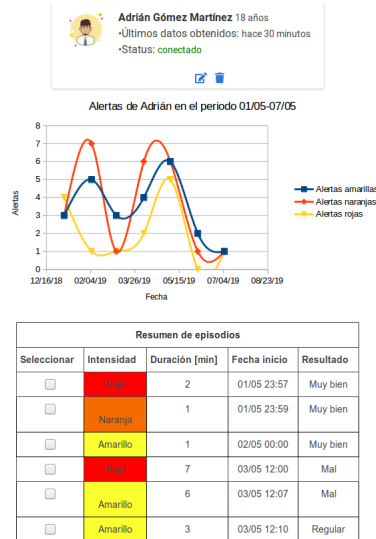


Figura 41: Mockup de la 2ª iteración de la pantalla de resumen de episodios de la web (parte I)



Figura 42: Mockup de la 2ª iteración de la pantalla de resumen de episodios de la web (parte II)

En la figura 43 se muestra la pantalla que permite al terapeuta ver las distintas pautas que ha creado. Estas pautas están agrupadas por el nivel de ira del paciente en el que podrían aparecerle al paciente. La tabla tiene cuatro columnas. La primera columna incluye el texto de la pauta que le aparecería al paciente; la segunda columna incluye la eficiencia que esa pauta ha tenido a la hora de reducir el nivel de ira entre todos los pacientes del terapeuta; la tercera

columna incluye el porcentaje de veces que dicha pauta ha sido descartada y la cuarta columna incluye las acciones que se pueden realizar sobre dicha pauta: editar o borrar. Al pulsar sobre el botón editar, el campo con el texto de la pauta se podría editar. Por último, si se quiere añadir una pauta, debajo de los marcadores de páginas de pautas de cada nivel de ira se encuentra una entrada de texto en la que se podría incluir el texto de una nueva pauta que se crearía tras clicar sobre el botón "añadir".

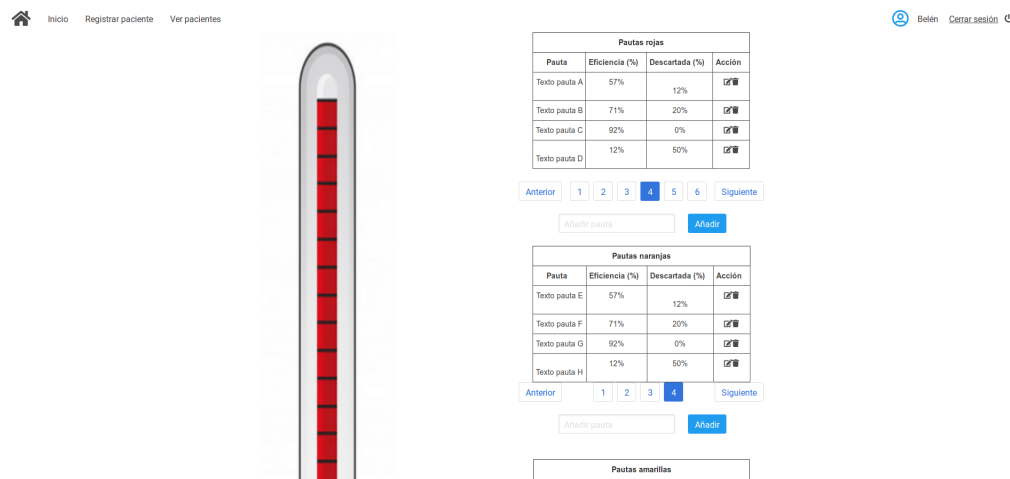


Figura 43: Mockup de la 2ª iteración de la pantalla de pautas de la web

Tras la reunión con la terapeuta, los puntos que se sacaron en claro fueron los siguientes:

- La terapeuta trabaja con los pacientes al nivel de episodios, no de alertas, por lo que tanto la gráfica como el desglose de episodios que aparecen en las figuras 41 y 42 son incorrectas. Es necesario agrupar dichas alertas en episodios, tal y como se ve en la tabla de la figura 41. Al realizar dicho desglose en el elemento que hay debajo del botón "revisar alertas" de la figura 41, no debe aparecer el concepto de alerta sino que se tiene que agrupar la información por lapsos de tiempo. Por ejemplo, si en el episodio que se ha seleccionado ha estado 30 segundos en el estado rojo y se determina que el lapso de tiempo por el que se va a agrupar la información es de diez segundos, no tiene que aparecer una única fila para esos treinta segundos de estado, sino tres filas para esos tres lapsos de diez segundos. Esto supone que se va a proporcionar al usuario información más detallada de lo que ha sucedido en ese periodo de tiempo.
- La gráfica de la figura 41 debe ser interactiva. Se menciona que la solución debe emular el diseño de los desfibriladores. En concreto, se men-

ciona que se pueda seleccionar una franja temporal en la propia gráfica y que el acordeón que hay en la parte inferior de la figura 42, se actualice para incluir la información detallada de los episodios contenidos en dicha franja temporal.

- La pantalla de la figura 43 para la gestión de las pautas es correcta.
- Se echa en falta una pantalla en la que se indique cómo se vincularían las pautas a cada paciente. A su vez, es necesario poder agrupar pautas de alguna manera para que, cuando haya que vincular las pautas para un nuevo paciente con una sintomatología similar a la de pacientes anteriores, ese agrupamiento pueda servir como guía de las pautas que le pueden ser útiles al nuevo paciente.

5.3.3 Tercera iteración

En esta iteración, las pantallas ya no eran elementos estáticos que se mostraban a la experta sino que incluían la parte de programación necesaria del backend y de transiciones entre pantallas para poder ver la manera en la que se gestionan los datos. Las herramientas que se usaron para hacer los mockups de la web y de Android, igual que en la iteración anterior, son las que se utilizaron para la implementación final. Adicionalmente, en el caso de los mockups de la web, estos se hicieron usando el *framework* de estilos CSS Bulma, utilizando macros genéricas entre las pantallas para estandarizar el formato entre ellas.

A diferencia de lo que ocurría en la segunda iteración, se han definido todas las pantallas, incluidas las que estaban cerradas desde la primera versión, para que así se pudiese valorar el mockup en su conjunto (incluyendo transiciones entre pantallas).

5.3.3.1 Diseño de la aplicación móvil de los pacientes

En este diseño, estaba programado tanto la interfaz de la aplicación como el backend, pudiendo ver la aplicación en el propio dispositivo móvil así como la interacción directa con el servidor. A continuación se describe el contenido de cada una de las pantallas.

En la pantalla de la figura 44 aparece la pantalla principal cuando se detecta que el usuario no ha registrado y calibrado el dispositivo. Al pulsar sobre

el botón "registrar el dispositivo" se cargaría la pantalla de la figura 45, mientras que al pulsar el botón "calibrar dispositivo" se cargaría la pantalla de la figura 46. En la parte inferior de la pantalla, aparece un indicador del número de pasos que se han realizado para poder utilizar la aplicación. En este caso, como no se ha registrado ni calibrado el dispositivo, aparece el literal "0/2". El botón para calibrar el dispositivo permanece bloqueado hasta que se registre el dispositivo ya que es necesario realizar primero este paso. Por otro lado, como se verá también en otras pantallas, una vez una pantalla haya cumplido su función y ya no tenga razón de ser (como ocurre con el registro del dispositivo, que solo se realiza una vez), el acceso a estas pantallas quedará bloqueado y en los literales de acceso a las mismas se concatenará el literal "(hecho)", tal y como se puede ver en la pantalla de la figura 47.



Figura 44: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de inicio cuando el dispositivo no está calibrado

En la figura 45 se puede ver cómo se realizar el registro del dispositivo. En el campo de entrada "token" se introduciría el token proporcionado por el terapeuta y al pulsar enviar, en función del resultado obtenido tras la petición a la web de registro del usuario se mostraría el mensaje de error por haber introducido un token inválido o se redirigiría al usuario a la pantalla para

realizar el calibrado de la figura 47 incluyendo un mensaje *toast* indicando que el registro se ha realizado correctamente.



Figura 45: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de registro del dispositivo

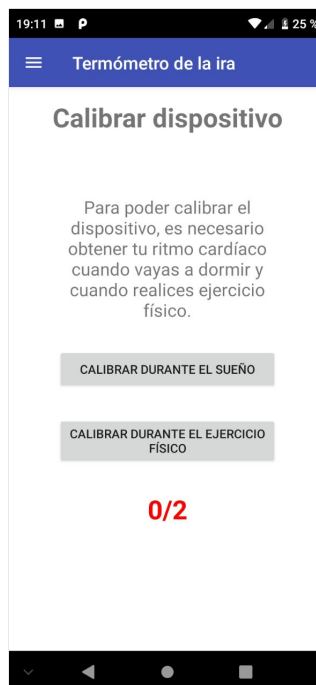


Figura 46: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar el dispositivo (I/II)



Figura 47: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar el dispositivo (II/II)

En la figura 48 se puede ver el aspecto del menú principal de la aplicación cuando el dispositivo no ha sido aún registrado (y por tanto, tampoco calibrado). En la figura 49 se puede ver el aspecto de esta misma pantalla cuando el dispositivo ha sido registrado la aplicación ha sido calibrada.

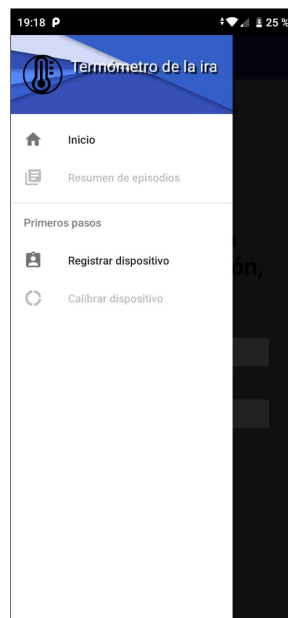


Figura 48: Mockup de la 3ª iteración del menú cuando el dispositivo no está registrado ni calibrado

Para calibrar el dispositivo, es necesario obtener los valores mínimos y máximos de las constantes fisiológicas con las que se determinarán el nivel de ira que está atravesando el paciente. Los valores mínimos se obtienen durante el sueño, tal y como se puede ver en las figuras 50 y 51. Los valores máximos se obtendrán durante una sesión de ejercicio físico que se registrará en la pantalla de la figura 52. El orden de la calibración de los valores mínimos y máximos es indiferente.

Una vez se haya finalizado la calibración durante el ejercicio físico y el sueño, se cargará la que será la pantalla de la figura 53, que a partir de ahora será la nueva pantalla principal, sustituyendo a la pantalla de la figura 44, que al dejar de tener razón de ser pasará a dejar de ser accesible. En esta nueva pantalla principal se puede ver un icono que representa el termómetro de la ira con cinco estados correspondientes a los valores enteros entre cero y cuatro. Este icono viene acompañado de un literal con la denominación del nivel de ira siguiendo un patrón de colores similar al de un semáforo y un literal con el nivel de ira actual del paciente entre cero y cuatro. Tras esto, se puede ver un literal en el que aparecerán el número de episodios en las últimas 24 horas y si este número de episodios es igual al día anterior o el número de episodios mayor o menor respecto al día anterior.

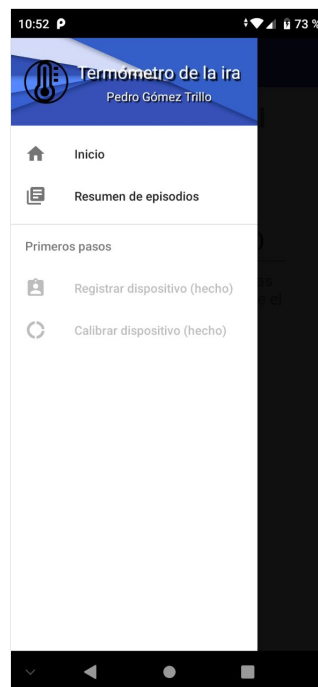


Figura 49: Mockup de la 3ª iteración del menú cuando el dispositivo está calibrado

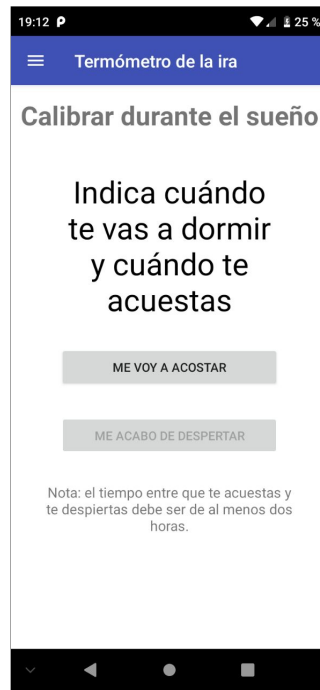


Figura 50: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar durante el sueño (I/II)

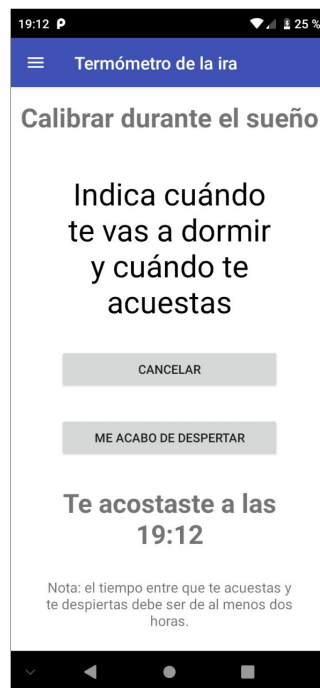


Figura 51: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar durante el sueño (II/II)

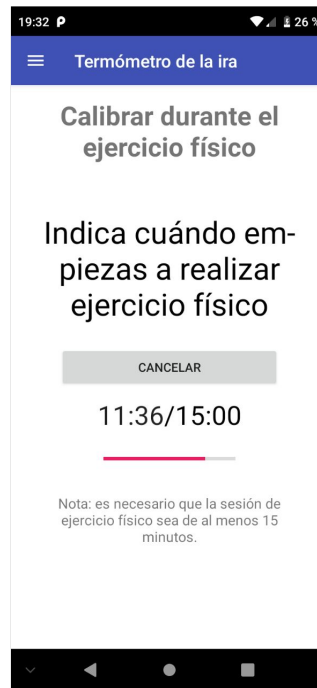


Figura 52: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para calibrar durante el ejercicio físico



Figura 53: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de inicio cuando el dispositivo está calibrado

La pantalla de la figura 54 se cargará automáticamente cuando se inicie un episodio. En esta pantalla, el usuario deberá determinar el motivo principal de la ira tras lo cual, se cargará la pantalla de la figura 55. Las trece opciones que se muestran en esta pantalla para seleccionar el motivo principal de la ira se han obtenido combinando la información de múltiples páginas informales de internet. Estos motivos de la ira que aparecen en la aplicación son:

1. Rechazo, exclusión, ser ignorado.
2. Inseguridad
3. Engaño
4. Vejaciones verbales
5. Sentirse avergonzado
6. Frustración o impotencia
7. Decepción
8. Tristeza
9. Miedo a perder algo
10. Impaciencia
11. Ataque físico
12. Otro motivo



Figura 54: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de selección del motivo del episodio de ira

En la pantalla de la figura 55 aparecerá la pauta recomendada al paciente para reducir su nivel de ira. En caso de querer ver otra pauta, podrá cambiar de pauta pulsando sobre las fechas de la izquierda y derecha. A su vez, podrá rellenar comentarios sobre la pauta en cuestión que serán después enviados al terapeuta. El botón para guardar los comentarios estará deshabilitado siempre que no se detecte que el campo de texto de comentarios está relleno, acción que habilitará este botón. Cuando el paciente encuentre la pauta más adecuada (se presupone que el paciente siempre va a encontrar una pauta que le sea útil y que éste aplique) pulsará sobre el botón "pauta aplicada" y se cargará la pantalla de la figura 56.

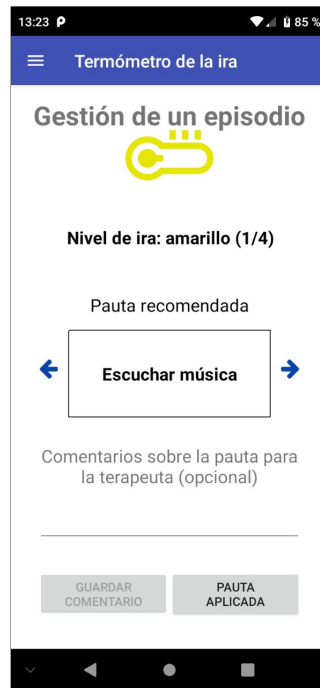


Figura 55: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de la pauta recomendada

En la pantalla de la figura 56 el usuario deberá indicar si la pauta que finalmente aplicó le resultó útil o no. Tras esto, si se detecta que el nivel de ira del paciente ha bajado a cero, se cargará la pantalla 53, es decir, la pantalla principal para cuando ya se ha registrado y calibrado el dispositivo. En caso contrario, se cargará la pantalla 55, es decir, la pantalla en la que se recomienda una pauta para el nivel de ira detectado, y se seguirá este mismo ciclo hasta que se detecte que ha finalizado el episodio de ira.

En la pantalla de las figuras 57 y 58 se puede ver la búsqueda que puede hacer el usuario para ver la evolución de los episodios del paciente agrupados en intervalos de un día. Se muestran tres gráficas, con la que se puede determinar el número de episodios por día y la duración media y total de estos episodios, para que así el paciente pueda ver su evolución a lo largo del tiempo. El acceso a estas pantallas se puede realizar a través del menú principal (figura 49) o a través del botón "resumen de episodios pasados" de la pantalla principal cuando el dispositivo está registrado y calibrado (figura 53).

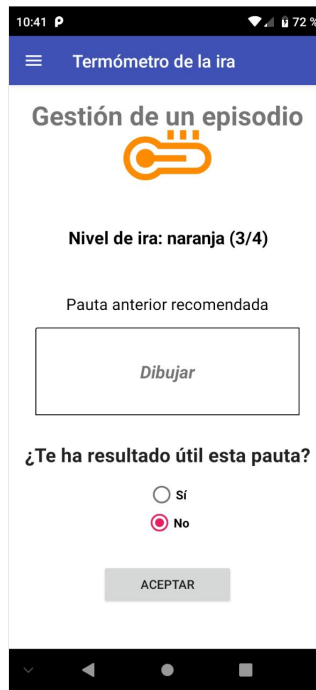


Figura 56: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de valoración de la pauta



Figura 57: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de historial de episodios (I/II)

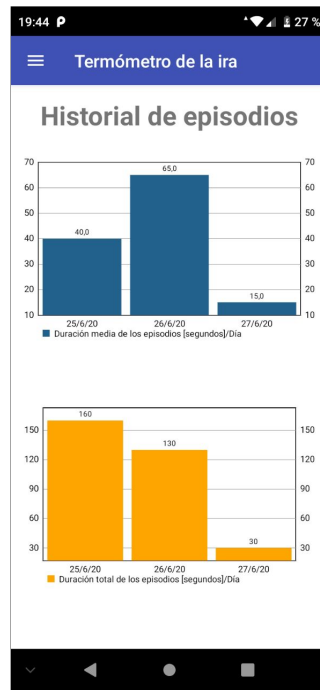


Figura 58: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de historial de episodios (II/II)

5.3.3.2 Diseño de la aplicación web del terapeuta

Para el diseño de la web, ha sido vital contar con un *framework* de estilo CSS que ahorrara tiempo y sirviera para estandarizar el *frontend*. Para la interfaz, se han utilizado extensivamente las cajas. Las cajas, son una división de html con bordes grises que ha servido para agrupar elementos similares, como pueden ser los elementos secundarios de una tabla (número de registros totales, nombre de la tabla y paginadores) y la tabla en sí. Las operaciones que se realizan en la interfaz están conectadas con la base de datos de *Mongo*, por lo que las operaciones *CRUD* que se realizan en la interfaz, se persisten en *Mongo*. La única limitación del diseño respecto a la implementación es que la web no está conectada por *RabbitMQ* a la aplicación *Android*, por lo que todos los datos son inventados y no hay un flujo de datos en tiempo real, ya que para evaluar el diseño es innecesario.

En la figura 59 se puede ver la página principal de la web. En la parte superior, aparecen el número de pautas, pacientes y grupos registrados por el terapeuta. Cada uno de ellos redirigiría a la página correspondiente de búsqueda de pautas, pacientes o grupos. En la parte inferior, hay un seleccionable con todos los pacientes y una serie de filtros para ver todos los episodios del paciente que se ha seleccionado en la franja temporal indicada.

Tras realizar la búsqueda, se rellenaría una tabla con una fila por cada episodio. Los episodios de esta lista podrán ser luego vistos uno a uno en detalle al clicar sobre los enlaces de cada fila con la palabra "ver".

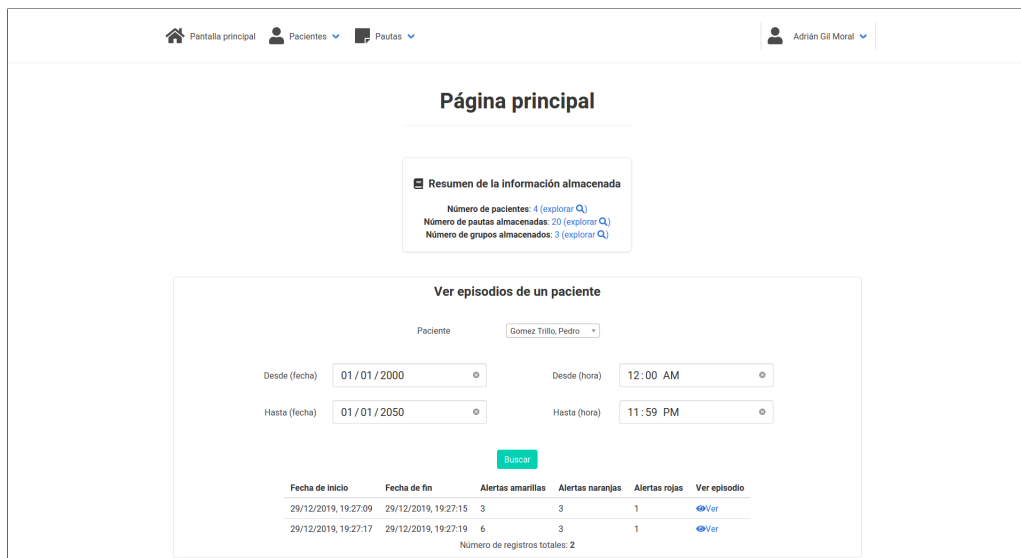


Figura 59: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla principal de la web

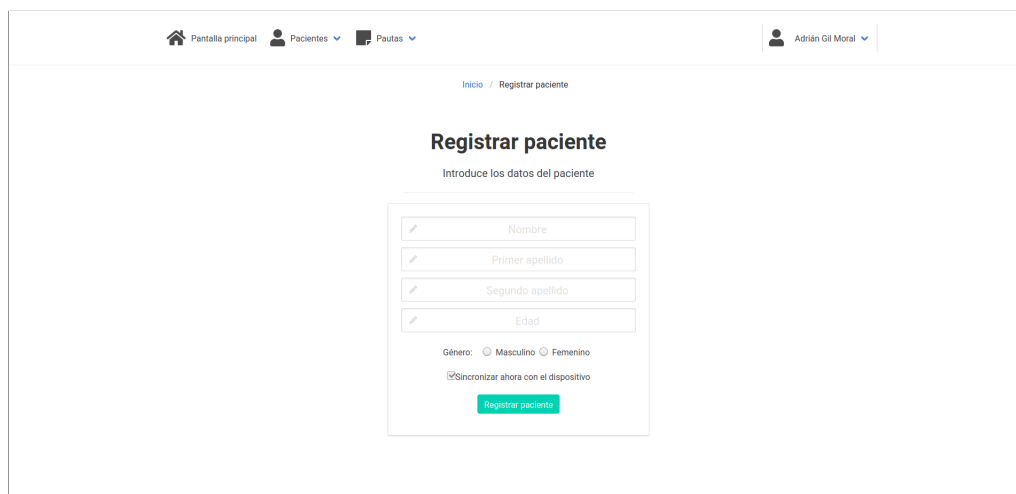


Figura 60: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de registro del paciente en la web (1/2)

En la figura 60 aparece el formulario para registrar un paciente. La información obligatoria que hay que introducir es el nombre, primer apellido, edad y género del paciente. El único campo opcional es el del segundo apellido, ya que en algunos países como Inglaterra solo usan un apellido. Al pulsar sobre el botón para registrar paciente, este primer formulario se desplazará a la izquierda y todos los campos se volverán no editables, tal y como se ve en

la figura 61. En paralelo, se mostrará un mensaje indicando al terapeuta el *token* que el paciente que se está registrando debe introducir en la aplicación móvil. Por motivos de seguridad, se da un plazo de cinco minutos, por lo que se espera que el paciente acuda a la consulta con su dispositivo móvil y se descargue la aplicación en la consulta. En caso de haber introducido algún dato erróneo, se cancelaría el proceso de sincronización y los campos del formulario se volverían editables. En el caso de que sí se produzca la sincronización con el dispositivo móvil, se redireccionaría a la página principal y se indicaría mediante un mensaje que se ha completado correctamente el registro del usuario.

La imagen muestra una interfaz de usuario para el registro de un paciente. En la parte superior, hay un menú de navegación con 'Pantalla principal', 'Pacientes' y 'Pautas', y un perfil de usuario 'Adrián Gil Moral'. El título principal es 'Registrar paciente' con el subtítulo 'Introduce los datos del paciente'. El formulario contiene los siguientes campos:

- Nombre: elena
- Apellido: ap1
- Descripción: desc
- Edad: 21
- Género: Masculino Femenino
- Sincronizar ahora con el dispositivo
- Botón 'Cancelar'

Un mensaje de seguridad indica: 'Token para emparejar al paciente con la pulsera: 344F4E'. Un aviso importante dice: 'Importante: por motivos de seguridad, es necesario emparejar la pulsera con el dispositivo en los próximos 5 minutos (es decir antes de las). En caso de no realizar el emparejamiento en dicho intervalo, el registro del usuario se considerará inválido y deberá volver a realizarse.'

Figura 61: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla de registro del paciente en la web (2/2)

La imagen muestra una interfaz de usuario para ver los pacientes. En la parte superior, hay un menú de navegación con 'Pantalla principal', 'Pacientes' y 'Pautas', y un perfil de usuario 'Adrián Gil Moral'. El título principal es 'Ver pacientes'. Debajo hay un formulario de filtrado con los siguientes campos:

- Nombre: Nombre
- Primer apellido: Primer apellido
- Segundo apellido: Segundo apellido
- Edad: Edad (con icono de lupa)
- Género:
- Pautas:
- Grupos:
- Botón 'Buscar'

Debajo del formulario hay una tabla de resultados:

Nombre	Primer apellido	Segundo apellido	Género	Edad	Ver paciente	Eliminar paciente
Pedro	Gomez	Trillo	♂ Masculino	30	Ver	Eliminar

Número de registros totales: 1

Figura 62: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para ver pacientes en la web (2/2)

En la figura 62 se encuentra un buscador genérico de pacientes. Se puede buscar a los pacientes por nombre, primer apellido, segundo apellido, edad, género y pautas que tenga asociadas. Tras realizar la búsqueda, debajo de estos filtros se rellenaría la tabla con los registros de todos los pacientes que coincidan con dichos criterios. Si no se rellena ninguno de los campos, se mostrarían todos los pacientes almacenados. Cada fila incluye un enlace para ver la información detallada de cada paciente. A su vez, es desde esta pantalla desde la que se pueden borrar pacientes. Antes de realizarse un borrado de un paciente, aparecería una ventana emergente como la que se ve en la figura 63 con la información del registro que se eliminaría. Esta ventana es análoga a la que se mostraría antes del borrado de pautas o grupos. En caso de pulsar aceptar, se realizaría un borrado físico de dicho registro.

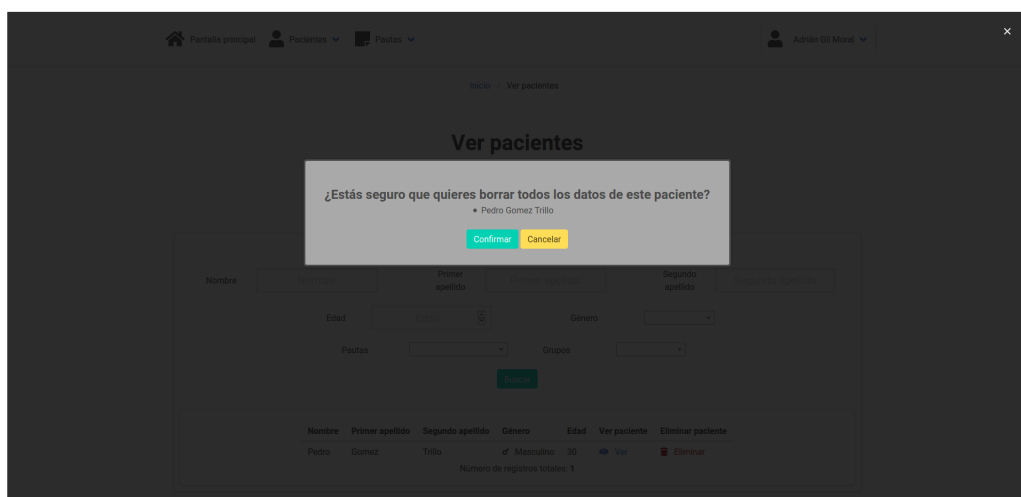


Figura 63: Mockup de la 3ª iteración de una ventana emergente en la web

En la figura 64 se puede ver la información de un paciente. En esta pantalla, la información es no editable, pero se incluyen enlaces para editar la información personal del paciente, enlazar pautas al paciente o registrar una nueva pauta para el paciente dado. La única excepción a esta regla es que se pueden desvincular pautas sin salir de esta pantalla. El motivo por el que se tomó esta decisión es porque si no, se necesitaría incluir una pantalla extra de profundidad para editar las pautas, lo que se consideraba que podría ser capcioso para el usuario.

The mockup displays a web interface for viewing a patient's information. At the top, there is a navigation bar with 'Pantalla principal', 'Pacientes', and 'Pautas' menus, and a user profile for 'Adrián Gil Moral'. The main heading is 'Ver paciente'.

Datos del paciente

Nombre: Pedro
 Primer apellido: Gomez
 Segundo apellido: Trillo
 Edad: 30
 Género: Masculino

[Modifica](#)

Pautas asociadas

Nombre	Intensidad amarilla	Intensidad naranja	Intensidad roja	Ver pauta	Desvincular del paciente
nombrePauta	✗	✓	✗	Ver	Desvincular
pauta2	✓	✓	✓	Ver	Desvincular
pauta3	✓	✗	✗	Ver	Desvincular
pautaPruebaPac	✓	✗	✓	Ver	Desvincular
pautaPruebaPac2	✓	✗	✗	Ver	Desvincular
patt1	✓	✓	✓	Ver	Desvincular
pauta00	✓	✗	✗	Ver	Desvincular
p104	✓	✗	✗	Ver	Desvincular
p105	✓	✗	✗	Ver	Desvincular
asdas	✗	✗	✓	Ver	Desvincular
p300	✓	✗	✗	Ver	Desvincular
p1011	✓	✗	✗	Ver	Desvincular

Número de registros totales: 12

[Registrar una nueva pauta](#) [Enlazar una pauta ya creada](#)

Ver episodios del paciente

Filtrar resultados

Desde (fecha): 01 / 01 / 2000 Desde (hora): 12:00 AM
 Hasta (fecha): 01 / 01 / 2050 Hasta (hora): 11:59 PM

[Buscar](#)

Fecha	Hora de inicio	Fecha de fin	Alertas amarillas	Alertas naranjas	Alertas rojas	Ver episodio
29/12/2019	19:27:09	19:27:15	3	3	1	Ver
29/12/2019	19:27:17	19:27:19	6	3	1	Ver

Figura 64: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para ver un paciente en la web

En la figura 65 se puede ver cómo se podría modificar la información personal del paciente. La información que se muestra es el formulario de registro de paciente pero estableciendo como valores por defecto de los campos (todos ellos editables) los valores del paciente. En caso de pulsar sobre el botón volver, se cargará la página que se encuentre por encima en la jerarquía, que en este caso es la página para ver la información del paciente. Al pulsarlo, no se guardarán las modificaciones que se hayan hecho en esta pantalla. En caso de modificar dicho registro y de pulsar sobre guardar, se volvería a la pantalla para ver el paciente en cuestión incluyendo un mensaje flotante para indicar que el paciente se ha modificado correctamente.

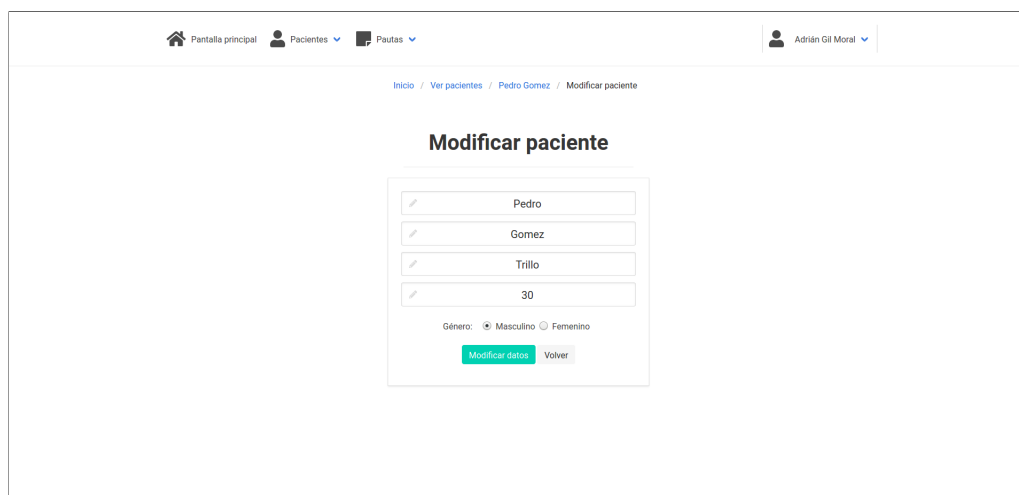


Figura 65: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para modificar un paciente en la web

En la figura 66 aparece la pantalla que se mostraría al clicar sobre el botón "registrar una nueva pauta" en la pantalla para ver un paciente. El formulario que aparece es el mismo que para registrar una nueva pauta, solo que en este caso la pauta al registrarse se vincularía directamente al paciente en cuestión.



Figura 66: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para crear una nueva para pauta para un paciente en la web

En la figura 67 se puede ver la pantalla que se carga al clicar sobre el botón "enlazar pautas" en la pantalla para ver el paciente. Es un formulario de búsqueda de todas las pautas en la que debajo aparece la lista de pautas que coinciden con los parámetros de búsqueda. Esta tabla incluye una

columna con una caja seleccionable por cada fila (siendo, a su vez, una pauta por fila). Al pulsar sobre el botón "enlazar pautas", se vincularían las pautas seleccionadas al paciente en el que se haya hecho clic en el botón de "enlazar pautas". La información de este paciente aparece a su vez en la parte superior de la página. Por último, como en caso de que haya más registros en la tabla que el límite de filas por tabla que se haya establecido, se mostrará debajo de la tabla un seleccionable con todas las páginas de la tabla. Al cambiar el número de página de las tablas, se actualizarán los registros de la tabla. Estos marcadores se incluyen en todas las tablas de la web, pero solo se muestran al usuario si hay más de una página.

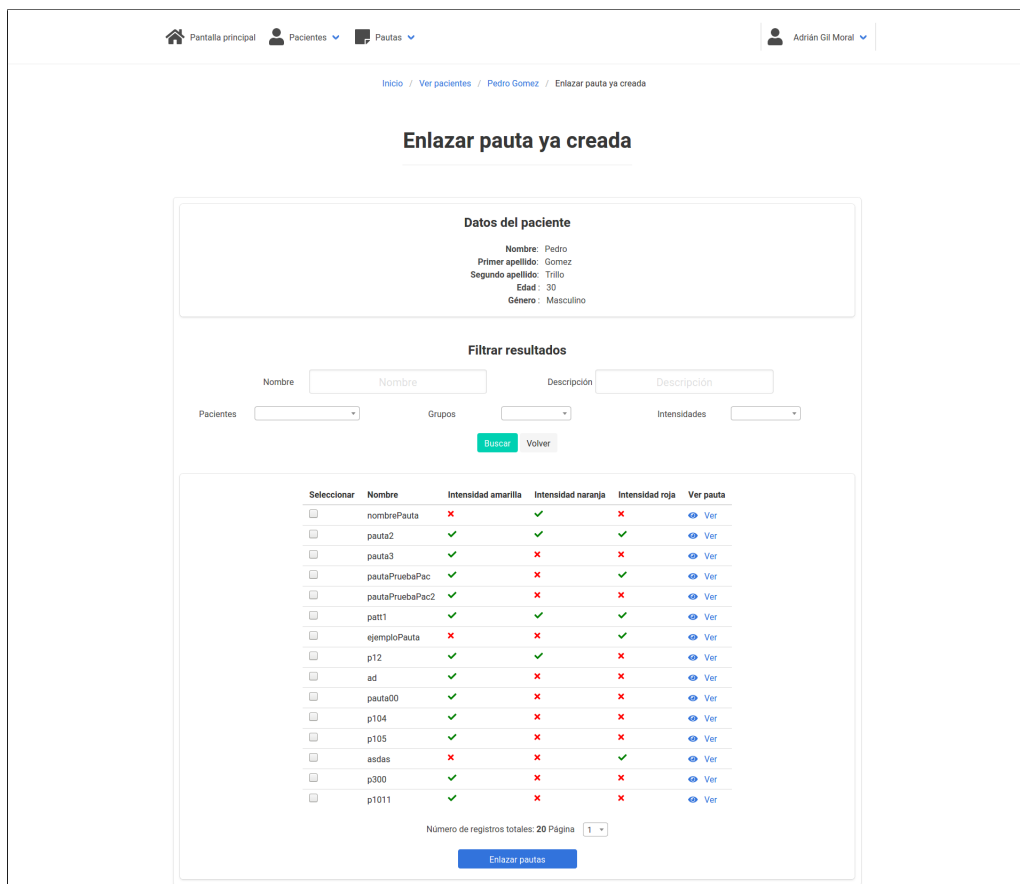


Figura 67: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para enlazar una para pauta para un paciente en la web

En la figura 68 aparece la pantalla para registrar una pauta. Los datos obligatorios son nombre de la pauta (que será el literal que le aparezca al usuario en el dispositivo móvil) e intensidades de la ira asociadas. De manera optativa, se puede incluir una descripción. Esta descripción sólo la visualizará el terapeuta.

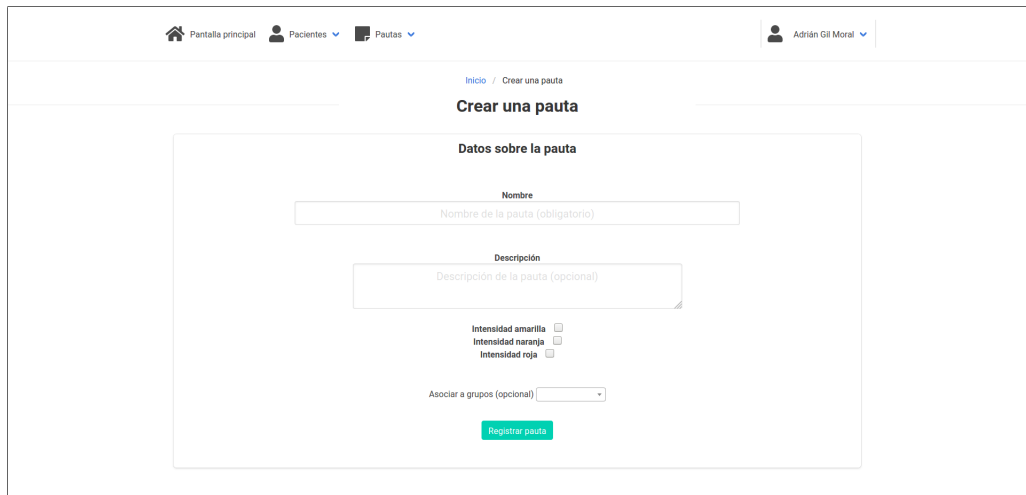


Figura 68: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para registrar una nueva pauta en la web

En la figura 69 se puede ver la información detallada de un episodio de un paciente. Esto incluye el histograma con el nivel de alerta y una tabla en la que aparece el nivel de alerta en cada momento, la pauta que se le recomendó al paciente, si la siguió o no y los comentarios opcionales del paciente.

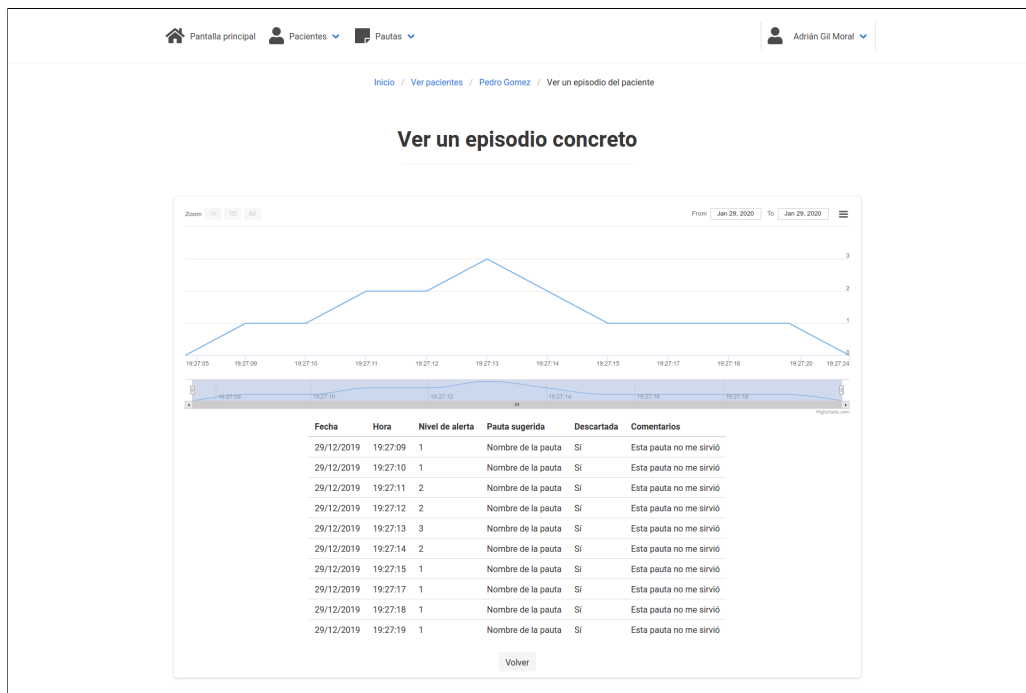


Figura 69: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para ver un episodio en la web

En la figura 70 se encuentra un formulario de búsqueda de pautas por nombre, descripción, intensidades y pacientes y grupos asociados. En la parte

inferior, se encuentra una tabla con los resultados de la búsqueda de pautas. Esta es la única pantalla desde la que se pueden eliminar pautas.

En la figura 71 se encuentra la información de una pauta. Se incluyen los datos de la pauta, la tabla de paciente que hacen uso de la pauta y la tabla de grupos que incluyen esta pauta. Estas dos últimas pautas incluyen una columna para desvincular cualquiera de los registros de la pauta en cuestión así como enlaces para vincular la pauta a nuevos pacientes y/o grupos.

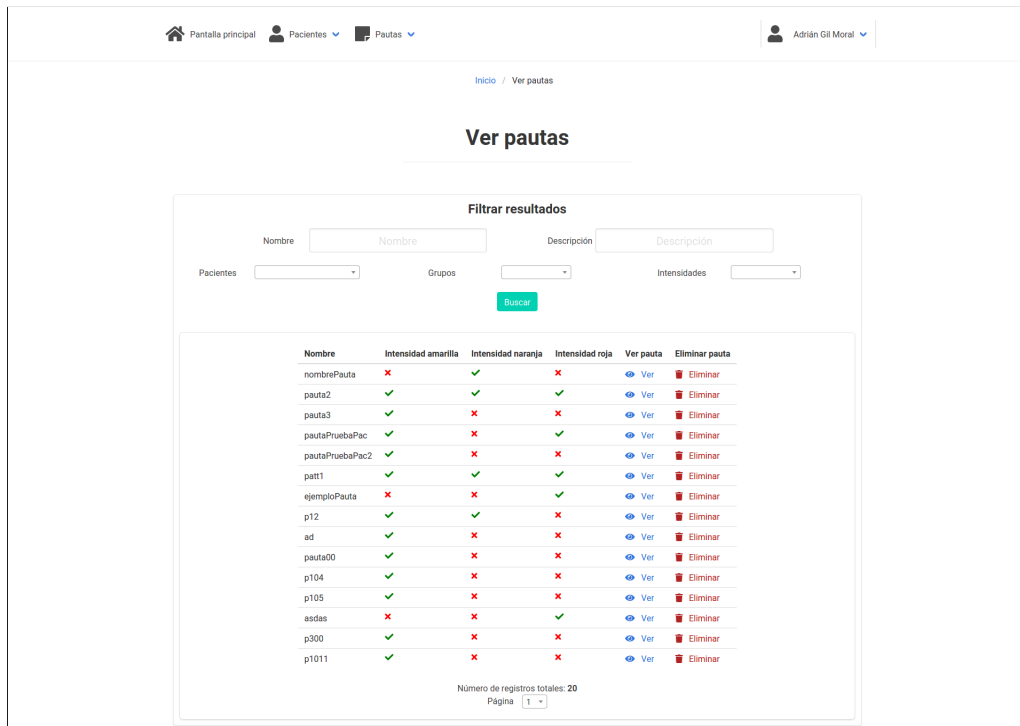


Figura 70: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para ver pautas en la web

Al pulsar sobre el botón "editar" en la pantalla 71, se cargaría la pantalla de la figura 74. Esta pantalla incluye el formulario que se utilizó para registrar la pauta precargado con los datos de la pauta que se pretende modificar.

Al pulsar el botón "enlazar un nuevo paciente" se cargaría la pantalla 72. Esta pantalla cuenta con un formulario de búsqueda de pacientes precedido por una tabla con los pacientes que resulten de la búsqueda. La primera columna de dicha tabla con la información de los pacientes sería una caja seleccionable por fila. Al pulsar sobre el botón para enlazar pauta a pacientes, se vincularía dicha pauta a los pacientes seleccionados.

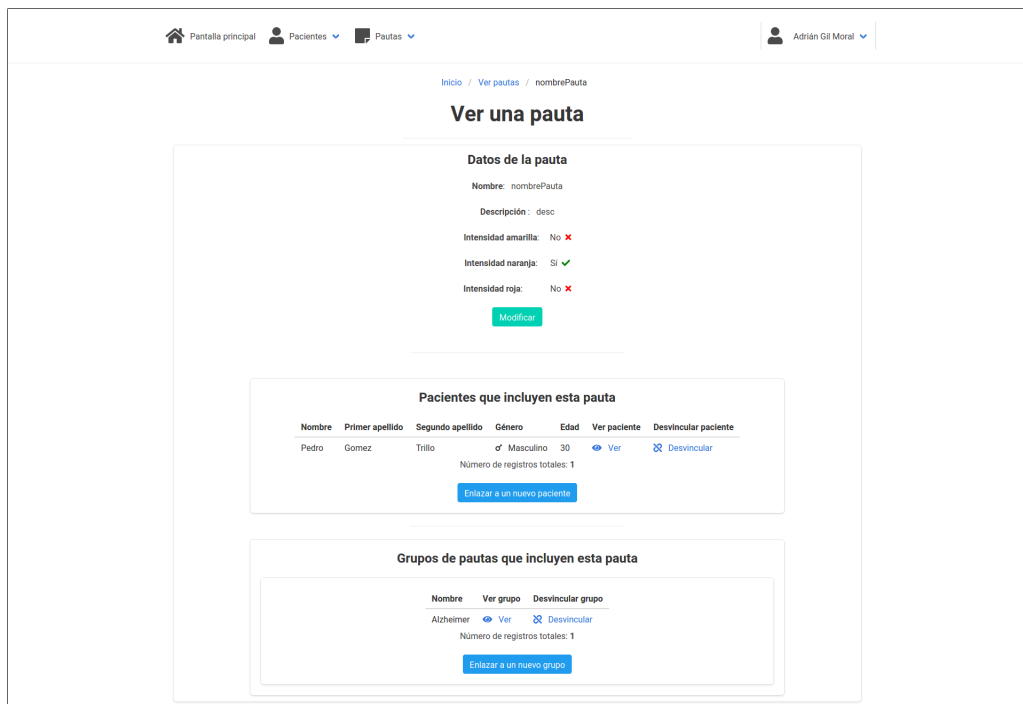


Figura 71: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para ver una pauta en la web

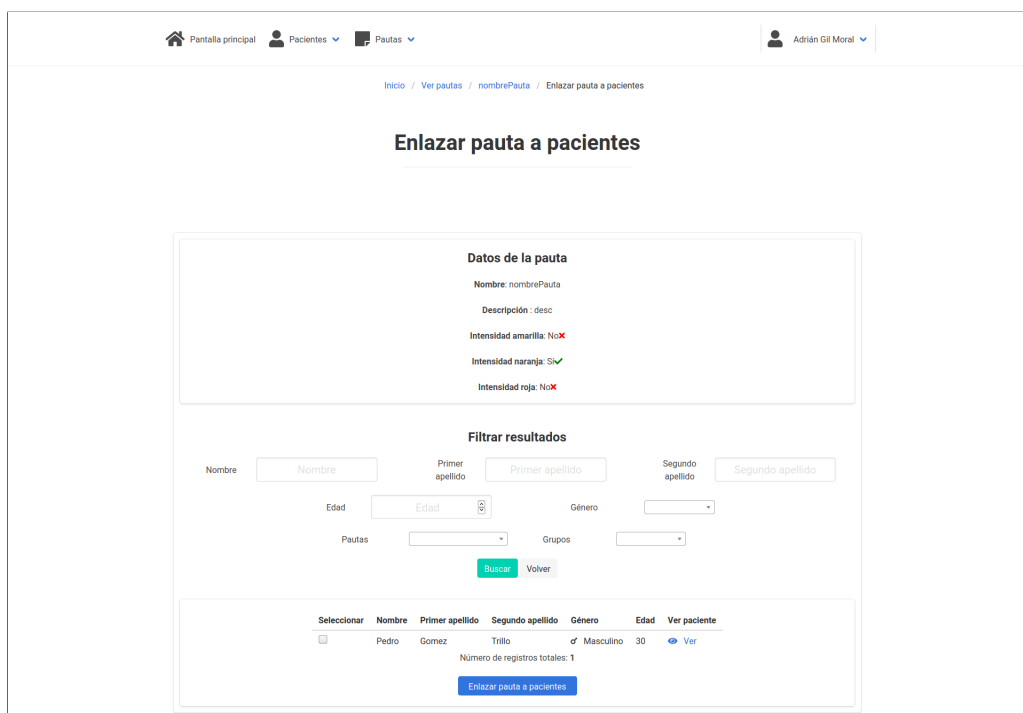


Figura 72: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para enlazar una pauta a pacientes en la web

Al pulsar el botón "enlazar un nuevo grupo" se cargaría la pantalla 73. Esta página incluye un formulario de búsqueda de grupos y una tabla con

los resultados de búsqueda. Su primera columna es una caja seleccionable por fila. Al pulsar sobre el botón para enlazar pauta a pacientes, se vincularía dicha pauta a los pacientes seleccionados.

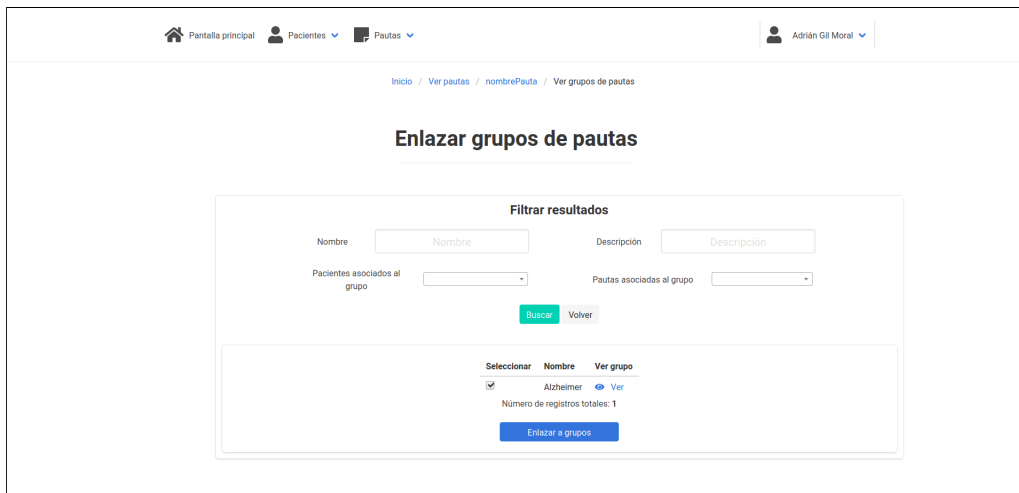


Figura 73: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para enlazar una pauta a grupos en la web

En la pantalla 74, se puede ver el formulario de registro de la pauta con los valores que tenga la pauta. Si se clic sobre volver, se cargaría la página para ver la pauta en cuestión y se perderían los cambios. Al dar clic en modificar, se persistirían los cambios.

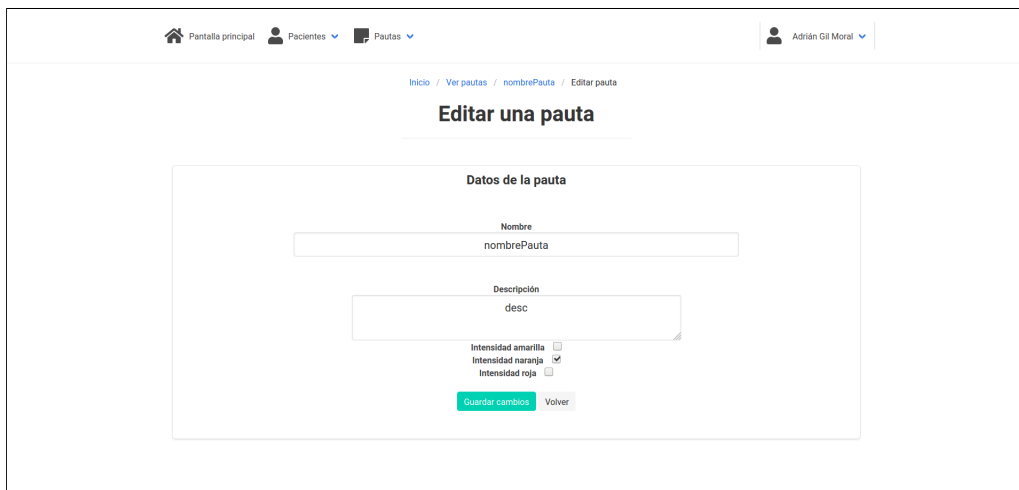


Figura 74: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para enlazar una pauta en la web

En la pantalla 75, se registraría un grupo de pautas. En este formulario se incluye directamente un seleccionable en el que se pueden marcar varias opciones con todas las pautas almacenadas que formarán parte del grupo.

Figura 75: Mockup de la 3ª iteración de la pantalla para registrar un grupo en la web

Tras brindarle a la experta los credenciales necesarios para poder acceder a la web, las respuestas referentes a este diseño fueron muy positivas. Las únicas modificaciones que fue necesario realizar fue la inclusión de un cuarto nivel de posibles estados en el termómetro de la ira y agrupar las columnas de nombre y apellidos de los pacientes en una única celda.

5.4 IMPLEMENTACIÓN

En esta sección se encuentra la explicación de los distintos componentes tecnológicos de la solución final que se ha llevado a cabo. Es importante destacar que el debate en torno a las distintas tecnologías que se barajaron se encuentra en el capítulo dedicado a las herramientas tecnológicas (capítulo 4), por lo que las explicaciones de esta sección partirán de las conclusiones de dicha discusión.

5.4.1 *Arquitectura de la aplicación*

En la figura 76 se muestra la arquitectura de la solución. La solución tecnológica se compone de una aplicación móvil Android, que a su vez contiene una base de datos SQLite y un segundo método de almacenamiento con Sharedpreferences. La base de datos SQLite se usa para almacenar información más compleja y persistente, como son las pautas o los episodios de ira, mientras que Sharedpreferences se usa principalmente para guardar información más simple y dinámica, como el fragmento activo en la aplicación.

El dispositivo móvil está conectado por BLE a un anillo inteligente de Moodmetric, del que se obtiene la actividad electrodérmica de la piel y la aceleración. Por otro lado, de la pulsera inteligente de Hexiwear se obtendría el ritmo cardíaco, pero esto finalmente se ha simulado en la aplicación quedando esta conexión para trabajo futuro.

La aplicación móvil se conecta periódicamente a la web por peticiones API Rest realizadas con SSL para mayor seguridad. Esta aplicación web está realizada en Python con el Framework de Flask. La interfaz se ha realizado con HTML+CSS con el framework de Bulma y los iconos de Fontawesome. Esta web cuenta con una base de datos MongoDB y una base de datos SQLite. Toda la información de la web se guarda en la base de datos MongoDB salvo las credenciales, que se almacenan en la base de datos de SQLite.

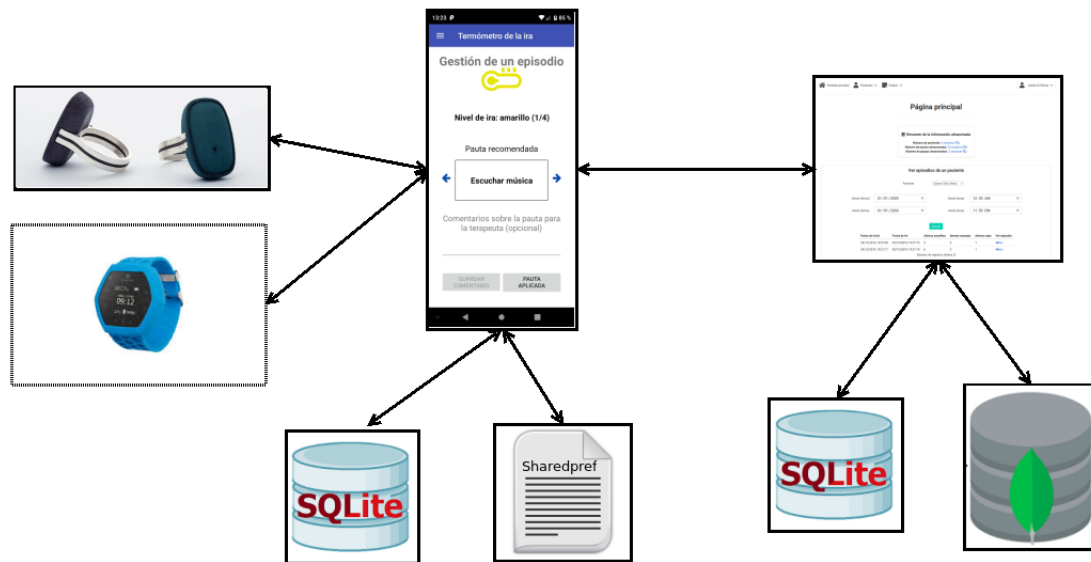


Figura 76: Arquitectura de la aplicación

5.4.2 Flujo de datos

En la figura 77 se muestra el flujo de datos del termómetro de la ira. La aplicación funcionaría de la siguiente forma:

- El paciente debe acudir a la consulta con el dispositivo móvil que va a utilizar para gestionar la ira. El terapeuta registrará en la consulta al pa-

ciente, al que le proporcionará un token que el paciente introducirá en la aplicación Android para emparejar el dispositivo móvil con el paciente.

- Una vez se empareje el dispositivo móvil, internamente se le asignará un segundo token, el token de comunicación. Este es el token que utilizará el dispositivo móvil para identificar al usuario en las comunicaciones con el servidor.
- A través de una serie de dispositivos inteligentes se recogen el ritmo cardíaco, la actividad electrodérmica de la piel y la aceleración del paciente. Estas constantes del paciente serán necesarias para determinar el nivel de ira del paciente.
- Una vez el paciente se haya registrado, se deberán calibrar los dispositivos inteligentes. Esta calibración supone obtener unas mediciones basales en estado de reposo (en este caso, mientras está durmiendo) y otras mediciones cuando se está realizando ejercicio físico, ya que cada persona tiene unas constantes fisiológicas distintas. En el caso de la pulsera, como ya se adelantó, estas mediciones son simuladas.
- Los datos recogidos por los dispositivos inteligentes son enviados a la aplicación Android que determinará el nivel de ira del paciente y lo almacenará en el servidor. Además, si se detecta un episodio de ira la aplicación móvil se lo comunicará al paciente y le ayudará a gestionarlo mostrándole distintas pautas para intentar hacer desaparecer la ira.
- Cuando el paciente se encuentre inmerso en un episodio de ira, podrá descartar pautas y solicitar pautas nuevas. A su vez, podrá añadir si las pautas le resultaron útiles y comentarios sobre las mismas que podrán ser luego revisados por el terapeuta a través de la aplicación web para así poder ajustar mejor las pautas de cada paciente.
- El terapeuta podrá consultar todos los datos almacenados en el servidor de cada paciente, lo que incluye la evolución histórica de los episodios de ira a lo largo del tiempo. Esto le servirá de ayuda en sus sesiones presenciales y le ayudará a establecer las pautas que mejor se ajusten a la realidad de cada paciente.
- Las pautas que le aparecen a los pacientes son definidas en la web por el terapeuta. Estas pautas únicamente podrán ser asignadas y modificadas por el terapeuta. El paciente no podrá modificarlas.

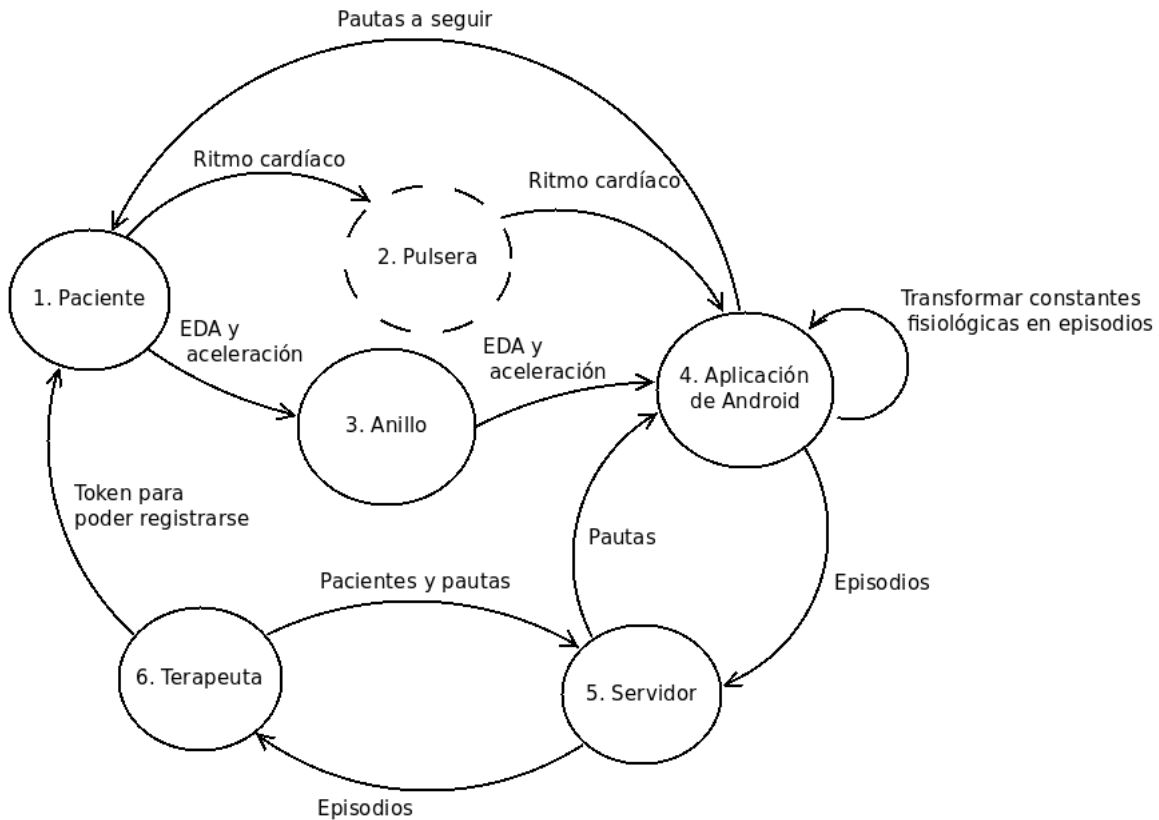


Figura 77: Diagrama de flujo de datos de la aplicación

5.4.3 Recogida de las constantes fisiológicas del paciente

Las constantes fisiológicas a partir de las cuales se determina que se puede medir el nivel de ira son la actividad electrodérmica de la piel, el ritmo cardíaco y la aceleración. A continuación se va a detallar cómo se ha intentado obtener cada una de estas constantes fisiológicas.

5.4.3.1 Ritmo cardíaco

Inicialmente se intentó acceder a los datos del ritmo cardíaco de una pulsera Fitbit puesto que esta empresa cuenta con una SDK para desarrolladores. El problema reside en que Fitbit únicamente permite desarrollar aplicaciones para la pulsera en la que no se produzcan envíos de la información a un dispositivo móvil o, si se quiere leer los datos de la pulsera como desarrollador, estos datos se envían por BLE al dispositivo móvil y después obligatoriamente estos datos se enviarán al servidor privado de Fitbit, desde donde se podrán acceder a los datos de la pulsera mediante peticiones API Rest. Esto último que

se ha mencionado lo mencionan explícitamente los desarrolladores de Fitbit en su foro para desarrolladores: no permiten que los desarrolladores accedan a los datos de la pulsera a través de conexiones BLE. Las librerías para dicho acceso son de código privativo, y únicamente tras enviar los datos mediante llamadas a su librería (de la que por supuesto no se pueden extraer las mediciones si no es con ingeniería inversa) a su propia web, se puede acceder en la web a estos mismos datos.

Esta limitación de la SDK de Fitbit pretende evitar que haya aplicaciones Android que compitan con las que ellos desarrollan. La conexión a la nube de su SDK está pensada para aplicaciones web, que al alojar estos datos en su propio servidor permite una vía de negocio. Las pulseras de Fitbit quedan por tanto descartadas, puesto que las constantes peticiones HTTP GET y POST al servidor de Fitbit supondrían una presión considerable sobre los recursos móviles.

Otra pulsera con la que se intentó acceder al ritmo cardíaco es Samsung Galaxy Fit, de características muy similares a las pulseras Fitbit. En este caso también cuentan con una API para poder acceder a los datos de la pulsera, pero con una mejora: sí se permite acceder a los datos de la pulsera mediante la conexión BLE. Ahora bien, existía una limitación: no se permite acceder a los datos de la aplicación en un streaming continuo. En el caso del ritmo cardíaco, se podía acceder a la media del ritmo cardíaco de una horquilla temporal de más o menos veinte minutos, pero cuando esta horquilla se reducía por debajo de esa franja, se devolvía una media de cero; no se podía acceder al ritmo cardíaco en franjas temporales menor de en torno a veinte minutos. Tras ponerme en contacto con el soporte técnico para desarrolladores de Samsung Galaxy Fit, me confirmaron que su API no está pensada para acceder a las constantes vitales en aplicaciones Android externas en tiempo real. Esto por tanto implicó tener que descartar también la pulsera de Galaxy Fit.

Tras estos intentos fallidos, se pasó a utilizar una pulsera diseñada específicamente para desarrolladores: la pulsera Hexiwear. En este caso, no existe ningún tipo de limitación en el acceso a los datos de la pulsera; incluso el firmware de la misma es de software libre y puede ser modificado. Siguiendo la línea de un trabajo previo de la universidad (González C., 2018), se intentó acceder al ritmo cardíaco con la conexión BLE. Esta tarea no se logró y por ahora no se sabe el motivo concreto. La conexión se establecía correctamente

y sí se consiguió acceder a la aceleración, pero no al ritmo cardíaco. Probablemente requiriese más tiempo de desarrollo para poder depurar el código utilizado.

Ante la imposibilidad de obtener este ritmo cardíaco en tiempo real, este ritmo cardíaco ha sido simulado en la aplicación móvil mediante números aleatorios acotados en un rango. De este modo se pudo finalizar el prototipo quedando como trabajo futuro la obtención del ritmo cardíaco real del usuario.

5.4.3.2 *Actividad electrodérmica de la piel y aceleración*

Para la obtención de estas dos constantes, se utilizó el anillo de Moodmetric, que comunicaría el valor de la actividad electrodérmica de la piel y la aceleración mediante una conexión BLE directa con el anillo desde la aplicación móvil. En este caso, Moodmetric cuenta a su vez con una aplicación comercial, en la que se pudo ver que la conexión BLE con el anillo era muy inestable. Esta inestabilidad supone tener que reconectarse de manera frecuente así como perder mediciones de las constantes vitales. En estos casos, simplemente se continúa con el estado de ira antes de la pérdida de la conexión y se retoma por el nuevo estado generado tras la reconexión.

La recogida de datos se podría realizar en frecuencias elevadas sin que esto suponga ningún problema para la pulsera, pero esta solución es completamente ineficiente, puesto que las mediciones del nivel de ira del paciente tienen su razón de ser en tanto en cuanto están asociadas a unas pautas que el paciente puede seguir. Así, haciendo pruebas se vio que en menos de quince segundos no daría tiempo a aplicar una pauta, por lo que la frecuencia de medición es de quince segundos.

Adicionalmente, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento de un dispositivo móvil es severamente limitada, otro factor a considerar es el almacenamiento en la base de datos de las mediciones. Haciendo algunas pruebas, se pudo ver que a la larga el almacenamiento de las mediciones puede llegar a varios Megabytes. Por tanto, este es otro motivo para no incrementar en exceso las mediciones fisiológicas, pues supondrían incrementar en exceso el almacenamiento interno en la base de datos.

5.4.4 Transformación de las constantes fisiológicas en niveles de ira

Para poder determinar el nivel de ira del paciente es necesario que anteriormente se haya calibrado la aplicación en función de las constantes fisiológicas del usuario. Esto se hace mediante el calibrado durante el sueño y durante el ejercicio físico.

Durante el calibrado del sueño (que debe tener una duración mínima de dos horas), se obtienen los cuatro menores valores de esa franja de tiempo para la actividad electrodérmica de la piel, mientras que durante el ejercicio físico se obtienen los valores máximos de la actividad electrodérmica de la piel, la aceleración y el ritmo cardíaco. Tras esto, se obtienen los umbrales de activación para cada una de las tres variables. Para ello, de los cuatro valores máximos y/o mínimos que se han obtenido para cada constante, se eliminan los valores de los extremos superiores e inferiores. Después, en el caso de la actividad electrodérmica, existirán cuatro umbrales, que se obtendrán dividiendo la diferencia entre el valor máximo registrado de la actividad electrodérmica y el valor mínimo. En el caso de la aceleración y el ritmo cardíaco, existirá solo un valor umbral para cada uno que se obtendrá de la media de los valores máximos registrados multiplicado por la constante 0.9 para la aceleración y 0.75 para el ritmo cardíaco, tal y como se puede ver en el fragmento de código 1.

Algoritmo 1: Obtención de los umbrales de las constantes fisiológicas

```

1  HashMap<Integer, Long> minimumEDA = db.getMinimumMeasurementsSensor(
    SENSOR_EDA);
2  HashMap<Integer, Long> maximumAcc = db.getMaximumMeasurementsSensor(
    SENSOR_ACC);
3  HashMap<Integer, Long> maximumHR = db.getMaximumMeasurementsSensor(
    SENSOR_HR);
4  HashMap<Integer, Long> maximumEDA = db.getMaximumMeasurementsSensor(
    SENSOR_EDA);
5
6  minimumEDA.remove(0);
7  maximumAcc.remove(0);
8  maximumHR.remove(0);
9  maximumEDA.remove(0);
10
11  //EDA

```

```

12
13     long basaLEDA = minimumEDA.get(1);
14     long stepEDA = (maximumEDA.get(1) - basaLEDA)/4;
15
16     long thesholdEDA [] = new long[]{basaLEDA, basaLEDA+stepEDA, basaLEDA+
17         stepEDA*2, basaLEDA+stepEDA*3, basaLEDA+stepEDA*4};
18
19     //ACC
20     long totalAccVal = 0;
21
22     for(long accValue : maximumAcc.values())
23         totalAccVal += accValue;
24
25     long thresholdAcc = (long) ((totalAccVal/maximumAcc.size()*0.9);
26
27     //HR
28
29     long totalHRVal = 0;
30
31     for(long HRValue : maximumAcc.values())
32         totalHRVal += HRValue;
33
34     long thresholdHR = (long) ((totalAccVal/maximumAcc.size()*0.75);

```

Una vez se ha calibrado el dispositivo, se realizarán peticiones periódicas *API REST* para comprobar si hay algún cambio respecto a las pautas que deba ser actualizado en la aplicación móvil. El terapeuta podrá realizar todas las operaciones *CRUD* respecto a las pautas asociadas a los pacientes, mientras que el paciente únicamente será receptor de esos cambios. Para actualizar las pautas del paciente cuando el terapeuta las modifica en la web, cada vez que se modifique un registro de una pauta, esta será marcada con un uno en la base de datos. De manera periódica, la aplicación Android consultará mediante peticiones *REST* si hay pautas marcadas con este uno que deban ser actualizadas en la base de datos local de Android, en cuyo caso se actualizarán acordeamente.

La transformación de las mediciones fisiológicas en niveles de ira se realiza en la propia app a medida que van llegando las mediciones. El algoritmo utilizado para esta transformación se puede ver en el fragmento de código 2.

La idea es que si la aceleración y/o el ritmo cardíaco están por debajo de sus umbrales de activación, el nivel de ira es cero. Si ambas variables superan sus valores de activación, se pasaría a obtener el valor de activación de la actividad electrodérmica de la piel que esté más cercano a la constante fisiológica. A partir de esa cercanía, se obtendrá un valor de 0 a 4 con el nivel de ira del paciente.

Algoritmo 2: Obtención del nivel de ira

```

1   public static int measurementsToRangeLevel(long acc, long hr, long eda){
2
3       boolean accCriteria = acc < thresholdAcc;
4       boolean hrCriteria = hr > thresholdHR;
5
6       if(!accCriteria || !hrCriteria)
7           return 0;
8
9       return getClosestValue(edaThreshold, eda);
10
11  }
```

En caso de que no se detecte ningún episodio, al paciente le aparecerá una pantalla principal en la que se le indicará que no está atravesando ningún episodio de ira, el número de episodios en las últimas 24 horas y la comparación con el día anterior, para poder ver su progreso en el corto plazo. Si quisiera ver este progreso en intervalos mayores, existe una pantalla para ver el historial de episodios en el que podrá filtrar el número de episodios, duración total y media de los episodios por día.

Si se detecta que el nivel de ira está por encima de cero, se cargará una pantalla para poder seleccionar el motivo que ha originado la ira. Tras esto, le aparecerá una pantalla recomendándole una pauta para lidiar con esa ira. En caso de que la pauta en sí no le satisfaga, podrá solicitar tantas nuevas pautas como desee (y hayan sido previamente definidas). Después de cada pauta aplicada (se asume que finalmente siempre aplicará alguna de las pautas), deberá indicar obligatoriamente si esa pauta le fue o no útil, ya que con esta información el experto podrá ajustar la terapia con el paciente. A su vez, el paciente opcionalmente podrá enviar comentarios sobre las pautas que le aparecen, lo que podrá ayudar al terapeuta a ajustar mejor las pautas para próximas ocasiones.

Se puede dar el caso de que el paciente esté experimentando un episodio de ira pero ignore su teléfono móvil. Para evitar que esto provoque que el paciente se encuentre con pautas recomendadas de episodios de ira que ya han perdido la vigencia, se establece un minuto de caducidad de los estados de la ira: en caso de que el usuario lleve un minuto en alguna de las pantallas de gestión de la ira llevando ese tiempo en estado de reposo, se asume que el paciente no ha hecho caso al dispositivo móvil y por tanto se vuelve a cargar la pantalla de reposo. Ahora bien, el hecho de que no se haya interactuado con el dispositivo móvil no quita que se haya producido un episodio, por lo que este episodio de ira será igualmente registrado.

En lo que respecta a la web, esta tiene dos objetivos: poder realizar operaciones *CRUD* sobre las pautas y los datos personales de pacientes y poder consultar los episodios de ira de los pacientes. Una vez cumplidos estos dos objetivos, esta solución tecnológica ayudará a mejorar la gestión de dichos episodios.

5.4.5 *Justificación fisiológica*

El algoritmo que se utiliza para justificar la correlación entre las mediciones fisiológicas y el nivel de ira se basa en la combinación de diversas evidencias científicas, a saber:

1. Existen evidencias científicas de la correlación positiva entre la actividad electrodérmica de la piel y la activación emocional (Bradley and Lang, 2000; Lang et al., 1993).
2. Existen evidencias científicas de la correlación positiva entre la actividad electrodérmica de la piel y el ejercicio físico (Boettger et al., 2010).
3. Existen evidencias científicas que correlacionan positivamente el ritmo cardíaco y la ira (Ax, 1953; Funkenstein, 1955; Prkachin et al., 1999; Schwartz, Weinberger, and Singer, 1981).
4. Se ha comprobado que el ritmo cardíaco durante el ejercicio físico es similar al que se registra durante un episodio de ira (Sinha, Lovallo, and Parsons, 1992). Ahora bien, durante el ejercicio físico al estar el cuerpo en movimiento, se produce un incremento del valor del acelerómetro, mientras que en un episodio de ira este incremento de la aceleración no es necesario, hecho que permite diferenciar ambos escenarios entre sí.

5. La alegría también incrementa el ritmo cardíaco, pero este incremento es menor que en el caso de la ira (Prkachin et al., 1999), por lo que ambas emociones se pueden diferenciar a partir del ritmo cardíaco.

Partiendo de estas evidencias científicas, se han elaborado los algoritmos 1 y 2. Ahora bien, este algoritmo cuenta con las siguientes limitaciones:

1. Para este trabajo no se ha contado con expertos en la fisiología de las emociones; la persona experta en psicología estaba especializada en el tratamiento con personas con ira disfuncional, no en la obtención de la ira según constantes vitales. Esto significa que estas fórmulas se han obtenido en base a la evidencia científica que se ha encontrado en la bibliografía, pero al carecer de una formación sólida en esta materia, es posible que existan maneras más precisas para la medición de la ira (con la utilización de otros algoritmos y/o modificando el conjunto de constantes fisiológicas utilizadas).
2. En línea con lo que se comentaba en el punto anterior, las constantes que se establecen como umbrales de activación del ritmo cardíaco y la aceleración no tienen fundamento científico sólido pues no se han encontrado en la bibliografía cifras concretas que indiquen de manera clara cuál es el grado de correlación entre el ritmo cardíaco durante episodios de ira y durante el ejercicio físico, así como tampoco se han encontrado valores concretos para determinar los grados de aceleración que puedan determinar que un usuario está en reposo o realizando ejercicio físico. Esta última constante se podría haber obtenido de manera experimental, pero por falta de tiempo no ha sido posible.
3. Puede darse el caso de que una persona esté experimentando un episodio de ira y que a su vez se encuentre en realizando movimientos intensos (por ejemplo, si está rompiendo objetos o agrediendo físicamente a una persona). Este caso sería un falso negativo porque como las constantes del ritmo cardíaco durante el ejercicio físico y un episodio de ira están en el mismo umbral, la diferencia entre ambos casos se realiza con la aceleración. En este caso, para evitar falsos positivos y a falta de una variable adicional que determinase cuál de los dos escenarios es el correcto, se ha optado por eliminar los falsos positivos frente a los falsos negativos y que en este caso no se detecte el episodio de ira. Para eliminar tanto los falsos positivos y falsos negativos, presumiblemente sería necesario añadir una nueva constante fisiológica que discrimine los

episodios de ira en los que la persona está en movimiento frente al ejercicio físico sin episodio de ira, pero esto es sólo una suposición.

5.4.6 *Aplicación móvil del paciente*

A continuación se va a describir la implementación de la aplicación móvil del paciente. Para facilitar la lectura, se ha dividido esta explicación en varias subsecciones: frontend, backend y bases de datos.

5.4.6.1 *Frontend*

Sobre la actividad principal se van cargando los fragmentos. En concreto, todas las pantallas están conformadas por un único fragmento por pantalla a excepción de las pantallas para gestionar los episodios. Estas pantallas contienen un elemento común entre ellas, como es el termómetro de la ira, que será el fragmento común y un segundo fragmento, que se conformará con el fragmento para la gestión del episodio de la ira.

Se ha decidido usar fragmentos en lugar de actividades puesto que es la propia recomendación de Google para desarrollo Android. La diferencia principal es que los fragmentos consumen muchos menos recursos y se pueden reutilizar con mayor facilidad.

La interfaz en sí se ha programado en XML. Los iconos que se pueden encontrar en la aplicación son una combinación de los iconos estándares de Android y algunos iconos de Fontawesome para aquellos casos en los que no existía una opción estándar. Para cuadrar los distintos elementos en XML, se ha utilizado *ConstraintLayout*, ya que ayuda a desligar la alineación de los distintos elementos del tamaño de la pantalla, facilitando que la aplicación pueda ser utilizada en pantallas de muy diverso tamaño.

5.4.6.2 *Backend*

La aplicación móvil del paciente se ha desarrollado siguiendo un modelo similar al patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC). La interfaz de la aplicación está definida en distintos archivos XML que son gestionados por las actividades y fragmentos. En este trabajo, sólo se ha creado una actividad: *MainActivity*. En esta actividad es donde se hacen las llamadas a los procesos *backend*. En concreto, estos procesos son:

- Sincronización de las pautas con el servidor: de manera periódica, se realizan peticiones GET al servidor para comprobar si existen pautas en la misma que deban ser actualizadas en el dispositivo móvil. Estas peticiones se realizan con la librería Volley. Existen muchas otras alternativas para hacer peticiones HTTP, como Retrofit u OkHTTP. Todas ellas hubieran sido soluciones válidas para este trabajo y perfectamente podrían haber sido escogidas para este propósito. En el servidor se comprobará en la base de datos de MongoDB si existen registros para el usuario que hayan sido modificados desde la última vez que se produjo una petición API Rest de dicho usuario, el servidor devolverá dichos registros y los marcará como sincronizados. En la aplicación Android, se actualizarán en la base de datos local de SQL dichos registros acorde a la respuesta a la petición GET.
- Sincronización de los episodios con el servidor: de manera periódica, se realizarán peticiones POST al servidor con los datos referentes a los episodios de ira del paciente. Esta información se envía en formato JSON con los siguientes campos: nivel de ira, timestamp, id de la pauta sugerida al paciente para ese nivel de ira, estatus de la pauta (si ha sido descartada o no, y si ha sido útil o no, indicada por un valor numérico) y los comentarios opcionales del paciente. Es importante recalcar que el id de la pauta es un campo común entre el servidor y la base de datos local de Android. De esta manera se evita tener que mandar todo el texto de la pauta, con el correspondiente ahorro en el tamaño de la petición POST.
- Mediciones del termómetro de la ira: las mediciones se realizan en un segundo plano en un servicio. Este servicio, al igual que ocurre con la sincronización de episodios, sólo se activará tras comprobar en la base de datos que el usuario ha registrado el dispositivo. Para ello, se establecerá una conexión BLE con el anillo y tras esto se realizarán lecturas periódicas al anillo cada quince segundos. Tras la lectura de las constantes fisiológicas, estas serán transformadas en niveles de ira mediante la aplicación del algoritmo 2 descrito en la sección 5.4.4.

A su vez, existen una serie de operaciones de los controladores para ajustar la interfaz en función de si el usuario se ha registrado y/o ha calibrado el dispositivo. Si el usuario no se ha registrado, únicamente podrá tener acceso a la pantalla de registro. Si se ha registrado y no ha terminado la calibración,

únicamente podrá tener acceso a las pantallas de calibración. Finalmente, si se ha registrado y calibrado, ya no podrá acceder a estas pantallas puesto que ya han cumplido su función y todas las demás pantallas para gestionar episodios y ver el historial de episodios estarán accesibles para el usuario.

5.4.6.3 Bases de datos

La información en la aplicación Android se guarda en una base de datos SQL y en Sharedpreferences. La información cuya estructura es más estática, compleja y/o que requiere ser accedida mediante consultas más complejas, será almacenada en SQL mientras que la información con menor nivel de complejidad y más dinámica (como el estado de una pantalla) se almacena en Sharedpreferences, puesto que esta última forma de almacenaje es en formato clave valor, no permitiendo consultas de los datos de mayor complejidad. A continuación se detalla la información que se almacena en el dispositivo móvil.

- SQL:
 - *Userinfo*: esta tabla contiene la información básica del usuario. En concreto, su nombre, primer apellido, segundo apellido, edad, género, timestamp de registro y token de comunicación usado para identificarse en las peticiones API con el servidor.
 - *Pattern*: contiene todas las pautas del usuario para todos los niveles. Esto incluye únicamente el nombre de la pauta que aparecerá por pantalla, su id (común con el id que se usa en el servidor) y las intensidades asociadas. Estas intensidades se almacenan en una cadena de caracteres que contiene una lista numérica de dichas intensidades separadas por comas. Estas pautas son las mismas que se encuentran en la aplicación web. La razón por la que se encuentra duplicada esta información es porque como son registros que se usan de manera con mucha frecuencia en la aplicación móvil, si no se tuvieran descargadas en local sería necesario hacer peticiones REST constantes que ralentizarían enormemente el funcionamiento de la aplicación móvil, además del significativo aumento del consumo de datos de red que esto supondría.
 - *CalibrateSleep*: esta tabla contiene el timestamp de inicio y fin de la calibración del sueño.
 - *CalibrateExercise*: esta tabla contiene el timestamp de inicio y fin de la calibración del ejercicio.

- *CalibrateRingMeasurements*: esta tabla contiene los cuatro valores inferiores de la actividad electrodérmica que se obtengan durante la calibración del sueño y los cuatro valores máximos de la actividad electrodérmica, la aceleración y el ritmo cardíaco que se obtengan durante el ejercicio físico. Para ello, se cuenta con una columna para indicar el sensor, otra para indicar su valor y una tercera para indicar el timestamp. Esta última columna se incluye únicamente por si en algún momento se viese que hay un problema en la calibración y hubiese que depurar el fallo.
- *AngerLevel*: incluye el nivel de ira de cada una de las mediciones fisiológicas en un rango de cero a cuatro junto con el timestamp de la medición.
- *ReasonAnger*: cuando se inicia un episodio, el usuario debe indicar cuál es el motivo principal que le ha provocado la ira. Dicho motivo, elegido de una lista de trece casos, será almacenado en esta tabla. A su vez, se almacenará el id del primer nivel de ira del episodio, el id del último nivel de ira del episodio y una variable binaria para indicar si estos datos están sincronizados con el servidor. Así, cuando se sincronicen los episodios de la ira, se enviarán todos los registros de esta tabla que aparezcan como no sincronizados. Tras esto, se marcarán como sincronizados.
- *DisplayedPattern*: almacena las pautas que se han mostrado al usuario en el transcurso de los episodios de ira. Esto incluye el id de la pauta, el id de la medición del nivel de ira asociado, el estatus de la pauta (si se ha descartado o no, si se ha marcado como pauta útil o no) y los comentarios opcionales referentes a la pauta. Al igual que sucede con la tabla *ReasonAnger*, se almacenará en un campo un valor binario para indicar si el registro en cuestión está sincronizado con el servidor. En caso negativo, cuando se sincronicen los episodios de la ira, se enviarán dichos registros al servidor y posteriormente se actualizará este campo indicando que dicho registro ya ha sido sincronizado.

- *Sharedpreferences*⁴:

⁴ En el caso de la información guardada en las *sharedpreferences*, existen varias variables auxiliares que sirven para el correcto funcionamiento de la aplicación pero cuyo conocimiento no es relevante. Así, se incluirá la explicación de únicamente aquella información guardada en *Sharedpreferences* que ayude a mejorar el entendimiento de esta solución tecnológica.

- *fragmentDisplayed*: sirve para poder determinar el último fragmento que se ha cargado en la aplicación.
- *displayAngerLevelId*: sirve para guardar el último nivel de ira asociado a la pauta que le aparece al usuario en pantalla.
- *calibrateStateSleep*: indica si se ha producido la calibración durante el sueño del paciente. Los estados posibles son: cero (no calibrado), uno (en proceso de calibración) y dos (ya calibrado).
- *calibrateStateExercise*: indica si se ha producido la calibración durante el ejercicio físico del paciente. Los estados posibles son: cero (no calibrado), uno (en proceso de calibración) y dos (ya calibrado).
- *thresholdAcc, thresholdHR, thresholdEDA0, thresholdEDA1, thresholdEDA2, thresholdEDA3, thresholdEDA4*: son los valores que se obtienen tras la calibración del dispositivo inteligente en función de sus constantes fisiológicas. Estos valores serán después utilizados para obtener el nivel de ira del paciente.

5.4.7 Aplicación web del terapeuta

A continuación se va a describir la implementación de la aplicación web del terapeuta. Para facilitar la lectura, se ha dividido esta explicación en varias subsecciones: frontend, backend y bases de datos.

5.4.7.1 Frontend

Para el diseño de la interfaz de la página web, las dos opciones que se barajaron fueron Bootstrap y Bulma. Las principales ventajas de Bootstrap son que tiene una comunidad de desarrolladores mucho más activa que Bulma, es una solución con una cuota de mercado bastante superior, lo que hace que tengan una gama mucho mayor de componentes que se puedan añadir a la web. Las principales desventajas respecto a Bulma son que es más complicado de aprender y no existe gran flexibilidad en cuanto a la modificación de sus componentes. Hay otro elemento adicional que dependiendo del caso puede ser una ventaja o una desventaja que es que Bulma es únicamente un paquete de CSS mientras que Bootstrap incorpora Javascript. Para este proyecto, ambas soluciones son perfectamente válidas, pero la solución que se ha implementado ha sido con Bulma, ya que este es un proyecto mediano, sin gran complejidad en el diseño, en el que la estructura basada en cajas encaja a la perfección con este framework.

También se han incluido algunas modificaciones básicas del paquete de Bulma así como alguna definición propia de CSS. Los elementos después han sido cuadrados en las pantallas con HTML, sobre lo que se ha ido acoplando todo lo demás.

En lo que respecta a los iconos de la aplicación, todos ellos han sido extraídos en su totalidad de Fontawesome.

5.4.7.2 *Backend*

Para el lenguaje de programación de la aplicación web se barajaban dos opciones: Java y Python. En este caso, el único motivo por el que se utilizó Python en lugar de Java fue simplemente porque se contaba con experiencia previa desarrollando aplicaciones web con ambos lenguajes y había resultado bastante más fácil e intuitivo el desarrollo web con Python. Así, sin necesidad de utilizar variables externas, se decidió que el lenguaje de programación utilizado para desarrollar la aplicación web sería Python, concretamente usando el framework de Flask.

La página cuenta con una serie de direcciones destinada a la terapeuta y otras destinadas a recibir peticiones REST. Las direcciones de la web están en castellano y son muy fácilmente reconocibles por el usuario, a saber: *registrarPautas*, *verPaciente*, *enlazarPautasPaciente*. Esto ayuda a que si el usuario pueda elegir si acceder a las distintas páginas desde la interfaz o directamente escribiendo la URL.

En cuanto al alojamiento, la página se encuentra alojada en un servidor de la Universidad Complutense de Madrid. Este servidor únicamente acepta peticiones HTTPS. Para procesar las peticiones, este servidor derivará las peticiones a mi contenedor *Systemd-nspawn*. En este contenedor se encuentra siempre corriendo un proceso de Linux que es el responsable de la ejecución de la web.

5.4.7.3 *Bases de datos*

Tal y como se comentaba en la sección 4.1, la elección de la tecnología para la base de datos de la página web fue MongoDB. Los documentos que se almacenan en esta base de datos son los siguientes:

- *patients*: contiene la información personal de los pacientes. Esto es, nombre apellidos, edad, género, token para las comunicaciones con la aplicación móvil y terapeuta asociado.
- *patterns*: contiene la información relativa a las pautas. Esto es: identificador común con la aplicación móvil, literal que aparecerá en el dispositivo móvil cuando aparezca esta pauta como recomendada, comentarios optativos sobre la pauta, niveles de ira asociados y terapeuta asociado.
- *groups*: sirve para agrupar pautas para poder asignar de una sola vez un conjunto de pautas a nuevos pacientes más rápidamente. Incluye el nombre del grupo, descripción y pautas asociadas.
- *tracesUsers*: contiene un registro de las pantallas en las que ha estado cada terapeuta en la página web junto con el timestamp de dicho acceso a la web. De esta manera, en caso de que se produzca algún fallo al utilizar la página, será más fácil poder reproducir y solventar el error.
- *displayPatterns*: contiene la información sobre las pautas mostradas durante los episodios de los pacientes recibidos por las peticiones API Rest. Esto incluye el nivel de ira, el timestamp, id del paciente, estatus de la pauta, id de la pauta y el timestamp.
- *episodes*: estos documentos contienen el inicio y el fin de los episodios, el id del paciente y el motivo de la ira para dichos episodios.
- *updatePatternsAndroid*: este documento contiene las pautas que no se encuentran sincronizadas en Android con los últimos cambios que se han realizado en la página web. Esto incluye el id del usuario, la operación a realizar (añadir o borrar pauta; la modificación de una pauta se considera como una sumada de un borrado y un añadido) y el conjunto de pautas sobre las que se aplica dicha operación.

Aparte de la base de datos de MongoDB se ha creado una base de datos SQL que únicamente contiene los registros de inicio de sesión de los terapeutas. Estos datos se han separado de la base de datos de MongoDB por motivos de ciberseguridad. De este modo, si se detectase un ataque sobre esta base de datos, se bloquearía inmediatamente la base de datos de MongoDB.

5.4.8 *Comunicación entre la aplicación y el servidor*

La comunicación entre el dispositivo móvil y el servidor se realiza a partir de peticiones REST. A continuación, se detallan todas las comunicaciones que se realizan entre el servidor y la aplicación móvil:

- Sincronizar dispositivo: cuando se registra un dispositivo, se habilita una ruta en la página web para que el usuario pueda comprobar si el token introducido es correcto. Si es correcto, de esta manera quedaría registrado tanto en la página web como en la respuesta de la página web al dispositivo móvil.
- Actualizar pautas: esta es una ruta a la que llama periódicamente la aplicación móvil para comprobar si debe modificar alguna de las pautas que tiene almacenada en la aplicación móvil. En caso de que sea así, la petición GET recibirá como respuesta el conjunto de pautas que debe actualizar y la operación que debe realizar sobre cada una de ellas (añadir, modificar o borrar).
- Historial de episodios: esta es una ruta sobre la que se realizan peticiones POST por parte del dispositivo móvil. Estas peticiones incluyen las pautas sugeridas al paciente, el timestamp en las que se sugirieron esas pautas y la utilidad de las mismas.

5.4.9 *Código fuente*

El código fuente de este trabajo se ha separado en los siguientes repositorios:

1. **Código fuente del cliente:** comprende sólo el código de la aplicación móvil. A continuación se incluyen la distribución del código por lenguaje de programación y el enlace al mismo.
 - <https://github.com/asdrgil/tfm-client>

Tabla 5: Estadísticas del código fuente del cliente

Lenguaje	Archivos	Líneas en blanco	Líneas de comentarios	Líneas de código
Java	71	1.450	16.439	14.519
XML	103	1.245	47	6.425
Javascript	8	196	171	1.065
HTML	1	16	23	129
Bourne Again Shell	1	20	21	123
DOS Batch	1	24	2	64
CSS	6	9	5	54
IDL	1	2	0	15
Total	192	2962	16.708	22.394

2. **Código fuente del servidor:** incluye la base de datos, la aplicación web y la gestión de las peticiones *API Rest*. A continuación se incluyen la distribución del código por lenguaje de programación y el enlace al mismo.

- <https://github.com/asdrgil/tfm-server>

Tabla 6: Estadísticas del código fuente del servidor

Lenguaje	Archivos	Líneas en blanco	Líneas de comentarios	Líneas de código
HTML	31	1.272	72	3.722
Python	27	994	199	2.910
Javascript	12	35	62	811
CSS	6	53	10	288
Bourne Shell	1	0	0	2
Total	77	2.354	343	7.733

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este capítulo se encuentran las conclusiones (sección 6.1) y trabajo futuro (sección 6.2) por el que se podría continuar este proyecto. Como se verá, la mayor parte de las conclusiones han sido comentadas a lo largo del trabajo pero en este capítulo también se encuentran nuevas conclusiones y posibles vías futuras para mejorar este trabajo.

6.1 CONCLUSIONES

Este ha sido un trabajo multidisciplinar a medio camino entre la informática y la psicología. Nos planteamos como objetivo al principio del trabajo tratar con un problema real, la gestión de la ira, y esto ha supuesto realizar una investigación profunda del campo de las emociones en general y de la ira en particular. Esta investigación ha quedado plasmada en el capítulo 3.

En concreto, se partía del problema de que los pacientes con dificultades para la de gestión de la ira no contaban con asistencia en tiempo real para reducir su nivel de ira, teniendo que esperar hasta la siguiente consulta con su terapeuta para recibir asistencia. A su vez, debido a la deseabilidad social los episodios de ira atravesados por el paciente no siempre son reportados al terapeuta. La solución tecnológica de este trabajo permite que cuando se detecte un episodio de ira este sea registrado, enviado al terapeuta y se den indicaciones al paciente para poder gestionar el episodio de ira. Ahora bien, el objetivo que se estableció inicialmente en la sección 1.2, *recoger los datos de las constantes fisiológicas del paciente mediante una pulsera inteligente*, ha sido cumplido de manera parcial, ya que como se ha comentado en el apartado 5.4.2, el ritmo cardíaco ha sido simulado en la aplicación Android mediante números aleatorios, debido a que no se ha conseguido acceder a los datos de esta constante en la pulsera inteligente. Este es el único de los objetivos establecidos inicialmente que no se cumpla en su totalidad.

Otro elemento a mejorar es la estabilidad de la conexión BLE entre el dispositivo móvil y el anillo, puesto que esta es bastante inestable. Ahora

bien, esto no se debe a un código poco depurado, ya que esta parte es una adaptación prácticamente idéntica a la que Moodmetric, el creador del anillo utilizado, tiene colgado en su página web. Revisando aplicaciones comerciales con pulseras que ya están en el mercado, se pudo ver que incluso las pulseras comerciales de Samsung, como por ejemplo Samsung Galaxy Fit e, requerían que el usuario instalase en torno a cuatro aplicaciones adicionales para poder estabilizar la conexión BLE, con el coste en recursos energéticos y de memoria que esto supone. A su vez, en la propia aplicación comercial de Moodmetric se comprobó la inestabilidad de la conexión BLE, que cada poco tiempo era necesario reconectarse.

Otra limitación externa es el diseño del anillo de Moodmetric. Mientras que la pulsera de Hexiwear es muy cómoda y se puede llevar puesta sin causar fricciones o rozaduras, el anillo de Moodmetric tiene el gran problema de que al ser metálico y de un tamaño fijo, no solo no es válido para todos los tamaños de manos, sino que se durante su uso se vio que era bastante frecuente que se quedase atascado en el dedo o que, si se introducía en un dedo más pequeño (por ejemplo, el meñique) el anillo directamente se cayese. En esta línea, hubiese sido mucho más práctico que el anillo fuese de otro material menos rígido (por ejemplo, de un plástico blando) o que permitiese ajustarlo en varias extensiones, como sucede con un reloj.

Respecto a la curva de aprendizaje de la web y la aplicación Android, tras haber realizado tres iteraciones contando una experta que a su vez era una usuaria final, se considera que se ha realizado un diseño orientado al usuario con unas soluciones tecnológicas bastante intuitivas. Las únicas limitaciones en este aspecto son que, como debido a la falta de tiempo no se han realizado pruebas con usuarios finales de la aplicación móvil, los motivos de la ira han sido seleccionados por el programador en lugar de por la persona experta, al igual que ha sucedido con las pautas. Inicialmente se tanteó la opción de que los textos de la aplicación Android fueran de lectura fácil para que la pudiese utilizar personas con discapacidad intelectual, pero tal como nos comentó la experta, para que esto fuese posible, habría que pasar los textos a una institución especializada en este tema y realizar un desembolso económico. Para paliar un poco esta limitación, en la aplicación Android prácticamente no hay texto y en todos los casos en los que ha sido posible, existen iconos y/o indicadores visuales adicionales para facilitar la comprensión.

Existe un problema adicional con este trabajo y es que se puede realizar un mal uso de la tecnología: en lugar de medir el nivel de ira de un paciente, se podría utilizar para obligar a un empleado que trabaja de cara al público a utilizar esta pulsera para poder controlar y fiscalizar su manera de interactuar con los clientes. Como este ejemplo pueden surgir muchos otros, ahora bien, el mal uso de dicha tecnología en ningún caso recaería sobre los desarrolladores, que bajo ningún concepto han realizado la implementación pensando en dichos fines, sino que la responsabilidad sería de aquel que utiliza la solución tecnológica para fines no previstos.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, se puede entender este trabajo como un prototipo para incrementar la efectividad del tratamiento de la ira por parte de un profesional. Es importante entender esta solución tecnológica como un complemento a la terapia; en ningún momento se pretende sustituir el trabajo del profesional.

6.2 TRABAJO FUTURO

Partiendo de las limitaciones comentadas en la sección previa, las líneas de trabajo por las que se podría extender este trabajo son las siguientes:

1. Incluir en el equipo de trabajo a una persona experta en fisiología humana, concretamente entre la causalidad entre la fisiología y las emociones. En la mayoría de trabajos que se han consultado no contaban con dicho experto y eran los propios tecnólogos quienes a partir de la lectura de un par de artículos, determinaban la correlación entre las constantes fisiológicas y las emociones. Esto explica que a la hora de comprobar la bibliografía que apoyaba sus afirmaciones, se encontrasen interpretaciones capciosas que no apoyasen de manera fiel lo que se defendía en el trabajo en sí. En el caso de este trabajo, por muy extensa que sea la bibliografía que queda reflejada en el estado del arte de este trabajo, realmente no somos expertos en esta materia, en el que hay un debate abierto respecto a las constantes fisiológicas que determinan de manera apropiada el nivel de ira, por lo que la incorporación de una persona experta que pudiese asesorar en este campo sería ideal para poder centrarse en el desarrollo tecnológico asegurando que el resultado final pueda tener el necesario respaldo científico.

2. En línea con el punto anterior, sería necesario refinar el algoritmo de detección de episodios en función de las constantes fisiológicas con una justificación científica del mismo que goce de la solidez que requeriría este trabajo.
3. Medir la fiabilidad del termómetro de la ira. Para ello, se podría inducir la ira mediante algún experimento, pasar un test de la ira al usuario (descritos en la sección 3) y comparar el nivel de ira percibido en los tests con el nivel de ira detectado por la aplicación. A su vez, se podría hacer una aplicación de prueba que, una vez calibrada la aplicación, detectase los episodios de ira y en lugar de mostrarle al usuario las pautas a seguir, le preguntase al usuario si está sufriendo un episodio de ira y en qué grado de ira percibe que se encuentre.
4. La conexión BLE es inestable y sería necesario estabilizarla. La solución que propone Moodmetric es insuficiente, mientras que la solución de Samsung supone una carga demasiado grande para los recursos de un dispositivo móvil, por lo que sería necesario profundizar la investigación sobre la tecnología BLE para encontrar una tercera alternativa.
5. Por falta de tiempo, no se ha conseguido acceder a las constantes fisiológicas del pulso en Hexiwear. Por tanto, sería necesario acceder a dicho valor mediante la conexión BLE a la pulsera.
6. Realizar pruebas con pacientes para por un lado ver la utilidad de la aplicación en sí y por otro el grado de fiabilidad de las mediciones del termómetro de la ira.
7. Hacer un contrato con una institución especializada en la conversión de textos en lectura fácil para los textos que aparecen en la aplicación móvil.
8. Discernir los episodios de ira en movimiento de los episodios en los que se realiza ejercicio físico. Para este fin, probablemente sería necesario incluir una constante fisiológica nueva que discrimine ambos escenarios. El trabajo en este punto incluiría determinar si esta hipótesis es cierta y, en ese caso, qué constante o constantes fisiológicas deberían añadirse.

CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

This section includes the conclusions and future work that could be done to continue this work. As it will be seen, most of the conclusions have already been commented along the document, but on this chapter can also be found new conclusions and possible new paths to improve this work.

7.1 CONCLUSIONS

This has been a multidisciplinary work between psychology and computer science that aimed to solve a real problem, which involved doing some research in the area of emotions, as can be extensively seen on the state of the art of this work.

The starting point was that the patients with difficulties in anger management did not count with real time assistance when they were struggling dealing with an anger episode (they had to wait until the next session in order to reach for assistance). Also, due to social desirability the anger episodes of the patients are not always reported to the therapist. This problems has been solved as the solution reports the therapist whenever the patient is going through an anger episode. Nevertheless, the goal that was initially established on section , *collect the data of the physiological constants of the patient through a smart wristband*, has been partially fulfilled. As has been stated on section 5.4.2, the heart rate has been simulated on the Android app via random number generation.

Another element to be improved is the stability of the BLE connection between the mobile device and the ring. This is not due to a poorly debugged code, as this code is directly adapted from the Moodmetric's code. Reviewing other commercial apps. it could be seen that the solution of providers such a Samsung in order to stabilize the connection, for example with Galaxy Fit e, is to make the user install additional Android applications (around four additional ones), meaning important mobile resource costs.

Another external limitation is the Moodmetric's ring design. Whereas the Hexiwear's wristband is quite comfortable and could be worn without causing chafings, the Moodmetric's ring has the big problem that as it is metallic and of fixed size, it is not suitable for all hand sizes and it gets stucked constantly. It would have been better if the ring was made of a flexible material (such as soft plastic) or made it possible to be adjusted to several sizes.

Regarding the learning curve of the web and the Android application, after doing three user iterations it is considered that the user oriented design has been successfully applied and that the technological solutions are quite intuitive. The only limitation regarding this topic are that, due to the lack of time, the anger reasons and the patterns were introduced by the programmer instead of the expert. Additionally, there was the initial idea to have all the Android texts in simple texts to make it easier for people with mental disabilities to use the app, but this was not possible because it requires paying an specialized institution to write these texts. Nevertheless, there is no much text on the app and it is usually accompanied with icons and/or visual indicators in order to facilitate the comprehension of the Android screen.

In order to measure the trustability of the thermometer of anger someone could have induced the anger to a person in an experiment and compare the measured anger level with the one obtained with the application. Also, it could have been made a tryout application that, once the application is calibrated, it detected the anger episodes of a person and the person should tell at real time whether the episode detected is a correct or is a false positive, These experiments were not made as one of the variables is obtained from a random number generation, so it does not have sense to measure the trustability of the solution.

There is an additional problem with this work which is that it can be used for spurious reasons. For instance, it can be used to control workers that are dealing with customers. Nevertheless, the implementation of this solution is not thought to be used for different reasons than the defined one, therefore the misuse of this technology would be a responsibility of the person misusing it.

Taking everything into account, this work can be understood as a prototype that boosts the benefits of the clinical treatment of anger. It's important

to understand that this solution is aimed to complement the therapy, not to substitute it.

7.2 FUTURE WORK

Starting from the limitations covered on the previous section, the future lines of work of this project could be the following ones:

1. Include in the work team an expert on human physiology, precise on the causality between physiology and emotions. In most of the consulted bibliography they work team was composed exclusively by technological experts which hindered the trustability of the results.
2. Following the previous statement, it would be necessary to review the algorithm used to detect anger episodes as it's scientific justification is not solid enough.
3. Measure the trustability of the anger's thermometer. For this purpose, the anger could be induce in an experiment, pass an anger test to the user (this is describe on section 3) and compare the perceived anger level on the tests with the anger level detected on the application. Also, it could be programmed a test application that, once calibrated, detects the anger episodes and instead of displaying the user the patterns to be followed, it asked the user whether the user is really in the middle of an anger episode and at which anger level does he/she perceives he is in.
4. The BLE connection was not robust enough; the solution proposed by Moodmetric is not enough. It should be found a solution for this problem that does not require excessive mobile resources.
5. Due to the lack of time, it was not possible to access the physiological constants of the heart rate (they are simulated on the Android app). Therefore, it is necessary to obtain this constant.
6. Tests should be made with patients in order to see the trustability and the usefulness of the technological solution.
7. Make a contract with an specialized institution in order to have all Android texts in easy reading.
8. Distinguish between the anger episodes when the user is moving and the times where the user is doing exercise but it is not in the middle

of an episode. This will probably mean inserting an extra physiological signal on the equation which should be found out.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcázar Olán, Raúl José, Rocío Jiménez Cisneros, Montserrat Mena Macari, Maritzel Ponce de León Paredes, and Oniria Guitiérrez Ramos (2015). "Qué hace enojar a estudiantes universitarios y qué piensan cuando se enojan". In:
- Amazon (2017). *Amazon Prime Air*. URL: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/>.
- (2018). *Amazon Amazon Web Services*. <https://aws.amazon.com/es/nosql/>. Último acceso: 2018-09-12.
- Astor, Maggie (2017). "TYour Roomba May Be Mapping Your Home, Collecting Data That Could Be Shared". In: *New York Times*.
- Atzori, Luigi, Antonio Iera, and Giacomo Morabito (2010). "The internet of things: A survey". In: *Computer networks* 54.15, pp. 2787–2805.
- Autho (2015). *Introduction to JSON Web Tokens*. <https://jwt.io/introduction/>. Último acceso: 2018-09-19.
- Averill, James R (1983). "Studies on anger and aggression: Implications for theories of emotion." In: *American psychologist* 38.11, p. 1145.
- Ax, Albert F (1953). "The physiological differentiation between fear and anger in humans". In: *Psychosomatic medicine* 15.5, pp. 433–442.
- Baroni, Argelinda, Jean-Marie Bruzzese, Christina A Di Bartolo, and Jess P Shatkin (2015). "Fitbit Flex: an unreliable device for longitudinal sleep measures in a non-clinical population". In: *Sleep Breath* 20.2, pp. 853–854.
- Beck, Aarón T (2003). *Prisioneros del odio: las bases de la ira, la hostilidad y la violencia*. Vol. 38. Grupo Planeta (GBS).
- Beck, Richard and Ephrem Fernandez (1998). "Cognitive-behavioral therapy in the treatment of anger: A meta-analysis". In: *Cognitive therapy and research* 22.1, pp. 63–74.
- Berk, Lee S, Stanley A Tan, and Dottie Berk (2008). "Cortisol and Catecholamine stress hormone decrease is associated with the behavior of perceptual anticipation of mirthful laughter". In: *The FASEB Journal* 22.1 Supplement, pp. 946–11.
- Berkowitz, Leonard (1989). "Frustration-aggression hypothesis: Examination and reformulation." In: *Psychological bulletin* 106.1, p. 59.
- Bhas, N (2013). "Smart wearable devices: Fitness healthcare entertainment and enterprise 2013–2018". In: *Juniper Res., Basingstoke, UK, Tech. Rep.*

- Boettger, Silke, Christian Puta, Vikram K Yeragani, Lars Donath, Hans-Josef Mueller, Holger H Gabriel, and Karl-Juergen Baer (2010). "Heart rate variability, QT variability, and electrodermal activity during exercise". In: *Med Sci Sports Exerc* 42.3, pp. 443–8.
- Bradley, Margaret M and Peter J Lang (2000). "Affective reactions to acoustic stimuli". In: *Psychophysiology* 37.2, pp. 204–215.
- Braswell, Lauren, Philip C Kendall, James Braith, Michael P Carey, and Christopher S Vye (1985). "Involvement in cognitive-behavioral therapy with children: Process and its relationship to outcome". In: *Cognitive Therapy and Research* 9.6, pp. 611–630.
- Breva, Alicia, Matilde Espinosa, and Francesc Palmero (2000). "Ira y reactividad cardiaca. Adaptación en una situación de estrés real". In: *Anales de psicología* 16.1.
- Buss, Arnold H and Ann Durkee (1957). "An inventory for assessing different kinds of hostility." In: *Journal of consulting psychology* 21, p. 343.
- Cannon-Bard, Walter (1939). *The wisdom of the body*. W.W. Norton.
- Carlsson, Fredrik and Klas-Göran Eriksson (2018). *Comparison of security level and current consumption of security implementations for MQTT*.
- Casas, Alfonso (2019). *iPhone vs Android: cuota de mercado*. URL: <https://www.pcworld.es/articulos/smartphones/iphone-vs-android-cuota-de-mercado-3692825/>.
- Case, Meredith A, Holland A Burwick, Kevin G Volpp, and Mitesh S Patel (2015). "Accuracy of smartphone applications and wearable devices for tracking physical activity data". In: *Jama* 313.6, pp. 625–626.
- Celina Oviedo, Heidi and Adalberto Campo Arias (2005). "Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach". In: *Revista colombiana de psiquiatría* 34.4.
- Chanel, Guillaume, Cyril Rebetez, Mireille Bétrancourt, and Thierry Pun (2011). "Emotion assessment from physiological signals for adaptation of game difficulty". In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans* 41.6, pp. 1052–1063.
- Chen, Min, Yin Zhang, Yong Li, Mohammad Mehedi Hassan, and Atif Alamri (2015). "AIWAC: Affective interaction through wearable computing and cloud technology". In: *IEEE Wireless Communications* 22.1, pp. 20–27.
- Codd, Edgar F (1979). "Extending the database relational model to capture more meaning". In: *ACM Transactions on Database Systems (TODS)* 4.4, pp. 397–434.

- Cook, Walter W and Donald M Medley (1954). "Proposed hostility and pharisaic-virtue scales for the MMPI." In: *Journal of Applied Psychology* 38.6, p. 414.
- Corbin, J. A. (2016). *Psicología emocional: principales teorías de la emoción*. URL: <https://psicologiamente.net/psicologia/psicologia-emocional>.
- Cronbach, Lee J (1951). "Coefficient alpha and the internal structure of tests". In: *psychometrika* 16.3, pp. 297-334.
- Darwin, Charles et al. (1967). "La expresión de las emociones en el hombre y en los animales". In:
- Davis, M. (1992). "The role of the amygdala in fear-potentiated startle: implications for animal models of anxiety". In: *Trends in pharmacological sciences* 13, pp. 35-41.
- De Mojá, Carmelo A and Charles D Spielberger (1997). "Anger and drug addiction". In: *Psychological Reports* 81.1, pp. 152-154.
- Deffenbacher, Jerry L and Matthew McKay (2000). *Overcoming situational and general anger: A protocol for the treatment of anger based on relaxation, cognitive restructuring, and coping skills training*. New Harbinger Publications.
- Deffenbacher, Jerry L, Eugene R Oetting, Rebekah S Lynch, and Chad D Morris (1996). "The expression of anger and its consequences". In: *Behaviour Research and Therapy* 34.7, pp. 575-590.
- Ehrenberg, Alexandra, Suzanna Juckes, Katherine M White, and Shari P Walsh (2008). "Personality and self-esteem as predictors of young people's technology use". In: *Cyberpsychology & behavior* 11.6, pp. 739-741.
- Ekman, Paul (1992). "An argument for basic emotions". In: *Cognition & emotion* 6.3-4, pp. 169-200.
- Ekman, Paul and Erika L Rosenberg (1997). *What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the Facial Action Coding System (FACS)*. Oxford University Press, USA.
- Ernsperger, Lori (2002). *Keys to success for teaching students with autism*. Future Horizons.
- Evaldsson, Florian and Martin Lindström (2015). *Evaluate Techniques For Wireless Communication From a Network Device To a Smartphone*.
- Friedrichs, Thomas, Carolin Zschippig, Marc Herrlich, Benjamin Walther-Franks, Rainer Malaka, and Kerstin Schill (2015). "Simple games-complex emotions: Automated affect detection using physiological signals". In: *International Conference on Entertainment Computing*. Springer, pp. 375-382.
- Funkenstein, Daniel H (1955). "The physiology of fear and anger". In: *Scientific American* 192.5, pp. 74-81.

- Garbarino, Maurizio, Matteo Lai, Dan Bender, Rosalind W Picard, and Simone Tognetti (2014). "Empatica E3 a wearable wireless multi-sensor device for real-time computerized biofeedback and data acquisition". In: *Wireless Mobile Communication and Healthcare (Mobihealth), 2014 EAI 4th International Conference on*. IEEE, pp. 39–42.
- González C. Huertas, C. (2018). "Sistema para la supervisión remota deactividad física de pacientes mediante pulseras de sensores". B.S. thesis. Universidad Complutense de Madrid.
- Graña Gómez, José Luis, José Manuel Andreu Rodríguez, and M^a Elena Peña Fernández (2001). "Tipología del comportamiento agresivo en jóvenes y adolescentes". In: *Psicología Conductual* 9.2, pp. 361–371.
- Group, ITU-T Study et al. (2012). *New ITU standards define the Internet of Things and provide the blueprints for its development*.
- Gunther, R, J Janis, and S Butler (2001). *The UCD Decision Matrix: how, when, and where to sell user-centered design into the development cycle*.
- Haag, Andreas, Silke Goronzy, Peter Schaich, and Jason Williams (2004). "Emotion recognition using bio-sensors: First steps towards an automatic system". In: *Tutorial and research workshop on affective dialogue systems*. Springer, pp. 36–48.
- Hammer-Lahav, Eran (2007). *Official Guide to OAuth 1.0*. <https://oauth.net/about/introduction/>. Último acceso: 2018-09-14.
- (2010). *Introducing OAuth 2.0*. <https://hueniverse.com/introducing-oauth-2-0-b5681da60ce2>. Último acceso: 2018-09-14.
- Hernández, Luis Salvador López (2016). "Clasificación de emociones fusionando características de análisis de respuesta fisiológicas y análisis automatizado de conducta en video juegos". In:
- HiveMQ (2016). *TLS Benchmarks, HiveMQ 3.1.0 on AWS*. <https://tools.ietf.org/html/rfc7519#section-4.1.1>. Último acceso: 2018-09-28.
- Hudson, W (2000). "User-Centered Survey Results email posting to CHI-WEB@ACM". In: *ORG*, May 3, p. 2000.
- IANA (2015). *JSON Web Token (JWT)s*. <https://www.iana.org/assignments/jwt/jwt.xhtml>. Último acceso: 2018-09-19.
- Insight, Cello (2014). *The Digital Health Debate* (<http://cellohealthinsight.com/digital-health-debate/>). URL: <http://cellohealthinsight.com/digital-health-debate/>.
- Izard, Carroll E (1992). "Basic emotions, relations among emotions, and emotion-cognition relations." In:

- Jacobs, Keith W and James F Suess (1975). "Effects of four psychological primary colors on anxiety state". In: *Perceptual and motor skills* 41.1, pp. 207–210.
- James, William (1984). *What is an emotion?* Mind.
- (2013). *The principles of psychology*. Read Books Ltd.
- Jang, E, Byoung-Jun Park, Sang-Hyeob Kim, Myoung-Ae Chung, Mi-Sook Park, and Jin-Hun Sohn (2013). "Classification of human emotions from physiological signals using machine learning algorithms". In: *Proc. Sixth Intl Conf. Advances Computer-Human Interactions (ACHI 2013), Nice, France*. Citeseer, pp. 395–400.
- Jang, Eun-Hye, Byoung-Jun Park, Mi-Sook Park, Sang-Hyeob Kim, and Jin-Hun Sohn (2015). "Analysis of physiological signals for recognition of boredom, pain, and surprise emotions". In: *Journal of physiological anthropology* 34.1, p. 25.
- Jiménez, Leoncio, Angélica Urrutia, José Galindo, and Pascale Zaraté (2016). "Implementación de una base de datos relacional difusa un caso en la industria del cartón". In: *Revista Colombiana de Computación-RCC* 6.2.
- Jones Michael B., Bradley John Sakimura Nat (2015). *JSON Web Token (JWT)*. <https://tools.ietf.org/html/rfc7519#section-4.1.1>. Último acceso: 2018-09-19.
- Jones, JP, BA Thomas-Peter, and A Trout (1999). "Normative data for the Novaco Anger Scale from a non-clinical sample and implications for clinical use". In: *British Journal of Clinical Psychology* 38.4, pp. 417–424.
- Kim, Kyung Hwan, Seok Won Bang, and Sang Ryong Kim (2004). "Emotion recognition system using short-term monitoring of physiological signals". In: *Medical and biological engineering and computing* 42.3, pp. 419–427.
- Kooiman, Thea JM, Manon L Dontje, Siska R Sprenger, Wim P Krijnen, Cees P van der Schans, and Martijn de Groot (2015). "Reliability and validity of ten consumer activity trackers". In: *BMC sports science, medicine and rehabilitation* 7.1, p. 24.
- Koskimäki, Heli, Henna Mönttinen, Pekka Siirtola, Hanna-Leena Huttunen, Raija Halonen, and Juha Röning (2017). "Early detection of migraine attacks based on wearable sensors: experiences of data collection using Empatica E4". In: *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*. ACM, pp. 506–511.

- Lang, Peter J, Mark K Greenwald, Margaret M Bradley, and Alfons O Hamm (1993). "Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions". In: *Psychophysiology* 30.3, pp. 261–273.
- Lazarus, Richard S, James R Averill, and Edward M Opton (1970). "Towards a cognitive theory of emotion". In: *Feelings and emotions*. Elsevier, pp. 207–232.
- Ledger, Dan and Daniel McCaffrey (2014). "Inside wearables: How the science of human behavior change offers the secret to long-term engagement". In: *Endeavour Partners* 200.93, p. 1.
- Lisetti, Christine Lætitia and Fatma Nasoz (2004). "Using noninvasive wearable computers to recognize human emotions from physiological signals". In: *EURASIP journal on applied signal processing* 2004, pp. 1672–1687.
- Lister, Cameron, Joshua H West, Ben Cannon, Tyler Sax, and David Brodegard (2014). "Just a fad? Gamification in health and fitness apps". In: *JMIR serious games* 2.2.
- Liu, Changchun, Karla Conn, Nilanjan Sarkar, and Wendy Stone (2008). "Physiology-based affect recognition for computer-assisted intervention of children with Autism Spectrum Disorder". In: *International journal of human-computer studies* 66.9, pp. 662–677.
- Lochman, John E and Karen C Wells (1996). "A social-cognitive intervention with aggressive children: prevention effects and contextual implementation issues." In:
- López Rodríguez, Laura (2015). "Validación psicométrica de la versión española de la Escala de Agresión Impulsiva y Premeditada(IPAS)". In:
- López, M. (1999). "La psiconeuroinmunología, una nueva ciencia en el tratamiento de enfermedades". In: *Psyconeuroimmunology*.
- Lowood, Henry (2009). "Videogames in computer space: The complex history of pong". In: *IEEE Annals of the History of Computing* 31.3.
- Maaoui, Choubeila and Alain Pruski (2010). "Emotion recognition through physiological signals for human-machine communication". In: *Cutting Edge Robotics 2010*. InTech.
- Mao, Ji-Ye, Karel Vredenburg, Paul W Smith, and Tom Carey (2001). "User-centered design methods in practice: a survey of the state of the art". In: *Proceedings of the 2001 conference of the Centre for Advanced Studies on Collaborative research*. IBM Press, p. 12.
- Martinez, Mark Manuel, Jens Mitchell Nielsen, Ken VanArsdel, and Anthony Alexander Cacace (2015). *Wristband health tracker*. US Patent App. 29/499,065.

- McCarthy, Cameron, Nikhilesh Pradhan, Calum Redpath, and Andy Adler (2016). "Validation of the Empatica E4 wristband". In: *Student Conference (ISC), 2016 IEEE EMBS International*. IEEE, pp. 1-4.
- Millar, TQ, TW Smith, CW Turner, ML Guijarro, and AJ Hallet (1996). "A meta-analytic review research on hostility". In: *Psychological Bulletin* 119, pp. 322-348.
- Mills, Jeremy F, Daryl G Kroner, and Adelle E Forth (1998). "Novaco Anger Scale: Reliability and validity within an adult criminal sample". In: *Assessment* 5.3, pp. 237-248.
- Montañés, Mariano Chóliz (2005). "Psicología de la emoción: el proceso emocional". In: *Universidad de Valencia*.
- MoodMetric (2015). *MoodMetric* (<http://www.moodmetric.com>). URL: <http://www.moodmetric.com>.
- Moure Rodríguez, Patricia (2011). "De lo psicológico a lo fisiológico en relación a las emociones y la salud". In: *Revista Psicocientífica*.
- Nam, Yoon Ho, Yang Bai, Joey A Lee, Youngwon Kim, Jung-Min Lee, Nathan F Meier, and Gregory J Welk (2015). "Validity Of Consumer-based Physical Activity Monitors In Semi-structured Activities". In: *Medicine & Science in Sports & Exercise* 47.5S, pp. 260-261.
- Nasoz, Fatma, Kaye Alvarez, Christine L Lisetti, and Neal Finkelstein (2004). "Emotion recognition from physiological signals using wireless sensors for presence technologies". In: *Cognition, Technology & Work* 6.1, pp. 4-14.
- Nieto, Miguel Ángel Pérez, Marta M^a Redondo Delgado, and Leticia León (2008). "Aproximaciones a la emoción de ira: de la conceptualización a la intervención psicológica". In: *REME* 11.28, p. 5.
- Nogueira, Pedro A, Rui Rodrigues, Eugénio Oliveira, and Lennart E Nacke (2013). "A hybrid approach at emotional state detection: Merging theoretical models of emotion with data-driven statistical classifiers". In: *Proceedings of the 2013 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT)-Volume 02*. IEEE Computer Society, pp. 253-260.
- Norman, Don (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic books.
- Norman, Donald A and Stephen W Draper (1986). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*. CRC Press.
- Novaco, Raymond W (2003). "The Novaco anger scale and provocation inventory". In: *Los Angeles, CA: Western Psychological Services*.

- Oliva Mendoza, Félix Jesús, María de Rocío Hernández Pozo, and Nazira Calleja Bello (2010). "Validación de la versión mexicana del inventario de expresión de ira estado-rasgo (STAXI-2)". In: *Acta Colombiana de Psicología* 13.2.
- Olsson, Andreas, Katherine I Nearing, and Elizabeth A Phelps (2007). "Learning fears by observing others: the neural systems of social fear transmission". In: *Social cognitive and affective neuroscience* 2.1, pp. 3–11.
- Optogait (2011). *Optogait*. www.optogait.com/Que-es-OptoGait. Último acceso: 2018-03-30.
- Ortony, Andrew and Terence J Turner (1990). "What's basic about basic emotions?" In: *Psychological review* 97.3, p. 315.
- Pérez Nieto Miguel Ángel, Magán Uceda Inés (2015). *La ira*. Grupo 5.
- Peter, Christian, Eric Ebert, and Helmut Beikirch (2005). "A wearable multi-sensor system for mobile acquisition of emotion-related physiological data". In: *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. Springer, pp. 691–698.
- Picard, Rosalind W (2009). "Future affective technology for autism and emotion communication". In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364.1535, pp. 3575–3584.
- Picard, Rosalind W and Jennifer Healey (1997). "Affective wearables". In: *Personal Technologies* 1.4, pp. 231–240.
- Piwek, Lukasz, David A Ellis, Sally Andrews, and Adam Joinson (2016). "The rise of consumer health wearables: promises and barriers". In: *PLoS Medicine* 13.2, e1001953.
- Plutchik, Robert (1980). *Emotion: A psychoevolutionary synthesis*. Harpercollins College Division.
- Poh, Ming-Zher, Nicholas C Swenson, and Rosalind W Picard (2010). "A wearable sensor for unobtrusive, long-term assessment of electrodermal activity". In: *IEEE transactions on Biomedical engineering* 57.5, pp. 1243–1252.
- Prieto, Gerardo and José Muñoz (2000). "Un modelo para evaluar la calidad de los tests utilizados en España". In: *Papeles del psicólogo* 77.
- Prkachin, Kenneth M, Rhonda M Williams-Avery, Caroline Zwaal, and David E Mills (1999). "Cardiovascular changes during induced emotion: An application of Lang's theory of emotional imagery". In: *Journal of psychosomatic research* 47.3, pp. 255–267.
- Pulido, José Carlos, José Carlos González, Cristina Suárez-Mejías, Antonio Bandera, Pablo Bustos, and Fernando Fernández (2017). "Evaluating the

- child-robot interaction of the naotherapist platform in pediatric rehabilitation". In: *International Journal of Social Robotics* 9.3, pp. 343-358.
- Rani, Pramila, Changchun Liu, Nilanjan Sarkar, and Eric Vanman (2006). "An empirical study of machine learning techniques for affect recognition in human-robot interaction". In: *Pattern Analysis and Applications* 9.1, pp. 58-69.
- Reeve, Johnmarshall (1994). *Motivación y emoción*.
- Rogers, Yvonne, Helen Sharp, and Jenny Preece (2011). *Interaction design: beyond human-computer interaction*.(2011).
- Rosenbaum, Milton E and Richard Decharms (1960). "Direct and vicarious reduction of hostility." In: *The Journal of Abnormal and Social Psychology* 60.1, p. 105.
- Said, Omar and Mehedi Masud (2013). "Towards internet of things: Survey and future vision". In: *International Journal of Computer Networks* 5.1, pp. 1-17.
- Schachter, Stanley and Jerome Singer (1962). "Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state." In: *Psychological review* 69.5, p. 379.
- Schieman, Scott (2010). "The sociological study of anger: Basic social patterns and contexts". In: *International handbook of anger*. Springer, pp. 329-347.
- Schwartz, Gary E, Daniel A Weinberger, and Jefferson A Singer (1981). "Cardiovascular differentiation of happiness, sadness, anger, and fear following imagery and exercise." In: *Psychosomatic medicine*.
- Selvaraj, Jerritta, Murugappan Murugappan, Khairunizam Wan, and Sazali Yaacob (2013). "Classification of emotional states from electrocardiogram signals: a non-linear approach based on hurst". In: *Biomedical engineering online* 12.1, p. 44.
- Simbad, Samsung (2018). *Samsung Simbad*. <https://www.simband.io>. Último acceso: 2018-03-30.
- Sinha, Rajita, William R Lovallo, and Oscar A Parsons (1992). "Cardiovascular differentiation of emotions." In: *Psychosomatic Medicine* 54.4, pp. 422-435.
- Sobers, Rob (2018). *What is OAuth? Definition and How it Works*. <https://blog.varonis.com/what-is-oauth/>. Último acceso: 2018-09-14.
- Spielberger, C.D (1999). "Professional manual for State-Trait Anger Expression Inventory-2". In: *Psychological Assessment Resources*.
- Spielberger C.D., Krasner S.S. (1988). "the assessment of state and trait anxiety". In: *Handbook of anxiety* 2.

- Stackoverflow (2018). *Stackoverflow Encuesta anual*. <https://www.eversql.com/most-popular-databases-in-2018-according-to-stackoverflow-survey/>. Último acceso: 2018-09-12.
- Stemmler, Gerhard (2010). "Somatovisceral activation during anger". In: *International handbook of anger*. Springer, pp. 103–121.
- Stojmenovic, Ivan and Sheng Wen (2014). "The fog computing paradigm: Scenarios and security issues". In: *Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2014 Federated Conference on*. IEEE, pp. 1–8.
- Sukhodolsky, Denis G, Arthur Golub, and Erin N Cromwell (2001). "Development and validation of the anger rumination scale". In: *Personality and Individual Differences* 31.5, pp. 689–700.
- Sushames, Ashleigh, Andrew Edwards, Fintan Thompson, Robyn McDermott, and Klaus Gebel (2016). "Validity and reliability of Fitbit Flex for step count, moderate to vigorous physical activity and activity energy expenditure". In: *PloS one* 11.9, e0161224.
- Torniainen, Jari, Benjamin Cowley, Andreas Henelius, Kristian Lukander, and Satu Pakarinen (2015). "Feasibility of an electrodermal activity ring prototype as a research tool". In: *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE*. IEEE, pp. 6433–6436.
- Tudor-Locke, Catrine, Cora L Craig, Yukitoshi Aoyagi, Rhonda C Bell, Karen A Croteau, Ilse De Bourdeaudhuij, Ben Ewald, Andrew W Gardner, Yoshiro Hatano, Lesley D Lutes, et al. (2011). "How many steps/day are enough? For older adults and special populations". In: *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 8.1, p. 80.
- Turnage, Janet J and Charles D Spielberger (1991). "Job stress in managers, professionals, and clerical workers". In: *Work & Stress* 5.3, pp. 165–176.
- Uceda, Inés Magán (2011). *Programa de terapia cognitiva para la ira y la hostilidad en hipertensión arterial esencial: manual para el clínico*. Universidad Complutense de Madrid, Área de Ciencias de la Salud.
- Up24, Jawbone (2014). *Jawbone UP 24 Web de inicio*. <https://jawbone.com/fitness-tracker/up2>. Último acceso: 2018-03-30.
- Valdez, Patricia and Albert Mehrabian (1994). "Effects of color on emotions." In: *Journal of experimental psychology: General* 123.4, p. 394.
- Valenza, Gaetano, Luca Citi, Antonio Lanatá, Enzo Pasquale Scilingo, and Riccardo Barbieri (2014). "Revealing real-time emotional responses: a personalized assessment based on heartbeat dynamics". In: *Scientific reports* 4, p. 4998.

- Veldman, Donald J and Philip Worchel (1961). "Defensiveness and self-acceptance in the management of hostility." In: *The Journal of Abnormal and Social Psychology* 63.2, p. 319.
- Venkataramanan, Madhumita (2014). "My identity for sale". In: *Wired* 11, pp. 98–105.
- Viega, John, Matt Messier, and Pravir Chandra (2002). *Network security with openssl: cryptography for secure communications*. " O'Reilly Media, Inc."
- Wundt, Wilhelm Max (1896). *Lectures on human and animal psychology*. George Allen.
- Yokotani, Tetsuya and Yuya Sasaki (2016). "Comparison with HTTP and MQTT on required network resources for IoT". In: *Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC), 2016 International Conference on*. IEEE, pp. 1–6.