
Termómetro emocional para medir la ira a partir de su fisiología



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Autor: Adrián Gil Moral

Directora: Virginia Sanromán Martín

Máster en internet de las cosas

Facultad de Informática

Universidad Complutense de Madrid

Febrero 2019

Índice

1. Estado del arte	1
1.1. Emociones	1
1.1.1. Fundamentos de las emociones	2
1.1.2. Teorías emocionales	3
1.1.3. Emociones básicas	4
1.1.4. La ira	5
1.1.5. Fisiología de las emociones	12
1.2. Internet de las cosas	23
1.2.1. Accesorios inteligentes	26
1.3. Código deontológico	35
2. Arquitectura de datos	37
2.1. Bases de datos	37
2.1.1. Bases de datos relaciones	38
2.1.2. Bases de datos no relacionales	38
2.1.3. Justificación de la base de datos elegida	39
2.2. Elementos tecnológicos	41
2.2.1. Cliente	41
2.2.2. Servidor	41
2.3. Conexiones entre elementos tecnológicos	41
2.3.1. Conexión entre la pulsera inteligente y el móvil Android	41
2.3.2. Conexión entre el móvil Android y el servidor	42
2.4. Ciberseguridad	43
2.4.1. Autenticación y autorización en el servidor web	44
Bibliografía	47
Índice alfabético	58

Lista de acrónimos

58

Índice de figuras

1.1. Maniqués para medir la valencia (a) y la activación (b) con el método de SAM extraídos del texto de Hernández (2016). . .	2
1.2. Representación cartesiana de las emociones utilizando el binomio valencia-activación extraída del texto de Hernández (2016). .	3
1.3. Expresión facial de la ira según se recoge en los FACS de Ekman .	6
1.4. Pendiente que mide la presión de la sangre	29
1.5. Sensores y placa ajustados al brazo de una persona	29
1.6. Zapato utilizado para medir la conductancia de la piel	29
1.7. Cámara digital, ordenador <i>wearable</i> y sensores de la conductancia de la piel	29
1.8. Muñequera que mide la actividad electrodérmica de la piel . .	30
1.9. Wristband de Empatica E4 que mide numerosas señales fisiológicas	30
1.10. Samsung Simband que mide numerosas señales fisiológicas . .	30
1.11. Jawbone UP 24 que se utiliza para mejorar el rendimiento deportivo	30

Índice de Tablas

1.1. Regiones cerebrales que reciben aferencias de la amígdala y las respuestas emocionales que controlan esas regiones.(Davis, 1992)	13
1.2. Valores medios y desviaciones típicas de la frecuencia cardíaca en las tres fases del experimento de la universidad de Murcia .	16
1.3. Comparativa de accesorios inteligentes para la medición de la ira	34

Capítulo 1

Estado del arte

RESUMEN:

En esta seccion, se van a detallar los principales hallazgos tanto en psicología como en informática en lo que respecta a las emociones y su medición.

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 calmado-activado (activación o *arousal*). El autoreporte de la emoción con este modelo se puede hacer utilizando el método el método **SAM!**, en la que el paciente determina su 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 maniquíes como los que se pueden ver en la figura 1.1.

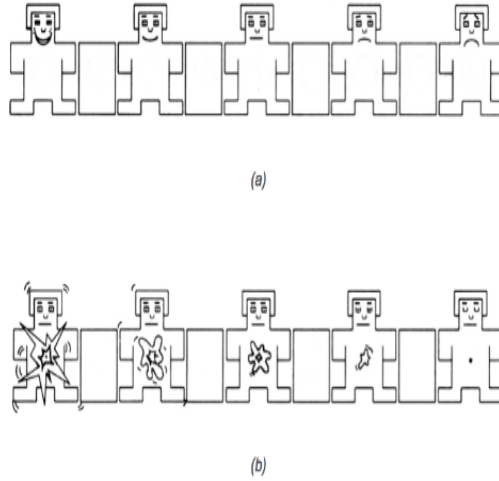


Figura 1.1: Maniqués para medir la valencia (a) y la activación (b) con el método de SAM extraídos del texto de Hernández (2016).

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 1.2.

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; 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.

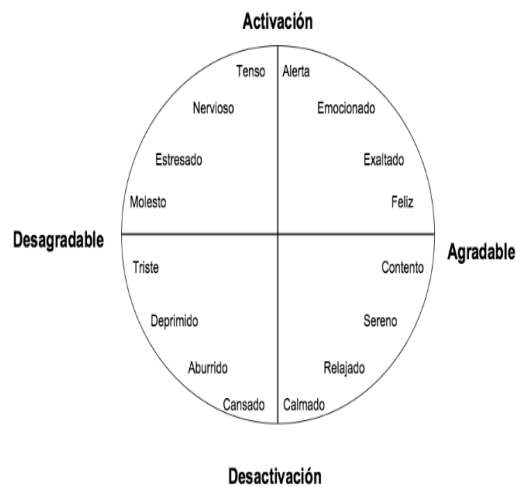


Figura 1.2: Representación cartesiana de las emociones utilizando el binomio valencia-activación extraída del texto de Hernández (2016).

- 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.

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 (1913), 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. Así, en un experimento de Marañón en el que se inyectaba adrenalina a los sujetos humanos del experimento que los pacientes describían como activaciones físicas similares a las emociones pero que no eran emociones como tal, puesto que no habían realizado ninguna interpretación de su situación actual que conllevara la expresión de las emociones que implican la segregación de adrenalina.

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.

Seguindo este criterio, Izard 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 entre 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.

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 et al., 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 1.3 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).

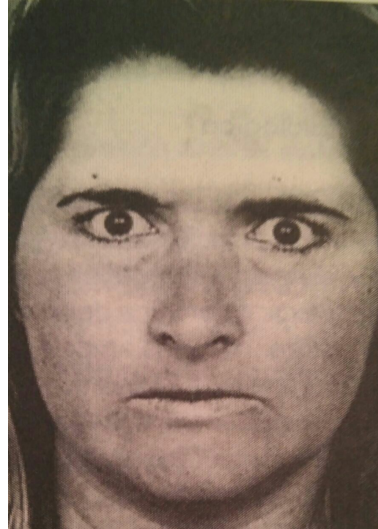


Figura 1.3: Expresión facial de la ira según se recoge en los FACS de Ekman

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.

Categorización 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 cabreada 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 el éxtasis del corto plazo durante la expresión frente a las consecuencias futuras en el medio o largo plazo.

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 dependen 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.

Métodos psicológicos para la medición de la ira

Para gestionar eficazmente la ira, es necesario primero su evaluación para poder tratar el problema una vez se conoce la gravedad del mismo. 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 realizan 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 fiabilidad, 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 (López Rodríguez). Este cuestionario ha sido validado para selección de personal e investigación médica (De Mojá y Spielberger, 1997; Turnage y 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 validado en adultos que habían cometido infracciones correccionales y entre población con problemas clínicos de gestión de la ira (Mills et al., 1998; Jones et al., 1999). En esta última, el cuestionario de Novaco clasificó correctamente a los pacientes clínicos y no con una precisión del 94 %. En cuanto al alfa de Cronbach, este no se ha incluido entre los resultados de validación de este cuestionario, por lo que no se ha incluido dicha magnitud en esta sección.
- Inventario de hostilidad de Buss y Durkee (BDHI) (Buss y 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). 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 et al., 2001).

- Inventario de Pensamientos Relacionados con la Ira y la hostilidad (IPRI) (Sukhodolsky et al., 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 categorías: 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 y Muñiz, 2000). Por último, este cuestionario ha sido validado en la población española.

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 algunos de los enfoques utilizados para este fin:

- Propuesta de Deffenbacher y McKay (1996). Esta propuesta tiene 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.
- Propuesta de Lochman y Wells (1996). Estos autores 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 merma).

- Propuesta de Novaco (2003). Esta propuesta tiene como ejes principales el aumento de la autoestima del sujeto, pues esto reducirá la probabilidad de que éste responda a provocaciones (Rosenbaum y Decharms, 1960) (Veldman y 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.
- Propuesta de 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 postintervención, 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.
- Propuesta de Kendall y Braswell (1985). Se centra 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.
- Propuesta de Pérez Nieto y Magán Uceda (2015). Este modelo consta de nueve etapas distribuidas en tres grandes bloques: prevención, regulación de la experiencia y regulación de la expresión y de la respuesta. A continuación se encuentra una descripción más detallada de las nueve fases que conforman esta propuesta.
 - Prevención
 - Paso 1: cuidar la propia autoestima cuidando las elecciones
 - Paso 2: mantener una orientación hacia la tarea.
 - Paso 3: identificar escenarios y secuencias habituales de la ira.
 - Regulación de la experiencia

- Paso 4: identificar las primeras sensaciones (fisiológicas y/o cognitivas) de la ira.
- Paso 5: reducción de la activación fisiológica.
- Paso 6: revaloración de la relevancia de la situación y de los recursos de afrontamiento.
- Regulación de la expresión y de la respuesta
 - Paso 7: expresión de deseos personales correctamente, pidiendo, sustituyendo el *tú* por los *mensajes yo*.
 - Paso 8: reforzarse por el autocontrol percibido.
 - Paso 9: 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 ellos intentan cuantificar las emociones mediante la autoevaluación del sujeto. Según Picard, los resultados obtenidos por este tipo de técnicas no son fiables (por los factores mencionados anteriormente como la deseabilidad social) (Picard, 2009) pues por un lado un paciente puede no sentirse cómodo expresando dicha emoción (como puede ser, plasmando los episodios de la misma en situaciones simuladas en algunos de los cuestionario) 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 como "estoy cabreado", "estoy quemado", "me caliento", "decir tacos", "me enfado" y "rehúyo encararme". El problema es que en su sustitución varias de las sentencias que se utilizaron para ser eran demasiado similares, a saber: "me siento enojado", "estoy enojado" y "estoy ardiendo de enojo" (Oliva Mendoza et al., 2010).

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

Tabla 1.1: 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 parabranchial	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).

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 redirigir ésta a la región cerebral correspondiente que producirá la eferencia (respuestas neurológicas del sistema nervioso central tras la interpretación de las aferencias). En la tabla 1.1, se encuentra 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 una 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 et al., 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 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 et al., 2008).

Todos estos parámetros se miden tras la normalización de los mismos en función del sujeto en cuestión. Una técnica habitual es establecer primero 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

et al., 2000).

Fisiología de la ira

La ira es un factor a considerar en rehabilitaciones de algunos problemas neuropsicológicos. Según un estudio publicado en *Psychological Bulletin*, la ira disfuncional llega incluso a aumentar en un 8% el riesgo de mortalidad cardiovascular (Millar et al., 1996). Teniendo en cuenta los problemas de identificación 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.
- Aumento de la tasa cardíaca.
- Aumento de la conductividad de la piel.
- Aumento de la tensión muscular.
- Aumento de la temperatura periférica facial.
- Aumento de la tasa respiratoria.
- Enrojecimiento de la piel.
- 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 et al., 2005).

Por último, un estudio de la universidad de Murcia (Brea et al., 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 (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 a continuación, 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, tal y como se puede observar en la tabla 1.2.

Tabla 1.2: 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)

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 supuesto 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 el contenido de los artículos citados ha sido necesario revisitar puesto que en algunas ocasiones no incluía todos los datos que se estaban buscando, los datos eran confusos o directamente no coincidían con el artículo que estaba citando.

- Autor/es de la solución: (Liu et al., 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 **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: **SVM!**.
 - Precisión: 83 %.
- Autor/es de la solución: (Katsis et al., 2011)
 - Dispositivo: sistema con múltiples sensores no tipificados.
 - Respuestas fisiológicas analizadas: **BVP!**, **EDA**, **HR!**, **RESP!**.
 - Emociones: relajado, neutral, sorprendido, aprensivo y muy aprensivo.
 - Participantes del experimento: [TODO].
 - Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: [TODO].

- Clasificadores: SVM, **RNA!**, **RF!**, **NFS!**.
- Precisión: 84 %
- Autor/es de la solución: (Kim et al., 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 reprodujo 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 %.
- Autor/es de la solución: (Jang et al., 2013).
 - Dispositivo: Biopac MP150.
 - Respuestas fisiológicas analizadas: ECG, EDA, PPG, SKT.
 - Emociones: aburrimiento, dolor y sorpresa.
 - Participantes del experimento: 217 estudiantes de colegios 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 esfigmomanómetro; 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: **LDA!**.
- Precisión: 75 %.
- Autor/es de la solución: (Rani et al., 2006).
 - Dispositivo: sistema con múltiples sensores no tipificados.
 - Respuestas fisiológicas analizadas: BVP, ECG, EDA, EMG, ICG, PPG, SKT.
 - Emociones: inmersión, ansiedad, aburrimiento, frustración e ira.
 - Participantes del experimento: [TODO].
 - Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: [TODO].
 - Clasificador: SVM.
 - Precisión: 86 %.
- Autor/es de la solución: (Haag et al., 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 **IAPS!**.
 - Clasificador: **RNA!**.
 - Precisión: 90-96 %.
- Autor/es de la solución: (Selvaraj et al., 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: **FKNN!**.
- Precisión: 76 %.
- Autor/es de la solución: (Nogueira et al., 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: [TODO].
 - Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: [TODO].
 - Clasificador: modelos de regresión y RF.
 - Precisión: 91 % - 96 %.
- Autor/es de la solución: (Maaoui y Pruski, 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 indujeron las emociones mediante la muestra de imágenes del catálogo de IAPS.
 - Clasificador: SVM.
 - Precisión: 95 %.
- Autor/es de la solución: (Jang et al., 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: **DFA!**.
- Precisión: 85 %.
- Autor/es de la solución: (Lisetti y Nasoz, 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: **MBP!**.
 - Precisión: 84 %.
- Autor/es de la solución: (Friedrichs et al., 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 %.
- Autor/es de la solución: (Valenza et al., 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 %.
- Autor/es de la solución: (Nasoz et al., 2004).
 - Dispositivo: BodyMedia SenseWear Armband.
 - Respuestas fisiológicas analizadas: ECG, EDA, SKT.
 - Emociones: tristeza, ira, miedo, sorpresa, frustración y diversión.
 - Participantes del experimento: [TODO].
 - Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: [TODO].
 - Clasificador: **MBA!**.
 - Precisión: 84 %.
- Autor/es de la solución: (Chanel et al., 2011).
 - Dispositivo: Biosemi Active 2.
 - Respuestas fisiológicas analizadas: BVP, EDA, RESP, SKT.
 - Emociones: aburrimiento, compromiso (con un juego), ansiedad.
 - Participantes del experimento: [TODO].
 - Descripción de la/s tarea/s realizada/s durante el experimento: [TODO].
 - Clasificador: **QDA!** y **SFFS!**.
 - Precisión: 59 %.
- Autor/es de la solución: (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 %.

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 la interconexión física y virtual de las cosas basado en tecnologías de información interoperable (Group et al., 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 y Masud, 2013; Stojmenovic y Wen, 2014):

- Arquitectura de tres capas: es la arquitectura más básica. Se compone de las siguientes tres 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 cálculos 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 procesado 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 cálculos 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.

Algunas de las soluciones para los que se utiliza y se puede utilizar IOT son las siguientes (Atzori et al., 2010):

- Transportes, como el transporte mediante drones autoguiados (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 el usuario en ese momento (por ejemplo, para recordar aquella información en la que el usuario estaba especialmente alegre o distraído) (Picard y 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).

Acesorios 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/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.

En el caso de los accesorios inteligentes enfocados a la salud, 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, al 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 y 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 accesorios inteligentes 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 et al., 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 % (Nam et al., 2015; Case 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 a su usuario y esta no interfiera con 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 muñeceras 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 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10 y 1.11 se encuentran una serie de fotografías de soluciones consideradas acesorios inteligentes por sus propios autores. Las imágenes 1.4, 1.5, 1.6 y 1.7 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 1.8 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 1.9, 1.10 y 1.11 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 1.5 y 1.7 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 1.4, 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 1.6, 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 adhiera al calzado sin modificarlo de manera permanentemente. Por último, las soluciones 1.9, 1.10 y 1.11 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.

Pulseras inteligentes

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



Figura 1.4: Pendiente que mide la presión de la sangre



Figura 1.5: Sensores y placa ajustados al brazo de una persona

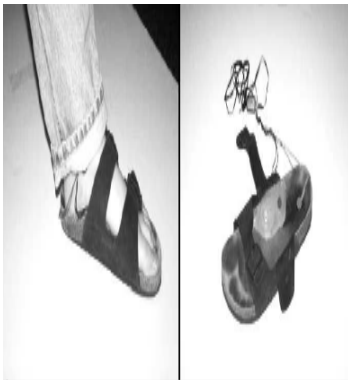


Figura 1.6: Zapato utilizado para medir la conductancia de la piel



Figura 1.7: Cámara digital, ordenador *wearable* y sensores de la conductancia de la piel



Figura 1.8: Muñequera que mide la actividad electrodérmica de la piel



Figura 1.9: Wristband de Empatica E4 que mide numerosas señales fisiológicas

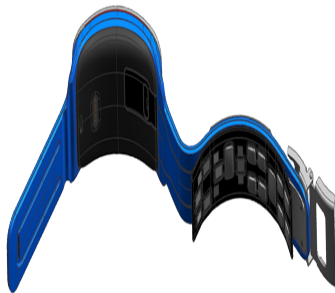


Figura 1.10: Samsung Simband que mide numerosas señales fisiológicas



Figura 1.11: Jawbone UP 24 que se utiliza para mejorar el rendimiento deportivo

- Dispositivo: Fitbit Flex (Martinez et al., 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€.
- Dispositivo: Jawbone UP 24 (Up24, 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 en una prueba de conteo de pasos en una cinta mecánica a 4.8km/h para ser considerados fiable (Tudor-Locke et al., 2011). Siguiendo este mismo estándar, Jawbone UP es fiable según el estudio de Kooiman2015.
 - Precio: 75€.
- Dispositivo: Samsung Simband (Simbad, 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.
- Dispositivo: Empatica E4(Garbarino et al., 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(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: 1372€.

Comparativa de pulseras inteligentes

En esta sección se van a comparar los accesorios inteligentes citados en la sección anterior (todas estas soluciones son pulseras salvo MoodMetric que es un anillo) en base a la caracterización fisiológica de la ira descrita en la

sección 1.1.5.1. Como se puede ver en la tabla 1.3, se han descartado cinco de las 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).

Tabla 1.3: Comparativa de accesorios inteligentes para la medición de la ira

	Presión arterial	Tasa cardíaca	Tasa respiratoria	Temblores	Enrojecimiento de la piel	Tensión muscular	Sudor en las manos	Coductividad de la piel
Fitbit Flex	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
Jawbone Up 24	?	?	?	?	?	?	?	?
Samsung Simband	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓
Empatia E4	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓
MoodMetric	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Como se puede ver en la tabla 1.3, 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 **SDK!**. [TODO: según la solución que finalmente se elija, completar este párrafo de una u otra manera]

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 1.2.1.1. 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.

[TODO: según la solución que finalmente se elija, completar con un párrafo adicional de una u otra manera]

Código deontológico

Puesto que en este proyecto se va a realizar experimentos 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 cautelar del lenguaje con el fin de evitar etiquetas devaloradoras 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.

Capítulo 2

Arquitectura de datos

RESUMEN:

En esta sección, se va a explicar la arquitectura de datos de la solución implementada así como la justificación de la misma frente a otras alternativas que se presentarán en el capítulo. La memoria está estructurada siguiendo el modelo clásico cliente-servidor en la que el ordenador realiza la función de servidor y el móvil de cliente.

Bases de datos

En la solución implementada, era crucial disponer de un servidor para que los profesionales que tratasen directamente con el paciente pudiesen supervisar los registros del mismo sin tener que esperar a la visita física del paciente para analizar los datos registrados por el dispositivo IOT. El primer dilema que se plantea es si almacenar los datos generados en un servidor externo como Azure, Amazon Web Services, Google Cloud o Alibaba Cloud o por contra almacenarlos en un servidor propio. Que dicho almacenamiento sea en un servidor externo tiene como principal ventaja la comodidad del programador, pues estos servidores externos suelen añadir servicios adicionales como la inclusión de bases de datos de distintos tipos ya configuradas así como distintos tipos de mecanismos de seguridad frente a ataques externos. La principal desventaja de estas soluciones es la falta de flexibilidad frente a la implementación en servidores propios así como el hecho de que en un servidor propio los únicos costes tecnológicos son la luz consumida por el dispositivo de almacenamiento (como puede ser un ordenador) y el propio dispositivo. Tras sopesar ambas opciones, se decide utilizar un servidor propio, pues la

desventaja del mayor tiempo de desarrollo necesario para la puesta en marcha se ve minimizada por la existencia de numerosos ejemplos de servidores bastante similares al que se requiere para este trabajo.

En lo que respecta al tipo de base de datos a utilizar en el servidor, existe la posibilidad de utilizar bases de datos relacionales y no relacionales. A continuación se va a describir en qué consiste cada uno de estos tipos de base de datos con el fin de justificar después la elección del tipo de base de datos utilizada.

Bases de datos relaciones

Una base de datos completamente relacional es utilizada generalmente para almacenar lo que se denominan datos *clásicos* en la que al realizar una consulta sobre los mismos no existe ninguna incertidumbre, se obtienen la tupla de valores en la forma exacta en la que se ha solicitado (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).

Estas bases de datos tienen como principales desventajas la menor escalabilidad respecto a bases de datos no relacionales y la dificultad para lidiar con datos que no tengan una estructura previamente conocida y/o fuertemente tipificada. Por otro lado, debido al largo tiempo que estas bases de datos llevan siendo utilizadas, existe una gran comunidad de desarrolladores detrás de lenguajes como SQL lo que facilita su implementación.

Bases de datos no relacionales

Las 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.

Entre las bases de datos no relacionales 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.

Justificación de la base de datos elegida

Poniendo en la balanza los elementos mencionados en las dos subsecciones previas, se ha considerado que las bases de datos no relacionales son las que mejor se adaptan al uso que se va a hacer del servidor. El motivo principal es el hecho de que los datos no tienen necesariamente que estar fuertemente estructurados; puede suceder que la pulsera de un paciente en algún momento no guarde un dato concreto por errores de hardware de la misma o que utilice una pulsera que no disponga de todos los indicadores inicialmente previstos, lo que en el caso de las bases de datos no relacionales se puede gestionar con facilidad sin necesidad de guardar columnas con el valor nulo en cada sensorización.

Otros factores relevantes a la hora de elegir un lenguaje para una base de datos son los siguientes:

1. Que el lenguaje utilizado sea de software libre para que así no haya limitaciones en el conocimiento que se puede tener sobre el mismo.
2. Fácil interacción con dicha base de datos en el lenguaje en el que se vaya a programar el cliente y/o el servidor que se pretenda que tenga algún tipo de acceso directo a la misma. Esta facilidad es subjetiva y no es el propósito de este trabajo buscar métodos que estandaricen dicha medición entre distintos programadores. Por contra, como el desarrollador de la solución es la persona que escribe esta misma memoria, será su criterio intencionadamente subjetivo el que prevalezca tanto en este como en el siguiente factor.
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. Una comunidad de desarrolladores que facilite la resolución de dudas. Esto puede verse reflejado principalmente en los índices de popularidad de dichos lenguajes en los foros de programación como Stackoverflow.
5. Versiones estables de dicho lenguaje de la base de datos para el fin que se le quiera dar.
6. La experiencia previa del desarrollador con dicho lenguaje, que puede hacer que disminuya el tiempo necesario de programación disminuyendo por tanto el tiempo necesario para el desarrollo de la solución.

En nuestro caso particular, esto implica la necesidad de un lenguaje de fácil interacción en Android y Python. En el caso de Android, esta interacción debe ser tanto a nivel de cliente (conexión con el servicio web para sincronizar los datos) como de servidor (servidor local en el que guardar los datos antes de ser sincronizados).

Añadiendo estos nuevos factores a los ya mencionados, los lenguajes de bases de datos que se considera que podrían llegar a cumplir esta función son Redis, Cassandra, MongoDB y Couchbase, al ser todos ellos de software libre (punto 1), haya una fácil interacción en la parte del servidor ejecutado en un ordenador y cuyas interacciones están definidas en Python (punto 2 y 3) y todos ellos llevan por lo menos siete años siendo públicos.

Entre estos lenguajes, Redis y Cassandra son descartados por una mezcla entre el punto 3 y el punto 4: a pesar de encontrarse ambas 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 la manera en la que se producirían estas interacciones desde Android.

En el caso de Couchbase y MongoDB, ambos 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 MongoDB, se cuenta con experiencia previa con dicho lenguaje (punto 6), mientras que a pesar de no haber usado previamente Couchbase, esta cuenta con un sistema de consultas de datos llamado N1QL cuya sintaxis es bastante más intuitiva que la de MongoDB. A su vez, ambas cuentan con contenedores Docker ya configurados así como tutoriales que facilitan su puesta en marcha y modificación. Teniendo todo esto en cuenta,

realmente se podría haber elegido cualquiera de estas dos soluciones para este proyecto, decantándose finalmente por utilizar Couchbase debido a que se considera que N1QL facilita tener un código limpio y mejor estructurado.

Elementos tecnológicos

Cliente

Servidor

Conexiones entre elementos tecnológicos

Conexión entre la pulsera inteligente y el móvil Android

La pulsera inteligente se conecta con el móvil a través de Bluetooth Low Energy (BLE), que es la cuarta versión del protocolo Bluetooth. Es un protocolo de comunicación inalámbrica que emite en la frecuencia 2.4Ghz de bajo consumo que en entornos experimentales ha llegado a tener un alcance de más de un kilómetro (Akhayad, 2016). Está diseñado para el intercambio de información ligera que no requiera de alta velocidad (su velocidad de transferencia máxima es de 1Mbps). En lo que respecta a la seguridad, una vez se han acoplado los dos dispositivos, los datos emitidos se encriptan mediante Advanced Encryption Standard (AES) 128.

Por último, un dato a considerar es que este protocolo no es compatible con versiones previas de Bluetooth, por lo que para el emparejamiento entre la pulsera inteligente y el móvil Android será necesario que el usuario disponga de un teléfono móvil de al menos el año 2013 o 2014, que es cuando se popularizó este protocolo entre dispositivos móviles.

Este no es un protocolo que se haya podido elegir de manera aislada respecto a otros protocolos de bajo consumo, sino que se partía con la limitación de la oferta del propio hardware de tanto la pulsera como de los protocolos más comunes entre los teléfonos móviles, lo que en este caso obliga *de facto* a utilizar el protocolo BLE.

Conexión entre el móvil Android y el servidor

Una vez han llegado los datos de las sensorizaciones al móvil, estos datos se envían al servidor. Para realizar este envío, las opciones que se han barajado han sido realizarlas 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 y Sasaki, 2016), que es un elemento crítico en IOT, lo que implica el descarte de este protocolo.

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 proyecto, se ha decidido utilizar RabbitMQ, que es una solución de software libre que facilita la implementación de MQTT y AMQP así como la inclusión de TLS. Como esta solución permite la implementación en Python

(para el servidor) y Java (para el cliente), cumple todos los requisitos para el despliegue de nuestro software. A su vez, al utilizar RabbitMQ en lugar de directamente AMQP o MQTT, esto facilita que en un futuro se pudiese migrar la solución a MQTT, pues debajo de RabbitMQ se está ejecutando AMQP por la versatilidad que da el hecho de que los canales de comunicación entre cliente y servidor sean bidireccionales.

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, se han tomado 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, se debe permitir las conexiones externas a través del servicio web de Python.
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 sniffer.

El punto más vulnerable de nuestra solución será en lo que respecta al envío de datos de la pulsera al dispositivo Android, pues este envío viene configurado por el propio desarrollador de la pulsera y este envío 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.

En lo que respecta a la autenticación en las bases de datos, MongoDB cuenta con el método SCRAM, basado a su vez en el método IETF RFC 5802 (IETF, 2008). Para la encriptación de los datos almacenados, utiliza AES256-GCM. También provee de herramientas para el encriptado punto a punto al acceder a servidores externos. Sin embargo, como no se va a exponer directamente la base de datos sino que estas operaciones se van a realizar a través del servicio web, esta parte del protocolo de seguridad de MongoDB no va a ser utilizada.

[TODO: encriptación en la capa de transporte]

Autenticación y autorización en el servidor web

El servidor web requiere que los usuarios se autenticquen 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 para a continuación intentar justificar el método utilizado.

- 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. Este 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 dos 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 correctos 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.
 - Ya no se requiere que el usuario tenga el sistema de cifrado HMAC, al proveer la opción de enviar los datos a través de HTTPS.
 - 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 (Auth0, 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 y 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 y 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 et al., 2002).

Bibliografía

- AKHAYAD, Y. *Bluetooth 4.0 Low Energy: Análisis de las prestaciones y aplicaciones para la automoción*. B.S. thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, 2016.
- AMAZON. Amazon prime air (<https://www.amazon.com/amazon-prime-air/b?ie=utf8&node=8037720011>). 2017.
- AMAZON. Amazon amazon web services. <https://aws.amazon.com/es/nosql/>, 2018. Último acceso: 2018-09-12.
- ASTOR, M. Tyour roomba may be mapping your home, collecting data that could be shared. *New York Times*, 2017.
- ATZORI, L., IERA, A. y MORABITO, G. The internet of things: A survey. *Computer networks*, vol. 54(15), páginas 2787–2805, 2010.
- AUTH0. Introduction to json web tokens. <https://jwt.io/introduction/>, 2015. Último acceso: 2018-09-19.
- AVERILL, J. R. Studies on anger and aggression: Implications for theories of emotion. *American psychologist*, vol. 38(11), página 1145, 1983.
- BARONI, A., BRUZZESE, J.-M., DI BARTOLO, C. A. y SHATKIN, J. P. Fitbit flex: an unreliable device for longitudinal sleep measures in a non-clinical population. *Sleep Breath*, vol. 20(2), páginas 853–854, 2015.
- BECK, A. T. *Prisioneros del odio: las bases de la ira, la hostilidad y la violencia*, vol. 38. Grupo Planeta (GBS), 2003.
- BECK, R. y FERNANDEZ, E. Cognitive-behavioral therapy in the treatment of anger: A meta-analysis. *Cognitive therapy and research*, vol. 22(1), páginas 63–74, 1998.

- BERK, L. S., TAN, S. A. y BERK, D. Cortisol and catecholamine stress hormone decrease is associated with the behavior of perceptual anticipation of mirthful laughter. *The FASEB Journal*, vol. 22(1 Supplement), páginas 946–11, 2008.
- BERKOWITZ, L. Frustration-aggression hypothesis: Examination and reformulation. *Psychological bulletin*, vol. 106(1), página 59, 1989.
- BHAS, N. Smart wearable devices: Fitness healthcare entertainment and enterprise 2013–2018. *Juniper Res., Basingstoke, UK, Tech. Rep*, 2013.
- BRASWELL, L., KENDALL, P. C., BRAITH, J., CAREY, M. P. y VYE, C. S. Involvement in cognitive-behavioral therapy with children: Process and its relationship to outcome. *Cognitive Therapy and Research*, vol. 9(6), páginas 611–630, 1985.
- BREVA, A., ESPINOSA, M. y PALMERO, F. Ira y reactividad cardiaca. adaptación en una situación de estrés real. *Anales de psicología*, vol. 16(1), 2000.
- BUSS, A. H. y DURKEE, A. An inventory for assessing different kinds of hostility. *Journal of consulting psychology*, vol. 21, página 343, 1957.
- CANNON-BARD, W. *The wisdom of the body*. W.W. Norton, 1939.
- CARLSSON, F. y ERIKSSON, K.-G. Comparison of security level and current consumption of security implementations for mqtt. 2018.
- CASE, M. A., BURWICK, H. A., VOLPP, K. G. y PATEL, M. S. Accuracy of smartphone applications and wearable devices for tracking physical activity data. *Jama*, vol. 313(6), páginas 625–626, 2015.
- CHANEL, G., REBETEZ, C., BÉTRANCOURT, M. y PUN, T. Emotion assessment from physiological signals for adaptation of game difficulty. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, vol. 41(6), páginas 1052–1063, 2011.
- CHEN, M., ZHANG, Y., LI, Y., HASSAN, M. M. y ALAMRI, A. Aiwac: Affective interaction through wearable computing and cloud technology. *IEEE Wireless Communications*, vol. 22(1), páginas 20–27, 2015.
- CODD, E. F. Extending the database relational model to capture more meaning. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, vol. 4(4), páginas 397–434, 1979.

- COOK, W. W. y MEDLEY, D. M. Proposed hostility and pharisaic-virtue scales for the mmpi. *Journal of Applied Psychology*, vol. 38(6), página 414, 1954.
- CORBIN, J. A. Psicología emocional: principales teorías de la emoción (<https://psicologiaymente.net/psicologia/psicologia-emocional>). 2016.
- DARWIN, C. ET AL. La expresión de las emociones en el hombre y en los animales. 1967.
- DAVIS, M. The role of the amygdala in fear-potentiated startle: implications for animal models of anxiety. *Trends in pharmacological sciences*, vol. 13, páginas 35–41, 1992.
- DE MOJÁ, C. A. y SPIELBERGER, C. D. Anger and drug addiction. *Psychological Reports*, vol. 81(1), páginas 152–154, 1997.
- DEFFENBACHER, J. L. y MCKAY, M. *Overcoming situational and general anger: A protocol for the treatment of anger based on relaxation, cognitive restructuring, and coping skills training..* New Harbinger Publications, 2000.
- DEFFENBACHER, J. L., OETTING, E. R., LYNCH, R. S. y MORRIS, C. D. The expression of anger and its consequences. *Behaviour Research and Therapy*, vol. 34(7), páginas 575–590, 1996.
- EHRENBERG, A., JUCKES, S., WHITE, K. M. y WALSH, S. P. Personality and self-esteem as predictors of young people's technology use. *Cyberpsychology & behavior*, vol. 11(6), páginas 739–741, 2008.
- EKMAN, P. An argument for basic emotions. *Cognition & emotion*, vol. 6(3-4), páginas 169–200, 1992.
- EKMAN, P. y ROSENBERG, E. L. *What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the Facial Action Coding System (FACS)*. Oxford University Press, USA, 1997.
- ERNSPERGER, L. *Keys to success for teaching students with autism*. Future Horizons, 2002.
- EVALDSSON, F. y LINDSTRÖM, M. Evaluate techniques for wireless communication from a network device to a smartphone. 2015.

- FRIEDRICHS, T., ZSCHIPPIG, C., HERRLICH, M., WALTHER-FRANKS, B., MALAKA, R. y SCHILL, K. Simple games—complex emotions: Automated affect detection using physiological signals. En *International Conference on Entertainment Computing*, páginas 375–382. Springer, 2015.
- GARBARINO, M., LAI, M., BENDER, D., PICARD, R. W. y TOGNETTI, S. Empatica e3 a wearable wireless multi-sensor device for real-time computerized biofeedback and data acquisition. En *Wireless Mobile Communication and Healthcare (Mobihealth), 2014 EAI 4th International Conference on*, páginas 39–42. IEEE, 2014.
- GRAÑA GÓMEZ, J. L., ANDREU RODRÍGUEZ, J. M. y PEÑA FERNÁNDEZ, M. E. Tipología del comportamiento agresivo en jóvenes y adolescentes. *Psicología Conductual*, vol. 9(2), páginas 361–371, 2001.
- GROUP, I.-T. S. ET AL. New itu standards define the internet of things and provide the blueprints for its development. 2012.
- HAAG, A., GORONZY, S., SCHAICH, P. y WILLIAMS, J. Emotion recognition using bio-sensors: First steps towards an automatic system. En *Tutorial and research workshop on affective dialogue systems*, páginas 36–48. Springer, 2004.
- HAMMER-LAHAV, E. Official guide to oauth 1.0. <https://oauth.net/about/introduction/>, 2007. Último acceso: 2018-09-14.
- HAMMER-LAHAV, E. Introducing oauth 2.0. <https://hueniverse.com/introducing-oauth-2-0-b5681da60ce2>, 2010. Último acceso: 2018-09-14.
- HERNÁNDEZ, L. S. L. Clasificación de emociones fusionando características de análisis de respuesta fisiológicas y análisis automatizado de conducta en video juegos. 2016.
- HIVEMQ. Tls benchmarks, hivemq 3.1.0 on aws. <https://tools.ietf.org/html/rfc7519#section-4.1.1>, 2016. Último acceso: 2018-09-28.
- IANA. Json web token (jwt)s. <https://www.iana.org/assignments/jwt/jwt.xhtml>, 2015. Último acceso: 2018-09-19.
- IETF. IETF página principal. <https://tools.ietf.org/html/rfc5802>, 2008. Último acceso: 2018-09-12.
- INSIGHT, C. The digital health debate (<http://cellohealthinsight.com/digital-health-debate/>). 2014.

- IZARD, C. E. Basic emotions, relations among emotions, and emotion-cognition relations. 1992.
- JAMES, W. *What is an emotion?*. Mind, 1984.
- JAMES, W. *The principles of psychology*. Read Books Ltd, 2013.
- JANG, E., PARK, B.-J., KIM, S.-H., CHUNG, M.-A., PARK, M.-S. y SOHN, J.-H. Classification of human emotions from physiological signals using machine learning algorithms. En *Proc. Sixth Intl Conf. Advances Computer-Human Interactions (ACHI 2013), Nice, France*, páginas 395–400. Citeseer, 2013.
- JANG, E.-H., PARK, B.-J., PARK, M.-S., KIM, S.-H. y SOHN, J.-H. Analysis of physiological signals for recognition of boredom, pain, and surprise emotions. *Journal of physiological anthropology*, vol. 34(1), página 25, 2015.
- JIMÉNEZ, L., URRUTIA, A., GALINDO, J. y ZARATÉ, P. Implementación de una base de datos relacional difusa un caso en la industria del cartón. *Revista Colombiana de Computación-RCC*, vol. 6(2), 2016.
- JONES, B. J. S. N., MICHAEL B. Json web token (jwt). <https://tools.ietf.org/html/rfc7519#section-4.1.1>, 2015. Último acceso: 2018-09-19.
- JONES, J., THOMAS-PETER, B. y TROUT, A. Normative data for the novaco anger scale from a non-clinical sample and implications for clinical use. *British Journal of Clinical Psychology*, vol. 38(4), páginas 417–424, 1999.
- KATSIS, C. D., KATERTSIDIS, N. S. y FOTIADIS, D. I. An integrated system based on physiological signals for the assessment of affective states in patients with anxiety disorders. *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 6(3), páginas 261–268, 2011.
- KIM, K. H., BANG, S. W. y KIM, S. R. Emotion recognition system using short-term monitoring of physiological signals. *Medical and biological engineering and computing*, vol. 42(3), páginas 419–427, 2004.
- KOOIMAN, T. J., DONTJE, M. L., SPRENGER, S. R., KRIJNEN, W. P., VAN DER SCHANS, C. P. y DE GROOT, M. Reliability and validity of ten consumer activity trackers. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, vol. 7(1), página 24, 2015.

- KOSKIMÄKI, H., MÖNTTINEN, H., SIIRTOLA, P., HUTTUNEN, H.-L., HALONEN, R. y RÖNING, J. Early detection of migraine attacks based on wearable sensors: experiences of data collection using empathica e4. En *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, páginas 506–511. ACM, 2017.
- LAZARUS, R. S., AVERILL, J. R. y OPTON, E. M. Towards a cognitive theory of emotion. En *Feelings and emotions*, páginas 207–232. Elsevier, 1970.
- LEDGER, D. y MCCAFFREY, D. Inside wearables: How the science of human behavior change offers the secret to long-term engagement. *Endeavour Partners*, vol. 200(93), página 1, 2014.
- LISETTI, C. L. y NASOZ, F. Using noninvasive wearable computers to recognize human emotions from physiological signals. *EURASIP journal on applied signal processing*, vol. 2004, páginas 1672–1687, 2004.
- LISTER, C., WEST, J. H., CANNON, B., SAX, T. y BRODEGARD, D. Just a fad? gamification in health and fitness apps. *JMIR serious games*, vol. 2(2), 2014.
- LIU, C., CONN, K., SARKAR, N. y STONE, W. Physiology-based affect recognition for computer-assisted intervention of children with autism spectrum disorder. *International journal of human-computer studies*, vol. 66(9), páginas 662–677, 2008.
- LOCHMAN, J. E. y WELLS, K. C. A social-cognitive intervention with aggressive children: prevention effects and contextual implementation issues. 1996.
- LÓPEZ, M. La psiconeuroinmunología, una nueva ciencia en el tratamiento de enfermedades. *Psyconeuroimmunology*, 1999.
- LÓPEZ RODRÍGUEZ, L. Validación psicométrica de la versión española de la escala de agresión impulsiva y premeditada(ipas). ????
- LOWOOD, H. Videogames in computer space: The complex history of pong. *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 31(3), 2009.
- MAAOUI, C. y PRUSKI, A. Emotion recognition through physiological signals for human-machine communication. En *Cutting Edge Robotics 2010*. InTech, 2010.

- MARTINEZ, M. M., NIELSEN, J. M., VANARSDEL, K. y CACACE, A. A. Wristband health tracker. 2015. US Patent App. 29/499,065.
- MCCARTHY, C., PRADHAN, N., REDPATH, C. y ADLER, A. Validation of the empatica e4 wristband. En *Student Conference (ISC), 2016 IEEE EMBS International*, páginas 1–4. IEEE, 2016.
- MILLAR, T., SMITH, T., TURNER, C., GUIJARRO, M. y HALLET, A. A meta-analytic review research on hostility. *Psychological Bulletin*, vol. 119, páginas 322–348, 1996.
- MILLS, J. F., KRONER, D. G. y FORTH, A. E. Novaco anger scale: Reliability and validity within an adult criminal sample. *Assessment*, vol. 5(3), páginas 237–248, 1998.
- MONTAÑÉS, M. C. Psicología de la emoción: el proceso emocional. *Universidad de Valencia*, 2005.
- MOODMETRIC. Moodmetric (<http://www.moodmetric.com>). 2015.
- MOURE RODRÍGUEZ, P. De lo psicológico a lo fisiológico en relación a las emociones y la salud. *Revista Psicocientífica*, 2011.
- NAM, Y. H., BAI, Y., LEE, J. A., KIM, Y., LEE, J.-M., MEIER, N. F. y WELK, G. J. Validity of consumer-based physical activity monitors in semi-structured activities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 47(5S), páginas 260–261, 2015.
- NASOZ, F., ALVAREZ, K., LISETTI, C. L. y FINKELSTEIN, N. Emotion recognition from physiological signals using wireless sensors for presence technologies. *Cognition, Technology & Work*, vol. 6(1), páginas 4–14, 2004.
- NIETO, M. Á. P., DELGADO, M. M. R. y LEÓN, L. Aproximaciones a la emoción de ira: de la conceptualización a la intervención psicológica. *REME*, vol. 11(28), página 5, 2008.
- NOGUEIRA, P. A., RODRIGUES, R., OLIVEIRA, E. y NACKE, L. E. A hybrid approach at emotional state detection: Merging theoretical models of emotion with data-driven statistical classifiers. En *Proceedings of the 2013 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT)-Volume 02*, páginas 253–260. IEEE Computer Society, 2013.
- NOVACO, R. W. The novaco anger scale and provocation inventory. *Los Angeles, CA: Western Psychological Services*, 2003.

- OLIVA MENDOZA, F. J., HERNÁNDEZ POZO, M. D. R. y CALLEJA BELLO, N. Validación de la versión mexicana del inventario de expresión de ira estado-rasgo (staxi-2). *Acta Colombiana de Psicología*, vol. 13(2), 2010.
- OLSSON, A., NEARING, K. I. y PHELPS, E. A. Learning fears by observing others: the neural systems of social fear transmission. *Social cognitive and affective neuroscience*, vol. 2(1), páginas 3–11, 2007.
- OPTOGAIT. Optogait. www.optogait.com/Que-es-OptoGait, 2011. Último acceso: 2018-03-30.
- ORTONY, A. y TURNER, T. J. What's basic about basic emotions? *Psychological review*, vol. 97(3), página 315, 1990.
- PÉREZ NIETO, M. U. I., MIGUEL ÁNGEL. *La ira*. Grupo 5, 2015.
- PETER, C., EBERT, E. y BEIKIRCH, H. A wearable multi-sensor system for mobile acquisition of emotion-related physiological data. En *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*, páginas 691–698. Springer, 2005.
- PICARD, R. W. Future affective technology for autism and emotion communication. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364(1535), páginas 3575–3584, 2009.
- PICARD, R. W. y HEALEY, J. Affective wearables. *Personal Technologies*, vol. 1(4), páginas 231–240, 1997.
- PIWEK, L., ELLIS, D. A., ANDREWS, S. y JOINSON, A. The rise of consumer health wearables: promises and barriers. *PLoS Medicine*, vol. 13(2), página e1001953, 2016.
- PLUTCHIK, R. *Emotion: A psychoevolutionary synthesis*. Harpercollins College Division, 1980.
- POH, M.-Z., SWENSON, N. C. y PICARD, R. W. A wearable sensor for unobtrusive, long-term assessment of electrodermal activity. *IEEE transactions on Biomedical engineering*, vol. 57(5), páginas 1243–1252, 2010.
- PRIETO, G. y MUÑIZ, J. Un modelo para evaluar la calidad de los tests utilizados en España. *Papeles del psicólogo*, (77), 2000.
- PULIDO, J. C., GONZÁLEZ, J. C., SUÁREZ-MEJÍAS, C., BANDERA, A., BUSTOS, P. y FERNÁNDEZ, F. Evaluating the child–robot interaction of the naotherapist platform in pediatric rehabilitation. *International Journal of Social Robotics*, vol. 9(3), páginas 343–358, 2017.

- RANI, P., LIU, C., SARKAR, N. y VANMAN, E. An empirical study of machine learning techniques for affect recognition in human–robot interaction. *Pattern Analysis and Applications*, vol. 9(1), páginas 58–69, 2006.
- REEVE, J. Motivación y emoción. 1994.
- ROSENBAUM, M. E. y DECHARMS, R. Direct and vicarious reduction of hostility. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, vol. 60(1), página 105, 1960.
- SAID, O. y MASUD, M. Towards internet of things: Survey and future vision. *International Journal of Computer Networks*, vol. 5(1), páginas 1–17, 2013.
- SCHACHTER, S. y SINGER, J. Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological review*, vol. 69(5), página 379, 1962.
- SCHIEMAN, S. The sociological study of anger: Basic social patterns and contexts. En *International handbook of anger*, páginas 329–347. Springer, 2010.
- SELVARAJ, J., MURUGAPPAN, M., WAN, K. y YAACOB, S. Classification of emotional states from electrocardiogram signals: a non-linear approach based on hurst. *Biomedical engineering online*, vol. 12(1), página 44, 2013.
- SIMBAD, S. Samsung simbad. <https://www.simband.io>, 2018. Último acceso: 2018-03-30.
- SOBERS, R. What is oauth? definition and how it works. <https://blog.varonis.com/what-is-oauth/>, 2018. Último acceso: 2018-09-14.
- SPIELBERGER, C. Professional manual for state-trait anger expression inventory-2. *Psychological Assessment Resources*, 1999.
- SPIELBERGER, K. S., C.D. the assessment of state and trait anxiety. *Handbook of anxiety*, vol. 2, 1988.
- STACKOVERFLOW. Stackoverflow encuesta anual. <https://www.eversql.com/most-popular-databases-in-2018-according-to-stackoverflow-survey/>, 2018. Último acceso: 2018-09-12.
- STEMMLER, G. Somatovisceral activation during anger. En *International handbook of anger*, páginas 103–121. Springer, 2010.

- STOJMENOVIC, I. y WEN, S. The fog computing paradigm: Scenarios and security issues. En *Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2014 Federated Conference on*, páginas 1–8. IEEE, 2014.
- SUKHODOLSKY, D. G., GOLUB, A. y CROMWELL, E. N. Development and validation of the anger rumination scale. *Personality and Individual Differences*, vol. 31(5), páginas 689–700, 2001.
- SUSHAMES, A., EDWARDS, A., THOMPSON, F., MCDERMOTT, R. y GEBEL, K. Validity and reliability of fitbit flex for step count, moderate to vigorous physical activity and activity energy expenditure. *PloS one*, vol. 11(9), página e0161224, 2016.
- TORNIAINEN, J., COWLEY, B., HENELIUS, A., LUKANDER, K. y PAKARINEN, S. Feasibility of an electrodermal activity ring prototype as a research tool. En *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE*, páginas 6433–6436. IEEE, 2015.
- TUDOR-LOCKE, C., CRAIG, C. L., AOYAGI, Y., BELL, R. C., CROTEAU, K. A., DE BOURDEAUDHUIJ, I., EWALD, B., GARDNER, A. W., HATANANO, Y., LUTES, L. D. ET AL. How many steps/day are enough? for older adults and special populations. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, vol. 8(1), página 80, 2011.
- TURNAGE, J. J. y SPIELBERGER, C. D. Job stress in managers, professionals, and clerical workers. *Work & Stress*, vol. 5(3), páginas 165–176, 1991.
- UCEDA, I. M. *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, 2011.
- UP24, J. Jawbone UP 24 web de inicio. <https://jawbone.com/fitness-tracker/up2>, 2014. Último acceso: 2018-03-30.
- VALENZA, G., CITI, L., LANATÁ, A., SCILINGO, E. P. y BARBIERI, R. Revealing real-time emotional responses: a personalized assessment based on heartbeat dynamics. *Scientific reports*, vol. 4, página 4998, 2014.
- VELDMAN, D. J. y WORCHEL, P. Defensiveness and self-acceptance in the management of hostility. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, vol. 63(2), página 319, 1961.

- VENKATARAMANAN, M. My identity for sale. *Wired*, vol. 11, páginas 98–105, 2014.
- VIEGA, J., MESSIER, M. y CHANDRA, P. *Network security with openssl: cryptography for secure communications*. "O'Reilly Media, Inc.", 2002.
- WUNDT, W. M. *Lectures on human and animal psychology*. George Allen, 1896.
- YOKOTANI, T. y SASAKI, Y. Comparison with http and mqtt on required network resources for iot. En *Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC), 2016 International Conference on*, páginas 1–6. IEEE, 2016.

Lista de acrónimos