

Grado en ingeniería informática de gestión y sistemas de información

**Incorporación de computación afectiva en el diseño de interfaces de
usuario**

Memoria

**ERIC FRADERA PEDRAZA
TUTOR: ALFONS PALACIOS**

2021-2022

Abstract

In this project a guide is created for all developers with the objective of introducing functionalities related to affective computing. The memory together with the guide and the different mockups and implementations aim to introduce developers to affective computing, to understand basic concepts about the theories of emotions, which sensors work in which situations, which databases and information sources to use, as well as design patterns and best practices designed to improve the user experience.

Resum

En aquest projecte s'ha creat una guia adreçada a tots els desenvolupadors per introduir funcionalitats relacionades amb la computació afectiva. La memòria juntament amb la guia i les diferents maquetes i implementació tenen com a objectiu introduir els desenvolupadors a la computació afectiva, entendre conceptes bàsics sobre les teories de les emocions, que sensors funciona en quines situacions, quines bases de dades i fonts d'informació utilitzar, així com patrons de disseny i bones pràctiques pensats per millorar l'experiència de l'usuari

Resumen

En este proyecto se ha creado una guía dirigida a todos los desarrolladores con el objetivo de introducir funcionalidades relacionadas con la computación afectiva. La memoria junto con la guía y los distintas maquetas e implementación tienen como objetivo introducir a los desarrolladores a la computación afectiva, entender conceptos básicos sobre las teorías de las emociones, que sensores funciona en que situaciones, que bases de datos y fuentes de información utilizar, así como patrones de diseño y buenas prácticas pensados para mejorar la experiencia del usuario

Índice

Índice de ilustraciones	IX
Índice de tablas	XIV
1. Introducción	1
2. Marco teórico	3
2.1. Computación afectiva	3
2.1.1. Definiciones	3
2.1.2. Contexto	4
2.1.3. Diferencias entre perspectiva cognitivista y basada en la interacción	9
2.2. Estado del arte	14
2.2.1. Automovilismo.....	14
2.2.2. Recursos Humanos	14
2.2.3. Seguridad.....	15
2.2.4. Medicina.....	15
2.2.5. Marketing	16
2.2.6. Entretenimiento	16
2.2.7. Videojuegos.....	17
2.2.8. Educación	17
2.3. Teorías de la emoción.....	18
2.3.1. Teoría de James-Lange.....	18
2.3.2. Cannon-Bard	19
2.3.3. Teoría de Arnold Lazarus.....	21
2.3.4. Tipos de emoción según Zagalo.....	23
2.3.5. Teoría emocional de Paul Ekman.....	24
2.3.6. Representación neurológica de las emociones	25
2.3.7. Sistema límbico	27

2.3.8.	La amígdala	28
2.3.9.	Marcadores de la experiencia emocional.....	29
2.4.	Teoría de la evaluación	30
2.4.1.	OCC	31
2.5.	Representación de las emociones.....	33
2.6.	Circumplex model of affect.....	33
2.7.	Detección de las emociones	34
2.7.1.	Actividad cardíaca	35
2.7.2.	Electrocardiograma.....	36
2.7.3.	Fotopletismografía.....	37
2.7.4.	Electroencefalograma	37
2.7.5.	Electromiografía	38
2.7.6.	Presión sanguínea	38
2.7.7.	Respiración	39
2.7.8.	Conductividad de la piel	39
2.7.9.	Detección de expresiones faciales	40
2.7.10.	Detección de emociones basada en texto.....	42
2.8.	Bases de datos multimodales	44
2.8.1.	Disponibilidad	45
2.8.2.	Calidad de la muestra	46
2.8.3.	Bases de datos audiovisuales	46
2.8.4.	Bases de datos con captura física	47
2.9.	EmotionML.....	48
2.9.1.	Estructura del documento	49
2.10.	Consideraciones éticas	50
3.	Objetivos y alcance	53

4. Metodología	55
4.1. Metodología de investigación.....	55
4.2. Tareas destinadas a la creación de la guía	56
4.3. Metodología de diseño.....	56
4.4. Metodología de desarrollo	57
4.5. Definición de requerimientos	57
5. Desarrollo	59
5.1. DevKit	59
5.2. Multi interfaz	61
5.3. Patrones de diseño	63
5.3.1. Comunicación emocional basado en iconos.....	63
5.3.2. Dificultad adaptativa	67
5.3.3. Contenido adaptativo en base al estado emocional	71
5.3.4. Expresión de humor	75
5.3.5. Avisos de contenido	77
5.3.6. Dialogo empático	79
5.3.7. Hub basado en emociones	80
5.4. Patrones de captura de usuario	82
5.5. EmotiveChat	83
5.5.1. Diseño inicial.....	83
5.5.2. Funcionamiento	85
5.5.3. Diseño aplicación	89
5.5.4. Programación de la aplicación	93
6. Conclusiones	99
7. Futuras ampliaciones.....	103
8. Bibliografía	105

Índice de ilustraciones

Fig. 1 Estado actual de la computación afectiva. Elaboración propia.....	8
Fig. 2 FAIM[14] y EmoteMAil[15] en acción	12
Fig. 3 Proceso de generar emoción según James. Elaboración propia.	19
Fig. 4 Proceso de generación de emoción según Cannon-Bard. Elaboración propia.....	20
Fig. 5 Proceso de evaluación de una emoción según Arnold-Lazarus. Elaboración propia.	21
Fig. 6 Proceso de evaluación de las emociones según Arnold -Lazarus teniendo en cuenta las acción tendencias[32]	22
Fig. 7 Ejemplo de las expresiones faciales básicas [36].....	25
Fig. 8 Craneo de Phineas Gage junto a Phineas Gage [37].....	25
Fig. 9 lóbulo límbico.[39].....	28
Fig. 10 Modelo original OCC[45]	32
Fig. 11 Circumplex model of affect de Russell[47][48].....	34
Fig. 12 Intervalo R-R en un electroencefalograma ejemplo. Elaboración propia.	36
Fig. 13 Ejemplo del gráfico de constricción generado con la fotopleuismografía[52]	37
Fig. 14 Reconocimiento ejemplo del casco Emotive Epop[54].....	38
Fig. 15 Algunas acción units del Facial Coding system[58].....	41
Fig. 16 Proceso básico de detección de expresiones faciales[60]	41
Fig. 17 NRC Lexicon[64].....	43
Fig. 18 evolución del uso de bases de datos multimodales. A: Audio, T: Text, V: Video[49]	45
Fig. 19 jerarquía mkdocs. Elaboración propia	61
Fig. 20 ejemplo de cómo las interfaces se pueden adaptar en función del estado emocional del usuario. Elaboración propia.	62
Fig. 21 Ejemplo de perfil de colores que pueden estar asociados a un conjunto de emociones. El uso de tonalidades más oscuras y más claras mejora la visibilidad manteniendo las tonalidades base. Elaboración propia.	65
Fig. 22 Ejemplo de textos con icono iconografía. Elaboración propia.	65
Fig. 23 Ejemplo de chat usando el patrón de símbolos	66
Fig. 24 Diagrama del Flow[78]	67
Fig. 25 Visualización del escalado de las estadísticas. Elaboración propia.	69

Fig. 26 Distribución de usuarios en función de la habilidad. Fuente propia.....	69
Fig. 27 En Nevermind el juego modifica los niveles en función del estado emocional del usuario.[79]	70
Fig. 28 Esquema de como una misma pista de audio se puede dividir en distintos caminos en función del estado emocional del usuario.	71
Fig. 29 Toma de decisión en Black mirror: Bandersnatch.[80]	74
Fig. 30 Árbol completo de decisiones de Bandersnatch.[81].....	74
Fig. 31 Distintas formas de representar el estado emocional. En la primera solo se muestra un aro de color. En el segundo se cambian las fotos en función de la emoción. En la tercera hay una combinación de ambas técnicas.....	76
Fig. 32 Representación de una emoción en el perfil del <i>cyberworld</i>	76
Fig. 33 Representación de distintos estados emocionales en Pokémon mundo misterioso.	76
Fig. 34 ejemplo de aviso de contenido en una aplicación o juego. Elaboración propia. ...	77
Fig. 35 Ejemplo de avisos de contenido. A la izquierda aviso usando la línea temporal de un video. A la derecha aviso de contenido en una página web. Elaboración propia.	78
Fig. 36 Aviso de contenido en boyfriend dungeon.	78
Fig. 37 Ejemplo de dialogo empático.....	80
Fig. 38 Ejemplo de adaptación del hub de aplicaciones en base al estado emocional del usuario. Elaboración propia.....	81
Fig. 39 Sensores y marcadores que monitorean y su aplicabilidad.[8]	83
Fig. 40 MockUp realizado en adobeXD. Elaboración propia.	84
Fig. 41 Mock up y paletas de colores para la adaptación de los colores de la UI. Elaboración propia.....	85
Fig. 42 De izquierda a derecha. Página de log in, página perfil, lista de chats. Elaboración propia.....	85
Fig. 43 Temas en función del estado emocional de emochat. Elaboración propia.	86
Fig. 44 De izquierda a derecha. Lista de configuración de emociones. Lista de colores y texto ejemplo. Lista con fuentes y emojis. elaboración propia.	87
Fig. 45 De izquierda a derecha. Chat con marcación emocional. Pantalla de estadísticas. Elaboración propia.	88
Fig. 46 Gráficos de analíticas de la aplicación. Elaboración propia.	89
Fig. 47 Diagrama de secuencia de cambio iconografía aplicación. Elaboración propia....	91

Fig. 48 Diagrama de secuencia de cambio de estado de ánimo. Elaboración propia. 92

Fig. 49 Diagrama de secuencia de obtener analíticas. Elaboración propia. 93

Índice de tablas

Tabla 1 Comparación MIT, interactividad. Elaboración propia.	13
Tabla 2 diferencias entre emociones primarias y secundarias [34].....	23
Tabla 3 Datasets de reconocimiento por texto, [63].....	44
Tabla 4 Bases de datos multimodales con contenido visual y sonoro.[66].....	47
Tabla 5 Bases de datos multimodales con información fisiológicas.[67]	48
Tabla 6 Página de inicio de la wiki de computación afectiva. Elaboración propia.....	60
Tabla 7 Ejemplo escalado parametrizado. Elaboración propia.	68

1. Introducción

A mediados del siglo veinte la revolución digital cambió la sociedad. Hoy en día es incomprensible una sociedad no digitalizada. Los ordenadores siguen funcionando bajo los mismos principios. La interacción entre personas y ordenadores ha mejorado, haciendo las plataformas actuales cada vez más accesibles. No solo las máquinas y la experiencia de usuario evolucionan, sino que los propios usuarios se adaptan a estas interacciones.

Aunque ha habido grandes cambios, los ordenadores ignoran algunos aspectos de la experiencia humana. En 1995 Rosalind W. Picard explora un modo distinto de computación, no en el ámbito de la arquitectura, sino de la experiencia. Para la doctora Picard, los ordenadores están incompletos para asistir las necesidades humanas, ya que carecen de emociones.

Los ordenadores son sistemas que, aunque son mucho más accesibles que hace 30 años, ignoran las necesidades emocionales de los usuarios. Cuántas veces se ve a un usuario perdiendo la paciencia delante de un ordenador porque el programa no se ha ejecuta, o como usuarios dan al botón de recarga de *YouTube* en busca del contenido sin resultado. Picard opina que esto se debe a que los ordenadores son incapaces de tomar decisiones inteligentes porque sus únicas herramientas de toma de decisión son lógicas. En muchas ocasiones, la mejor solución no es la más lógica. Aunque las emociones se consideran en muchas ocasiones como tabú, o inadecuadas, también es un proceso evolutivo que forman parte del día a día de todos los usuarios. Para que la experiencia de usuario siga adelante se debe integrar estas emociones en las propias interfaces, acuñando el concepto y creando una nueva línea de diseño llamada *Affective computing*.

Picard escribe el libro *Affective computing* en 1995 publicado por el MIT, con él que después fundó el MIT media lab. En este libro se conjetura de los problemas y virtudes de esta filosofía de diseño. Queda muy lejana la fecha de escritura del libro de Rosalind. Es un libro claramente influenciado por la ciencia ficción de los 80 y en algunos elementos es difícil ver la diferencia entre la ficción y realidad. En prototipos que presenta en el libro podemos ver las carencias de la tecnología de los 90, periféricos de gran tamaño, procesadores de poca potencia y tecnologías como la inteligencia artificial aún en sus primeros pasos.

En los últimos años, la computación afectiva vuelve a estar en el punto de mira a causa de la miniaturización y popularidad de *wearables*, popularización de tecnologías de *machine learning incluso* en dispositivos móviles. Se ha llega al punto que Rosalind sueña en 1995, donde muchas de sus predicciones se cumplen y muchas otras tienen potencial de hacerse realidad. Por ello se empieza a ver un crecimiento y un potencial muy alto en esta forma de diseño de interfaces para usuarios. Hay que observar si se cumple este futuro de ordenadores emocionales que Rosalind nos presenta, o será una promesa vacía.

Este proyecto investiga la computación afectiva en profundidad, para crear una fotografía actual de los avances i la situación actual. Parte de la poca adopción de la computación afectiva viene de la poca documentación y el nivel de conocimiento que se requiere para entenderlo.

Este proyecto crea una guía que ayuda a los desarrolladores a decidir si esta línea de diseño vale la pena ser implementada en sus productos. La memoria de este proyecto tiene como objetivo ser simultáneamente una investigación y un producto para ingenieros que quieran implementar en sus proyectos este tipo de interfaces. A causa de esto este proyecto tiene una extensa investigación inicial que hace simultáneamente de marco teórico y de producto.

Para acompañar a este extenso marco teórico se incluye una parte de desarrollo donde se propone patrones de diseño de computación afectiva, una página web con toda la información que un desarrollador de computación afectiva necesita y una implementación de los patrones de diseño en una aplicación móvil de comunicación emocional.

2. Marco teórico

2.1. Computación afectiva

Es común mirar hacia la ciencia ficción moderna cuando se habla de la computación afectiva. Muchas de las referencias que se usan al imaginar en cómo se puede materializar proviene de clásicos de la ciencia ficción de Asimov o forma más frecuente el ordenador HAL de la película odisea en el espacio.

No es de extrañar estas fuertes influencias debido a la época en la que Rosalind Picard acuña el término por primera vez. En 1995 Rosalind publica un artículo bconvertirajo el sello de MIT que se convierte en el documento fundacional de este campo de la interacción persona ordenador[1].

Aunque Rosalind establece este campo con la publicación de este libro, han sido diversos objetos de estudio que han llevado a desembarcar en este concepto. Durante este periodo hay una gran ebullición de conceptos relacionados con la inteligencia artificial, el paso de la psicología desde un punto de vista de comportamiento a uno cognitivo, etc. Todos estos campos crean el campo de cultivo perfecto para la conceptualización de la computación afectiva.

2.1.1. Definiciones

Desde que se establece el concepto ha habido multitud de visiones sobre qué es la computación afectiva, cómo debe ser o cómo afecta a los usuarios. Rosalind propone un punto de vista cognitivo, que no es ubicuo en este campo. Aunque todos los puntos de vista parten de elementos en común, la interpretación suele variar.

La definición que Rosalind da es la siguiente:

Affective computing, computing that relates to, arises from, or deliberately influences emotions.[1]

La definición que propone deja un espectro amplio de cómo se conceptualiza esta filosofía de diseño. Dentro de esta definición se incluye desde el reconocimiento de las emociones, la manipulación de interfaces a causa de las emociones de los usuarios o la capacidad de las

máquinas de tener emociones propias. Como se ve en capítulos posteriores, el estado actual del estudio de las emociones y de las tecnologías de detección y categorización se encuentran en un constante desarrollo, todavía mostrando claros rasgos de su poca madurez. Los campos que beneficia la introducción de emociones son diversos, pero cada campo muestra desde perspectivas distintas en cómo se articulan estas implementaciones.

2.1.2. Contexto

La pregunta más importante que se hace a esta tecnología es el motivo de su existencia. En estudios [1], [2] se apunta un problema recurrente de vilipendiar de las emociones. Boehner critica que la única forma de entender la realidad es a través de la lógica, un rasgo que considera recurrente en las sociedades occidentales. Las emociones se entienden como algo subjetivo, femenino y comúnmente considerado incluso perjudicial.

En la teoría de la evolución de Darwin[3] se habla de las emociones como procesos evolutivos que han ayudado a la especie a sobrevivir. De la misma manera que los animales también presentan emociones, aunque de formas más primitivas, los humanos también son seres emocionales. Las emociones forman parte de muchos procesos que permiten el razonamiento y se manifiestan como fundamentales en gran cantidad de procesos como la toma de decisiones, o la empatía.

Damasio[4] [1] estudia a pacientes con distintas afecciones que afectan al lóbulo frontal del cerebro. El lóbulo frontal está comunicado con el sistema límbico y tiene como una de las principales funciones la toma de decisiones. Mientras que los pacientes parecen tener una inteligencia normal, la realidad es que estos sujetos toman malas decisiones a causa de que, aunque tienen gran capacidad lógica, la falta de capacidades emocionales no les permiten un razonamiento correcto.

Este experimento permite observar como la carencia de emociones lleva a decisiones ilógicas, mientras que comúnmente se asocia con la toma de decisiones lógicas. Con esto se trazan puentes con la computación afectiva, mientras que los ordenadores funcionan con sistemas lógicos, en muchas ocasiones toman decisiones que desde el punto de vista de los usuarios no tienen sentido.

Es por ello por lo que se llega a la conclusión que omitir uno de los canales de comunicación e interacción humana hace que las relaciones entre usuarios y ordenadores sea una relación disfuncional.

En el momento en el que se plantea el término, uno de los mayores puntos de discusión está relacionado con el bajo conocimiento del uso de interfaces. En los noventa, cuando se plantea este diseño, una parte importante de la sociedad carece de los conocimientos y habilidades para interactuar con ordenadores. Esto lleva a varios campos a intentar atacar este problema desde puntos de vista distintos, la computación afectiva fue una de ellas. Se plantea que el uso de las emociones puede evitar la frustración de los usuarios frente a las interacciones con las interfaces.

De forma directa o indirecta se puede ver intentos de asistentes que intentan solventar esta problemática alrededor de la publicación de este documento[1]. El más famoso y conocido es Clippy, un asistente que pretende ayudar y reducir las frustraciones del usuario a través de consejos. Aunque pocas veces incluido, Clippy puede estar categorizado dentro de la computación afectiva debido a que su objetivo era evitar estas frustraciones[5].

Hay ciertos elementos que marcan puntos interesantes que hacen a Clippy avanzado a su tiempo. Para empezar su diseño, aunque no es antropomórfico, Clippy dibuja una cara expresiva con elementos muy sencillos. Las animaciones y distintas expresiones faciales que utiliza Clippy permite al usuario entender emociones distintas solo con observarlo.

Clippy es relevante en cuanto a pionero en interacciones con el usuario y tener una capacidad aparentemente afectiva. Algunos de los puntos de vista de la computación afectiva tienen como objetivo dar emociones a los ordenadores, pero en ocasiones no se requiere de emociones, sino que parezca que las tengan. El uso de un personaje animado con expresiones exageradas es brillante no únicamente por haberse convertido en un icono sino por la rebosante capacidad expresiva.

Es simultáneamente un paso atrás el asistente virtual de la misma Microsoft (con el nombre del asistente del videojuego halo) Cortana, el cual, aunque tiene capacidades muy superiores a nivel tecnológico, falla estrepitosamente a generar simpatía y tener una conexión más cercana con el usuario, llevándola a ser desactivada y olvidada.

No quiere decir que Clippy es un gran ejemplo, ya que, aunque tiene elementos como la expresividad, presenta graves problemas de interactividad. Comúnmente Clippy es desactivado por sus interacciones generalmente inútiles y sus pocas capacidades de entender el verdadero problema.

La computación afectiva pretende incorporar emociones a las interfaces para el beneficio de los usuarios. Esto no implica que la adición de este diseño modifique el raciocinio de las máquinas para perder este aspecto lógico. Como Rosalind comenta, la computación afectiva no pretende crear máquinas desequilibradas, sino crear máquinas que entiendan y mejoren la experiencia de los usuarios.

Debido a lo comentado anteriormente, se entiende que no todas las máquinas deben incorporar este tipo de interacción. Hay situaciones en las que la asistencia de un ordenador que considera las emociones de los usuarios puede ser beneficiosas, por ejemplo, Stock-Motion dataset [6], donde usuarios que trabajan en la compraventa de acciones en bolsa son analizados emocionalmente para evitar que se tomen decisiones precipitadas, con el objetivo de mejorar su rendimiento. Mientras que, en los controladores de máquinas peligrosas como las de una central nuclear pueden convertirse en problemáticos. La computación afectiva es una herramienta que algunos casos mejora la interacción entre personas y ordenadores, pero no es una tecnología adecuada para todos los campos.

Esto hace que los productos tecnológicos de consumo como ordenadores personales, teléfonos inteligentes o consolas tengan perfil interesante en cómo estos pueden mejorar el día a día de los usuarios. El uso de la computación afectiva pasa desde la adaptación de interfaces a la recopilación de datos emocionales para la revisión del funcionamiento de ciertos programas, es decir, monitoriza puntos de tensión en aplicaciones con el objetivo de rediseñarlas y mejorar la experiencia.

Otro punto que se plantea, influenciado por la ciencia ficción, es como se debe implantar esta tecnología. En muchas ocasiones se hace referencia a la empatía, el mecanismo que permite a los humanos reconocer y reaccionar a emociones ajenas. Para poder dar empatía al software se plantea si este requiere de emociones para entenderlas. Es decir, si se requiere de una máquina que posee emociones para poder reconocer, entender y reaccionar de forma correcta a los usuarios o simplemente se necesita de reconocimiento y reacción, eliminando el componente emocional de las máquinas.

El texto de Rosalind hace declaraciones que con el tiempo han sido dejadas de lado. Una de estas es el dar emociones a los ordenadores para que estos mismos tengan la capacidad de expresar problemas relacionados con su hardware[7] (emulando el comportamiento de un cuerpo vivo) para el mantenimiento propio. Esto hace que los ordenadores tengan la capacidad de notificar de manera emocional problemas de sobrecalentamiento, falta de memoria, entre muchos otros problemas. Esto que plantea Rosalind se ha dejado de lado. Aunque no se han encontrado un motivo en concreto, lo más probable es que a causa de las mejoras en arquitectura de los ordenadores este tipo de reacciones se hayan convertido en innecesarias. Esta funcionalidad, entre otras, son un patrón constante en la computación afectiva, donde la solución que da mejores resultados no pasa por el uso de las emociones de los usuarios ni de proporcionar emociones a los computadores.

Como normal general, las interfaces que se encargan de ejecutar procesos sencillos o que requieren de alta precisión empeoran con la introducción de las emociones. Por otro lado, en procesos más complejos en los que hay mucha interacción con el usuario o que requiere de algún tipo de relación social, la introducción de emociones puede verse como beneficiosa.

Uno de los grandes pilares de la investigación en computación afectiva se centra alrededor de los sensores biométricos. El objetivo es obtener estados emocionales a través de las respuestas biológicas de los humanos. En los noventa ya hay algunos sensores que son hasta cierto punto portables sin gran molestia, pero hoy en día se pueden encontrar estos mismos sensores en pulseras de pequeño tamaño y mayor duración de batería como el apple watch que no solo tienen mejor precisión, sino que tienen una capacidad computacional mayor que un dispositivo de este formato en los 90.

La tecnología avanza a pasos agigantados, como para permitir que la computación afectiva exista fuera de los laboratorios. Los teléfonos inteligentes cuentan hoy con mayor potencia que la mayoría de los ordenadores en los noventa en un dispositivo que se puede guardar en un bolsillo. La miniaturización de los transistores permite sensores y procesadores más eficientes, de mayor potencia y precisión. La democratización de los productos electrónicos da paso a que esta tecnología tenga la capacidad de llegar a muchos mercados y que sean viables económicamente.

Como se ve en posteriores capítulos la computación afectiva es también un arma de doble filo. Mientras que tiene ventajas como las que ya se comentado, también supone un nuevo

canal de información que puede ser usado con objetivos poco éticos. La privacidad, seguridad de los usuarios y la manipulación emocional son factores que entran en acción y que requieren de regulación y leyes que marquen unas buenas prácticas.

La computación afectiva incluye principalmente la implementación de emociones, la capacidad de reconocer y expresar emociones para responder de forma inteligente a los usuarios.

En la fig. 1, podemos ver la hoja de ruta que se ha planteado en varias ocasiones. Actualmente, el mercado de masas usa principalmente computación normal. Mientras, los investigadores y empresas especializadas están trabajando ya en el reconocimiento de emociones. Como se ve en capítulos posteriores, el reconocimiento de emociones es capaz de obtener resultados razonables; sin embargo, queda un buen camino que recorrer para ser empleados de forma fiable, además de estar lejos de ser productos para las grandes masas. Los siguientes pasos, según Rosalind es la capacidad de las interfaces en generar emociones en los usuarios y de dar emociones a los computadores. Por ahora, son teorías y propuestas de futuro.

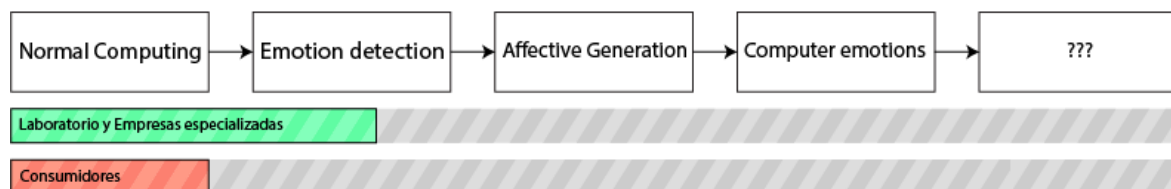


Fig. 1 Estado actual de la computación afectiva. Elaboración propia.

Como cabe esperar, la computación afectiva depende de otras disciplinas como la psicología y la neurología. Aquí se genera el debate de cómo estas emociones de los computadores deben ser implementadas, si deben ser un reflejo de cómo son las emociones en los humanos, o algo distinto. Más importante, aunque en el último siglo hay grandes avances en la comprensión del cerebro humano y de su funcionamiento, sigue habiendo muchas cuestiones sin resolver [8].

Las emociones son algo complicado de detectar. Incluso con tecnologías de EGG (electroencefalograma), EDA (*electrodermal activity*) o reconocimiento facial que muestran indicadores sobre qué emoción o rango de emociones está experimentando un sujeto son en general poco precisos y fáciles de sortear. Muchos usuarios no quieren mostrar sus

emociones al público o que sean registradas, por lo que muchos sujetos mienten o intentan saltarse estos métodos de reconocimiento.

Los métodos actuales de reconocimiento tienden a ser incómodos e invasivos, por lo que el sujeto no está en un estado neutro, lo que hace que el reconocimiento empeore[9].

Para complicar más las cosas, las emociones no están localizadas en el cerebro de forma fácilmente observable. Al manifestarse una emoción no se activa una zona concreta del cerebro, sino que, en función de la situación, se activarán unas u otras, incluso siendo emociones muy similares. Aunque sí que se han determinado zonas en las que se muestra una mayor actividad cerebral, no es suficientemente localizado para determinar emociones concretas.

2.1.3. Diferencias entre perspectiva cognitivista y basada en la interacción

Muchos investigadores toman caminos distintos en cómo se plantea la computación afectiva. Mientras que la escuela de Rosalind es claramente cognitiva[1] y se centra en el reconocimiento a través de sensores y biomarcadores, otros investigadores apuestan por una solución basada en el comportamiento y la cooperación de los usuarios.

Boehner considera que, aunque los sensores aportan información de interés y tienen gran potencial, no son la única solución. En su artículo de investigación [2] ,explica cómo proporcionar a los usuarios herramientas que les permita expresar emociones, ofrece una mejor experiencia que ser captadas de forma pasiva.

En esta computación afectiva basada en el comportamiento, el usuario coopera con el software para que lo entienda, dándole un input a través de texto, imágenes o expresando directamente como se siente.

El punto de vista de Boehner considera que las emociones no son sustancias que se encuentran en el torrente sanguíneo ni se obtienen a través de sensores, sino que son estados, y comportamientos que suceden en entornos sociales.

Desde este punto de vista, se genera tres cambios importantes en cómo se desarrolla la computación afectiva:

- Las emociones están intrínsecamente relacionadas con la cultura, son experimentadas de forma dinámica y no siguen patrones concretos y están generadas de la acción e interacción.
- Desde un punto de vista de interfaces, se mueve el foco de cómo los computadores entienden a los humanos para ayudar a los usuarios a entender sus propias emociones. Esto lleva a nuevas maneras de interacción basadas en la co-construcción y co-interpretación[10].
- Se aleja de la necesidad de sensores precisos con capacidad de detectar las emociones correctamente. Los sistemas reflejan las emociones del individuo a través de su cooperación.

Este punto de vista tiene como objetivo ayudar a las personas de la misma forma, pero con filosofías opuestas. Mientras que desde el MIT se presenta un sistema más informacional, Boehner da una alternativa más interactiva.

Tanto Rosalind como Boehner hablan sobre la problemática del estudio de las emociones. Las emociones se consideran como antónimas en estudio científico. Por este motivo desde la ciencia se ha tratado las emociones desde un punto cognitivo, ya que se ha intentado racionalizar su estudio. Como comenta Dror,[11] es un complejo racionalizar las emociones para que su investigación sea digna y no sea considerada algo femenino y fuera de control. Esto se marca en yuxtaposición con una visión masculina, científica, racional y controlada. Estos pensamientos se pueden leer entre las líneas de Rosalind, donde en el inicio del libro cuenta que nunca esperaba hablar sobre las emociones al ser un ámbito no-racional, haciendo referencia a su pasado científico-tecnológico.

Desde un punto de vista interactivo se considera erróneo el diseño afectivo a través de sistemas de información. Es decir, transformar las emociones en datos a través de sensores e intentar inferir las emociones como si de sistemas racionales se trataran.

La problemática del estudio de las emociones de la computación afectiva yace en la necesidad de hacer de las emociones algo digno de estudio, convirtiéndolas en algo totalmente racional, bien definido y universal. Aunque existen emociones universales básicas, la psicología humana es mucho más compleja y se ven afectadas por contextos socioculturales.

Boehner pone un ejemplo sobre esta tesis. Hay un concepto “Ifalukian” (término de una tribu que reside en una isla de Micronesia llamada Ifaluk) llamado song[12]. Song se puede traducir de forma literal como ira, pero esta es una traducción errónea dentro de un contexto occidental. Song se debe traducir como ira justificada, y es un mecanismo prosocial (contrario a la ira desde un punto de vista occidental). Song es una emoción correctora a una acción que no sigue las normas sociales[2]. Este es usado comúnmente entre niños debido a su falta de conocimiento de normas sociales. Song es, por otro lado, una emoción considerada positiva porque permite el aprendizaje de estas normas sociales. Esta emoción está generada a nivel cultural y solo tiene sentido dentro de este contexto. Aunque las emociones básicas aparecen de forma universal, el significado que se da en contextos sociales distintos puede diferir.

Las emociones no se pueden considerar como un elemento estanco dentro de la cognición que se experimenta de forma individual y privada. Establecer estados emocionales cerrados deja de tener sentido al tener un conjunto de emociones distintas a causa del entorno cultural y social. Es por ello por lo que se requieren de sistemas de representación que permitan ambigüedades.

“La emoción es un fenómeno intersubjetivo que surge en los encuentros entre individuos o entre las personas y la sociedad, un aspecto del mundo vital socialmente organizado que habitamos y reproducimos. Al igual que la interacción verbal es algo más que la transmisión de información a través de un conducto, sino que es una forma de acción social ”[13]

Este punto de vista implica una gran diferencia en el diseño de cómo se desarrollan las aplicaciones con elementos afectivos. Hay que observar qué lenguaje de diseño se consolida en este campo. A primera vista, el punto de vista basado en la información del MIT tiene un apoyo de la comunidad científica mucho mayor, además que genera interés no solo desde la computación afectiva sino desde campos cercanos. El lenguaje de diseño de Boehner es más flexible y no depende de sensores ni de la capacidad de estos. Es pronto para saber qué filosofía de diseño triunfa sobre la otra, si lo hace alguna.

Un ejemplo que marca la diferencia entre un sistema interactivo y uno cognitivo es FAIM[14] y emoteMail[15]. Las dos aplicaciones tienen el mismo objetivo, mejorar la comunicación vía texto. En EmoteMail la aplicación toma fotografías del usuario mientras escribe el mensaje, las cuales quedan adjuntas al texto. El texto es coloreado en función del

tiempo que ha estado escribiendo, con el objetivo de transmitir la cadencia de escritura del emisor.

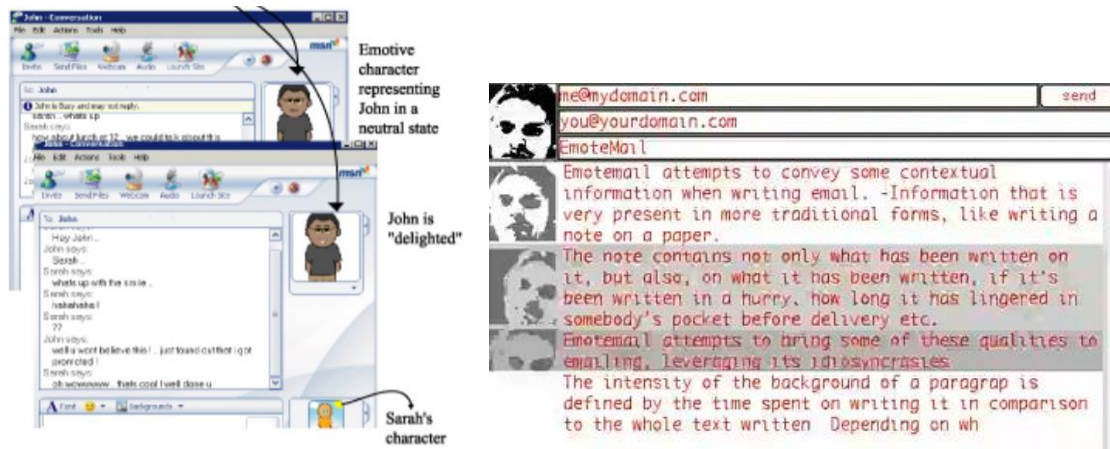


Fig. 2 FAIM[14] y EmoteMAil[15] en acción

Con esto el usuario obtiene información real de cómo se está escribiendo el texto basado plenamente en el usuario. El software carece de modelos emocionales y funciona como una aplicación de mensajería que añade fotos o modifica el color de las letras en función del tiempo de escritura.

FAIM tiene una filosofía de diseño más cercana al MIT, estando incluido dentro de los proyectos destacados. El chat tiene un funcionamiento similar al de EmoteMail, pero usa un sistema de reconocimiento facial para detectar el estado emocional del emisor para mostrarla a través de un avatar virtual. El correcto funcionamiento de FAIM depende de cómo de precisa sea la detección de las expresiones faciales. En situaciones en las que las condiciones de luz sean malas o que la expresión facial sea ambigua hace que el avatar muestre expresiones faciales no representativas del usuario.

Con estos dos ejemplos se pueden ver claras distinciones de quien tiene responsabilidad del tratamiento de las emociones. En el primer caso, la emoción depende del usuario, mientras que, en el segundo, en el caso de que la tecnología sea incapaz de detectar de forma correcta la emoción, este envía mensajes erróneos al receptor.

Ambas soluciones tienen aplicación en diferentes nichos, pero mientras que la tecnología de la que se dispone no sea capaz de proveer resultados correctos en la mayoría de las situaciones, el software no será una herramienta fiable de comunicación.

MIT	Interactividad
Detección	Cooperación
Sistema informacional con estados cerrados	Interpretable por los usuarios
Dependiente de la tecnología	Dependiente de un buen diseño
Estados cerrados	Estados abiertos, la ambigüedad es parte del diseño

Tabla 1 Comparación MIT, interactividad. Elaboración propia.

La comunicación es un componente donde la emoción es de vital importancia. Se ha observado que la comunicación únicamente vía texto se muestra disfuncional debido a que, carece del tono de voz de la otra persona, expresiones faciales o postura [1]. Un canal únicamente textual es limitado en tanto que el mensaje es totalmente interpretable por el usuario por la carencia de otros marcadores emocionales. El mismo mensaje transmitido en distintos espacios, con diferente tono de voz o postura, puede expresar mensajes radicalmente opuestos.

Los humanos han evolucionado para comunicarse cara a cara, por lo que hacen uso de marcadores somáticos que les ayudan a entender mejor el mensaje[3]. A medida que se eliminan elementos dentro de la comunicación es más complejo descifrarlo cognitivamente. Este es uno de los motivos por los que es agotador la comunicación por texto, llamada o videollamada. Se requiere de mayor concentración para poder expresar y entender de forma correcta el mensaje y, aun así, las probabilidades de captar el mensaje correcto disminuyen radicalmente en comparación a la comunicación cara a cara[1].

En una situación en la que se comunica una buena noticia, si el receptor se muestra sin respuesta al mensaje (entendiendo respuesta como expresiones faciales, gestos, sonidos o palabras) el comunicador por defecto intenta continuar el mensaje hasta que obtiene respuesta. Si nunca recibe respuesta, probablemente sienta una sensación de frustración por la incapacidad de comunicar un mensaje. Se puede trazar fácilmente un paralelismo con interacción persona ordenador, donde al introducir un input, el usuario espera una respuesta de la interacción, ya sea resaltando un texto o recibiendo un mensaje. Aunque el funcionamiento es distinto entre máquinas y humanos, hay ciertos mecanismos comunicativos similares.

2.2. Estado del arte

2.2.1. Automovilismo

En el sector del automovilismo está pasando por uno de los mayores auges en implementación de sensores biométricos para la mejora de la seguridad de los pasajeros. Esta tecnología fue pionera por *Emotion navigation*, una empresa emergente nacida del propio MIT que utiliza información emocional del usuario para informar y recomendar al conductor formas de mejorar su seguridad al volante[16]–[18].

Emotion navigation y similares utilizan diferentes sensores como *eyetrackers*, cámaras con capacidad de detectar expresiones faciales y postura para detectar el estado anímico y físico del conductor. De esta manera, este sistema detecta si un conductor está bajo los efectos del alcohol, siente fatiga u otros estados que puedan afectar a la eficiencia al volante.

Esta tecnología se muestra bastante prometedora porque se centra en detectar respuestas fisiológicas más que en el propio estado emocional, siendo así un sistema bastante preciso. Está atrayendo a colaboradores en la industria como Hyundai, Audio, Volvo o Jaguar.

Se han visto algunos prototipos de esta tecnología, pero aún no hay productos comerciales disponibles para usuarios.

2.2.2. Recursos Humanos

Pepper es un robot fabricado por *SoftBank* con el objetivo de automatizar una gran variedad de funciones de recursos humanos. Junto otras grandes empresas se están empezando a implementar algoritmos de análisis semántico y análisis de reconocimiento de emociones a través de tonos de voz con el objetivo de encontrar el perfil más adecuado para cada puesto.

En los últimos años. Han aparecido propuestas como *Pepper*[19] y similares que tiene como objetivo, por ejemplo, automatizar las fases iniciales de la contratación de trabajadores a través de la creación de perfiles aptos para ciertos puestos basados en aptitudes. *Pepper*, aunque con poco éxito, tiene la capacidad de analizar currículums, así como filtrarlos, hacer una criba inicial y programar vía telefónica las primeras entrevistas. Aunque el potencial es alto, el funcionamiento era muy rudimentario y poco sofisticado, por lo que *Softbank*, la empresa creadora de *Pepper*, ha dejado el proyecto paralizado.

Estas tecnologías están siendo recuperadas por otras empresas del sector como Google con Google dúplex. Este sistema utiliza tecnología similar a la de *Pepper* para ayudar a los usuarios a pedir citas con establecimientos como una peluquería[20]. Por ahora esta tecnología solo se está utilizando en algunos mercados.

2.2.3. Seguridad

Aunque el ámbito de la seguridad no tiene un foco tan alto en *affective computing* sí que está nutriendo de una gran cantidad de investigación relacionada con reconocimiento facial, gestos o emociones.

Han aparecido algunas iniciativas militares que utilizan estas tecnologías con el objetivo de vigilancia civil o detección de mentiras. Por ahora la información que estos sectores proporcionan es poco transparente y difícil de obtener, aun así, ya se ha demostrado interés y es un segmento que puede tener mucha más importancia en un futuro.

2.2.4. Medicina

La medicina por ahora está siendo la mayor beneficiada con múltiples proyectos ya funcionando[21].

Muchas de las tecnologías como EGG provienen de la medicina, por lo que ha sido natural la implantación de *affective computing* en muchas de estas tecnologías.

Por un lado, tenemos una parte más comercial con compañías como Apple[22], [23] o Microsoft que están haciendo un énfasis importante en deporte y salud utilizando *wearables*. Muchas de estas iniciativas se centran alrededor de la captación biométrica de diferentes impulsos para dar datos sobre sueño, estrés. Algunas de estas informaciones son acompañadas de consejos para la autorregulación de las emociones, ejercicio físico o ejercicios de respiración. Algunos proyectos más ambiciosos se han presentado como el diagnóstico de depresión por parte de Apple usando hardware del *Apple watch*. Amazon halo analiza tu día a día a través de la grabación de conversaciones y ruido ambiente. Las aplicaciones a nivel más comercial son bastante limitadas y ofrecen resultados poco precisos.

A un nivel más profesional se han desarrollado varios *wearables* y sistemas capaces de la monitorización con EDA, ritmo cardíaco... para hacer diagnósticos más precisos que son enviados a médicos, psicólogos o pediatras[24].

Muchas de estas iniciativas se centran en el diagnóstico a través de expresiones faciales y de voz para observar cambios en el estado de ánimo relacionados con problemas de salud.

Los *serious games* también se han introducido como terapia para niños dentro del espectro autista con el objetivo de aprender a regular sus emociones.

Finalmente, y más importante, el uso de estas tecnologías para el tratamiento o ayuda de personas con trastornos psicológicos como PTSD, depresión o ansiedad son bastante comunes. Permiten, por un lado, proporcionar más información a los psicólogos o poder proporcionar ayuda en el momento en que los usuarios estén bajo una crisis en tiempo real.

2.2.5. Marketing

Un ámbito con bastante potencial es el área de marketing y el *product placement*. Ya en varias empresas se utiliza input biométrico para analizar la respuesta de los usuarios sobre ciertos productos o anuncios. Hoy en día es una de las áreas con más potencial, habiendo varias empresas como *Element human* que hacen uso de estas tecnologías bajo *focus groups* para analizar sus respuestas.

Aunque esta área muestra un gran potencial también alza varias alertas sobre como de ético es el uso de estas tecnologías. Preocupaciones en privacidad, manipulación de mercado o sistemas abusivos que tengan como objetivo a personas vulnerables son temas recurrentes en este ámbito. Con una información del usuario más completa tiene el potencial de ayudar en estas tareas. Estos sistemas están en un estado temprano y aún no suponen una amenaza real, pero claramente son elementos para considerar[25].

2.2.6. Entretenimiento

En entretenimiento hay dos frentes principales en cómo se introduce esta información emocional.

Por un lado, se hace uso de la información emocional como control del producto de entretenimiento. Esto puede implicar la monitorización de los usuarios a través del visionado de una película con el objetivo de observar sus respuestas a diferentes escenas.

La parte que está cobrando más interés es la rama de los videojuegos con el contenido adaptativo en función del estado emocional. Esto puede tener grandes implicaciones a causa de obtener una mayor inmersión en los juegos.

2.2.7. Videojuegos

En el ámbito de los videojuegos la computación afectiva se encuentra en muchos puntos. Por un lado, tenemos los estudios de UX que a través de pruebas se analiza cómo el juego es percibido por los jugadores para así, a posteriori, mejorar la experiencia. Las áreas que abarca pueden ir desde el propio diseño de juego a como los elementos visuales se muestran en pantalla.

Aun así, los videojuegos tienen un largo historial de uso de distintos tipos de inputs dentro del juego. Los Wiimotes que son capaces de seguir el movimiento de los brazos o el más sofisticado Kinect, capaz de captar postura y expresiones faciales.

Una de las mayores propuestas de computación afectiva fue el juego de Peter Molyneux[26], se trata de interactuar con un niño que es capaz de entender tus emociones a través de los datos obtenidos por Kinect. Aunque este proyecto nunca se llegó a realizar, sí que fue una idea que causó mucho revuelo e interés.

Mirando la actualidad se puede ver el crecimiento de la VR y del metaverso. Algunas de las empresas como Meta o Valve ya han mostrado su interés de añadir estas tecnologías de una forma u otra.

En Valve se está utilizando un EGG de *OpenBCI* para captar información del usuario con el objetivo de adaptar desde la dificultad, el ritmo o incluso las recompensas de los usuarios[27]. Se han podido ver prototipos ya funcionales de adaptación de dificultad usando estos parámetros, aunque no están preparados para el gran público, tienen potencial a futuro. Parte de la VR viene de la inmersión de los jugadores en estos juegos y las emociones son una puerta hacia esa dirección.

2.2.8. Educación

Con la pandemia de COVID19 y los confinamientos domiciliarios, varias investigaciones han tomado popularidad en la introducción de estas tecnologías dentro de la educación. La educación remota ha sido la forma principal por la que se han podido probar como adaptar la enseñanza utilizando el *affective computing*. Se ha probado el uso de cámaras para observar el estado anímico y de motivación de los estudiantes. Estos datos eran dados al profesor que era capaz de ver a través de una pantalla el estado de sus alumnos. Esta

información da la posibilidad de mostrar la frustración de los estudiantes o el aburrimiento, ofreciendo alternativas para mejorar su enseñanza.

2.3. Teorías de la emoción

Muchos de los investigadores que empiezan la investigación de la naturaleza de las emociones en el siglo veinte son inspirados por escritos de Aristóteles u otros Filósofos.

En este capítulo se estudia desde puntos distintos la naturaleza de las emociones. La primera teoría que se comenta, la teoría de James-Lange es especialmente relevante por su impacto dentro de la psicología moderna. James definió una teoría muy ambiciosa que avivó el debate sobre qué eran las emociones[28]. Su estudio original dio lugar a la posterior teoría de Cannon-Bard [28]y a la evolución de la psicología de un estudio basado en la observación y el comportamiento para hacer foco en la cognición de los humanos. Estas teorías han influenciado las teorías de la evaluación de Arnold-Lazarus, precursor de la de OCC[29], [30] (modelo de Ortony, Clore y Collins), uno de los modelos más usados dentro de la computación afectiva.

Aunque la teoría de James se considera anticuada, marca el inicio de la investigación de las emociones. En este caso, se observa desde un punto de vista académico, ya que su estudio permite entender la evolución y desarrollo de las teorías emocionales y sus definiciones. Muchos de los elementos que se usan de base en el reconocimiento de las emociones como la valencia o la direccionalidad a un objeto tienen origen en esta teoría.

2.3.1. Teoría de James-Lange

La primera teoría examinada data de 1884 escrita por William James[8], [28]. James es considerado entre muchos círculos uno de los fundadores de la psicología moderna. Esta teoría, aunque marca un gran avance dentro de la psicología, estaba basada en la introspección propia.

Para empezar, James divide la experiencia sensorial en emociones y sensaciones. Mientras que las emociones son elementos cálidos, las sensaciones son elementos fríos cognitivos sin ningún tipo de emoción. Aun siendo diferentes, James consideraba las emociones como sensaciones como el gusto, la visión, etc. Para James las emociones son reacciones físicas a eventos que desembocan en emociones. Las emociones generan respuestas físicas de tipo psicológico, incluyendo expresiones faciales o aumento de ritmo cardíaco.

Las emociones aparecen a través de percepciones o ideas. A través de un evento (este puede ser desde un pensamiento propio a percibir a través de la vista un peligro) el cuerpo de forma innata crea una serie de respuestas fisiológicas, como aumento de ritmo cardíaco o el erizamiento del vello. Esta reacción reflejo de los órganos es comunicada al cerebro, el cual genera la sensación de la emoción acorde con las respuestas fisiológicas.

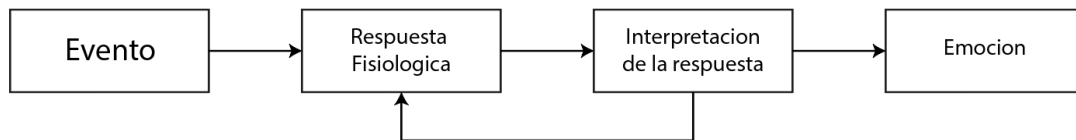


Fig. 3 Proceso de generar emoción según James. Elaboración propia.

Aunque James considera las emociones dentro de un contexto evolucionista, no estima que las emociones generan adaptaciones. Para James las emociones son el resultado de los cambios en el cuerpo, no a la inversa. Este es uno de los puntos más criticados por otros investigadores.

Las emociones, aunque adaptativas, son modificadas a través del aprendizaje. Una parte de las emociones es heredada, pero son modificadas y adaptadas a través del aprendizaje.

Uno de los conceptos más importantes que James presenta son las emociones dirigidas a objetos. El catalizador de una sensación en un órgano es un objeto (siendo un objeto desde un evento a un pensamiento). Las emociones aparecen a través de este objeto y de la interacción con la persona. Este concepto es enfatizado por otros teóricos como Arnold que le da una posición de mayor importancia.

2.3.2. Cannon-Bard

La teoría de Cannon-bard[28] se basa en la teoría de James-Lange[28]. En su tesis se dedica a reevaluar la propuesta de James y, a través de la experimentación desmintió algunas de las declaraciones.

La primera de las declaraciones que es desmentida por Cannon es el proceso de respuesta fisiológica y posterior desencadenamiento de la emoción. Cannon experimenta con gatos eliminando todos los canales de comunicación de los órganos con el cerebro. Se elimina la conexión con el nervio vago, el cual tiene como función principal la comunicación con el

cerebro. Al ejercer esta operación y conseguir mantener los ejemplares vivos, se observa como estos siguen experimentan algunas emociones.

El resultado de la experimentación es que todas las reacciones vasculares han sido eliminadas de los gatos. Estos gatos sienten la emoción y reaccionan a ellas, pero carecen de las respuestas fisiológicas que las caracterizaban. Por este motivo, la respuesta fisiológica no puede ser la desencadenante de la emoción, ya que, si fuera el caso, los gatos no habrían experimentado ninguna emoción.

La emoción precede la expresión.

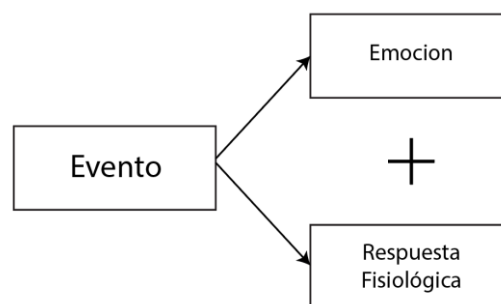


Fig. 4 Proceso de generación de emoción según Cannon-Bard. Elaboración propia.

Otro motivo por el que la expresión precede la emoción es la similitud de las reacciones fisiológicas entre emociones. Las emociones que muestran reacciones fisiológicas similares deberían sentirse parecidas, lo cual no es cierto. Finalmente, se observa que el tiempo de respuesta desde que sucede un evento hasta que muestra una respuesta fisiológica es mucho mayor al tiempo de reacción de la emoción.

Cannon utiliza las experimentaciones del doctor Marañón para validar su tesis. En los experimentos de Marañón[31] se inyecta adrenalina directamente en el torrente sanguíneo. La adrenalina es una hormona segregada durante episodios de estrés, esta hormona provoca hipertensión sanguínea, dilatación de los bronquios, dilatación de pupilas entre otros efectos.

Durante el experimento los pacientes no sufren ninguna reacción emocional, aunque sí muestran los efectos fisiológicos de la adrenalina.

En un segundo grupo, Marañón, además de inyectar adrenalina a los pacientes, les hizo recordar familiares, enfermos o padres muertos. Bajo esta situación los pacientes sí que

sienten la emoción de tristeza y estrés. La adrenalina hace de soporte en la experiencia emocional, pero no induce a ella.

2.3.3. Teoría de Arnold Lazarus

La teoría de Arnold es una teoría muy influyente en la psicología moderna[8]. Arnold pretende crear una teoría completa sobre las emociones[32]. Esta teoría se ha convertido en la teoría que ha marcado el paso de la psicología basada en el comportamiento a la basada en la cognición. Intenta abarcar desde los procesos evolutivos de las emociones hasta los mecanismos neurológicos.

Comúnmente se habla de la teoría de Arnold-Lazarus debido a que Lazarus[33] toma como base la teoría de Arnold. Lazarus experimentó para comprobar que muchos de los conceptos de la teoría eran ciertos. Las dos teorías son muy parecidas y difieren, sobre todo, en terminología.

La teoría de Arnold-Lazarus es una de las bases de la teoría de la valoración.

Según Arnold no se puede establecer una teoría psicológica solo con un análisis neurológico. Las teorías psicológicas pueden depender de estudios neurológicos debido a su relación, pero no pueden depender en su totalidad.

Las emociones van dirigidas a un objeto, que puede ser bien un evento, un pensamiento o una interacción personal. Una persona siente una emoción sobre algo. En la representación de las emociones siempre hay un sujeto, una emoción y un objeto al que se dirigen las emociones.

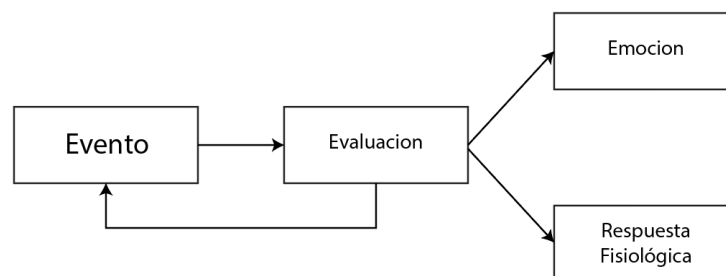


Fig. 5 Proceso de evaluación de una emoción según Arnold-Lazarus. Elaboración propia.

Los estados de ánimo que se prolongan en el tiempo son provocados por una serie de eventos que generan un estado emocional prolongado. Aunque es más complicado localizar el objeto, también forma parte de una experiencia emocional.

Arnold añade un paso adicional a la experiencia emocional. Al suceder un evento, el sujeto pasa por un proceso de valoración antes de proseguir a la emoción.

Esta valoración depende de los juicios de valores. Los juicios de valores es un pensamiento evaluativo que decide si un evento es positivo o negativo. Arnold hace una distinción entre las creencias y los deseos dentro de este juicio de valores. Mientras que las creencias son un estado cognitivo, los deseos son un estado motivacional. La principal diferencia de estos dos estados es que las creencias pueden ser ciertas o falsas, mientras que los deseos siempre son ciertos para el individuo.

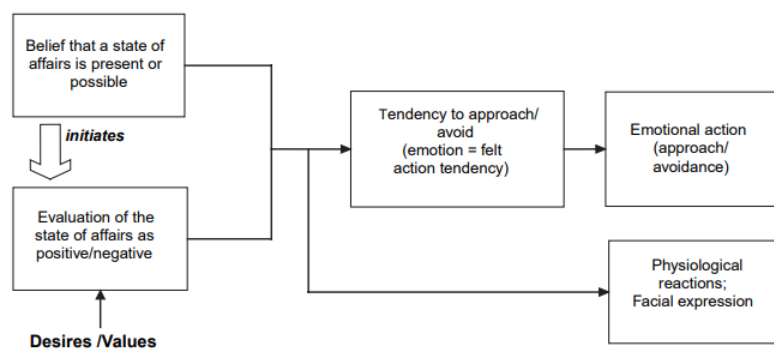


Fig. 6 Proceso de evaluación de las emociones según Arnold -Lazarus teniendo en cuenta las action tendencies[32]

Las valoraciones están divididas en tres niveles distintos. Esta es una de las pocas diferencias entre Arnold y Lazarus. Lazarus une los dos últimos niveles de la evaluación en uno.

La evaluación son condiciones con las que se decide como un objeto puede afectar al sujeto.

Los tres niveles de valoración según Arnold son:

- Evaluación sobre cómo de positivo o negativo es para el sujeto. (valencia)
- Presencia o ausencia del objeto.
- Facilidad de obtención de este objeto.

El primer nivel de valoración es el único con componente evaluativo. Es decir, que requiere de evaluar basándose en los juicios de valores.

“We can now define emotion as the felt tendency toward anything intuitively appraised as good (beneficial), or away from anything intuitively appraised as bad (harmful). This attraction or aversion is accompanied by a pattern of physiological changes organized toward approach or withdrawal. The patterns differ for different emotions.”[32]

Las dos siguientes dimensiones suelen unirse en lo que se conoce como *coping potential*.

Según Arnold las emociones están conectadas por las distintas combinaciones de niveles de valoración. Aprobar una asignatura sería analizado como:

- Aprobar es positivo
- Obtener el aprobado es bueno
- Hacerlo con facilidad es positivo

La teoría de Arnold entra dentro de un análisis evolutivo en que se deduce que las emociones existen para mejorar la supervivencia de los animales, estableciendo impulsos que mejoran las acciones con base a si esta acción es positiva o negativa.

2.3.4. Tipos de emoción según Zagalo

Según Zagalo existen dos tipos de emociones, las emociones primarias y las secundarias[34].

Sigue un camino similar al de Ekman al considerar que estas emociones son universales en el ser humano. Las emociones que considera son: felicidad, tristeza, miedo, ira, y asco. A diferencia de Ekman, Zagalo no considera como emoción la sorpresa.

Las emociones secundarias son una mezcla de emociones primarias. Esta mezcla de emociones está influenciada por la cultura y las dinámicas sociales a las que el individuo está expuesto. Algunos ejemplos de emociones secundarias son la culpa, la vergüenza o envidia, estas emociones nacen de una mezcla de emociones primarias mezcladas con pensamientos.

	Emociones Primarias	Emociones Secundarias
Son universales	Si	No
Obtenibles	No, son innatas	Si, aprendidas
Desencadenables	automáticas	Dependen del entorno.
Temporalidad	Menos que las secundarias	Larga duración

Tabla 2 diferencias entre emociones primarias y secundarias [34]

2.3.5. Teoría emocional de Paul Ekman

Paul Ekman es uno de los investigadores más importantes del estudio de las emociones. Es conocido por hacer un análisis multicultural de las emociones. Ekman conocía otras teorías de las emociones que hablan sobre emociones universales y emociones secundarias.

Ekman hace un viaje a Nueva Guinea y visita diferentes culturas con el objetivo de analizar las diferentes emociones. La mayoría de los estudios de este tipo se han hecho con personas caucásicas, por lo que se desconocía si hay diferencias étnicas en la experimentación de las emociones. El objetivo es observar las expresiones faciales y las emociones de distintas etnias y culturas para ver si estas eran universales en toda la población[35]. Si las expresiones faciales son independientes a la etnia, implicaría que las emociones son universales.

La conclusión de esta investigación confirma la existencia de emociones universales, principalmente: felicidad, ira, tristeza, sorpresa, asco, miedo. Cada una de estas se expresa con una expresión facial distinta que se comparte de forma universal dentro de la raza humana.

Estas emociones son las emociones básicas.

Ekman interpreta la universalidad de expresiones faciales como un mecanismo evolutivo de comunicación no verbal. Cualquier humano, independientemente de la cultura a la que pertenezca, tiene la capacidad de entender emociones ajenas simplemente con observar la expresión facial. Aun así, Ekman considera que las emociones básicas no son las únicas que existen, sino que hay un conjunto de emociones que no forman parte de estas emociones básicas, que son aprendidas y dependen del contexto sociocultural[35].

Aunque en general se acepta la teoría de las emociones universales de Ekman, no está exento de crítica. Además de las críticas que difieren de la existencia de emociones básicas, uno de los mayores problemas es lo poco fiable que es el reconocimiento de emociones a través de expresiones faciales.

Las personas tienen la capacidad de forzar expresiones faciales, bien para esconderlas o para imitar otras. Aunque se ha demostrado que las expresiones faciales tienen una parte voluntaria y otra involuntaria, es complejo discernir cuando son forzadas o no.

Otros factores como la edad o la etnia pueden generar problemas en la detección debido a las diferencias en las facciones de la cara.

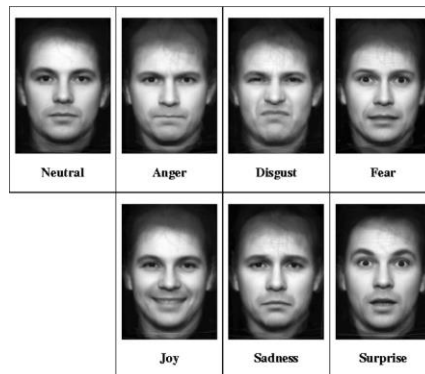


Fig. 7 Ejemplo de las expresiones faciales básicas [36]

2.3.6. Representación neurológica de las emociones

El cerebro humano es un sistema complejo. Aun con todos los avances que se han realizado durante estos últimos años gracias a nuevas tecnologías como EGG o scanner se continúa con un conocimiento sobre el cerebro limitado. Algunos mecanismos como la memoria o la consciencia siguen siendo absolutos misterios, mientras que otros campos ya han sido más desarrollados.

Phineas Gage es un obrero que trabaja montando vías de tren. Un día Phineas sufre un grave accidente, donde una barra metálica de gran tamaño le atraviesa el cráneo hasta justo por debajo de la cuenca ocular.



Fig. 8 Cráneo de Phineas Gage junto a Phineas Gage [37]

Para la sorpresa de todos, Phineas no muere en ese accidente. Su accidente atrae muchos investigadores, ya que el Sr. Gage ha sido capaz de sobrevivir a este accidente perdiendo totalmente la funcionalidad del lóbulo prefrontal del cerebro. Se observan los cambios de comportamiento que Phineas sufre y como el daño en la amígdala y prefrontal le lleva a

convertirse en hombre violento con problemas en la toma de decisión. Damásio es uno de los investigadores que tiene el privilegio de estudiar. Gracias a esta investigación, puede escribir algunos de los libros más importantes de la psicología moderna.[4], [38]

No existen zonas diferenciadas para cada emoción. Las emociones suelen estar relacionadas con hipocampo, amígdala, el prefrontal y la ínsula[39].

Muchos investigadores como LeDoux o Russel consideran que las emociones están construidas sobre elementos más pequeños como la valencia (positivo y negativo) o excitación[25].

El estudio de las emociones siempre parte de la base de que el rango completo de las emociones está compuesto por emociones universales primarias y emociones secundarias. La investigación a nivel neurológico se suele centrar en cómo reacciona el sistema nervioso a las emociones primarias, ya que las emociones secundarias se generan a través de las emociones primarias y dependen de una gran variedad de factores como el entorno cultural y social.[34]

La zona prefrontal del córtex contiene información sensorial relacionada con el núcleo afectivo y la representación de las emociones a nivel fisiológico. El prefrontal también tiene como funcionalidad la toma de decisiones, lo cual explica porque intervienen en el proceso las emociones.

La amígdala durante un largo tiempo se piensa que tiene la función de controlar el miedo y el asco. Actualmente, se sabe que la amígdala forma parte del sistema de generación de emociones y, por tanto, las gestiona todas. Aun así, la suposición de que la amígdala está relacionada con el miedo y el asco es parcialmente cierta ya que toma un papel mucho más importante [40].

La corteza insular está estrechamente relacionada con el gusto y la sensación de asco. La ínsula reacciona a la sensación de asco con náuseas.

El sistema límbico siempre ha sido la región asociada con las expresiones de las emociones. Se observa que, aunque el sistema límbico muestra especial importancia en este aspecto, otras zonas del cerebro también afectan al procesamiento de las emociones. Entre estas regiones se encuentran la amígdala y algunas zonas del lóbulo frontal.

Las representaciones más comunes de emoción a nivel físico son el aumento de la presión sanguínea, ritmo cardíaco, la conductividad de la piel (a causa de la sudoración). Todas estas reacciones vienen derivadas de cambios en el sistema nervioso, el sistema simpático, el sistema parasimpático y el sistema motor.

Como explica Cannon[28] las respuestas fisiológicas derivadas de las emociones vienen de adaptaciones al medio. En el caso de situaciones en las que el individuo se encuentra en peligro, cambios en el sistema motor permiten una respuesta física que mejore la supervivencia del individuo. Cada emoción representa distintas necesidades, por lo que son expresadas a través de distintas reacciones motoras.

Aunque las emociones son procesadas en el cerebro, la expresión física también tiene implicaciones en el sujeto. Imitar expresiones faciales sin sentir la emoción, activa en el sistema nervioso reacciones similares a las que pretende imitar[28]. Aunque las expresiones faciales o respuestas motoras no preceden a las emociones, éstas sí que ejercen influencia en el sistema nervioso. Que ejerzan influencia explica la rápida reacción de las emociones ante cambios físicos.

En un experimento que hizo Hess en el 94[39], se determina que la amígdala tiene una función coordinadora en los órganos internos.

2.3.7. Sistema límbico

El sistema límbico es la zona alrededor del cuerpo calloso (*corpus callosum*) y el diencéfalo. En esta zona hay dos regiones importantes: el giro cingulado y el parahipocampal. [39], [41]

En 1937 James Papez descubre que el sistema límbico está relacionado con las emociones, en vez de la gestión del sistema olfativo, como se creía hasta ese momento. Descubre las interconexiones entre el giro cingulado, el tálamo, hipocampo y la amígdala. Más tarde este circuito de interconexiones es llamado el circuito de Papez, considerado el encargado de la gestión de emociones.

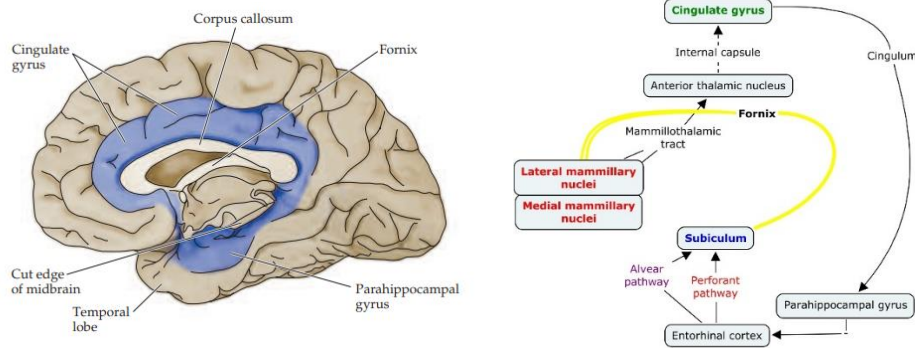


Fig. 9 lóbulo límbico.[39]

Este conjunto de regiones es actualmente conocido como sistema límbico. Aunque en general Papez se acerca a las estructuras principales del control de las emociones, algunas regiones como el hipocampo tienen menos relación con las emociones, mientras que otras como la amígdala toma un protagonismo mucho mayor del que pensaba.

2.3.8. La amígdala

La amígdala es una zona del cerebro dividida en sub-núcleos. Conectada con gran cantidad de zonas de detección sensorial [39].

- Medial group: gran cantidad de conexiones con zonas olfativas.
- Base lateral: conexiones con el córtex, sobre todo con el prefrontal y el lóbulo temporal.
- Central-posterior: conexiones con el hipotálamo y el tronco encefálico.

La amígdala conecta zonas de tratamiento de información sensorial con el hipotálamo. Las zonas corticales proporcionan información procesada de tipo visual, somática, visceral y auditiva. A diferencia del hipocampo, la información que se da a la amígdala ya está procesada. A través del medial grupo, la amígdala recibe información sobre input olfativo.

La amígdala funciona como centro de la información sensorial del cerebro. Además de información sensorial, la amígdala tiene acceso al lóbulo temporal, el cual proporciona información sobre el significado emocional de la experiencia sensorial.

Esta información junto a las conexiones con el hipotálamo y la espina dorsal hacen que la amígdala tenga una función importante dentro de la expresión emocional, activando la actividad somática y nerviosa.

Esta función de la amígdala se prueba a través de un experimentado realizado por Kluver y Bucy [39, p. 715]. En este experimento se modifican las conexiones sensoriales que conectan la amígdala con los ojos. La modificación hace que las conexiones sensoriales solo funcionen con uno de los ojos, de manera que solo la información de uno de los ojos llega a la amígdala. En este experimento ambos ojos funcionan, únicamente uno no tiene acceso a la amígdala.

El resultado de la experimentación es que, mientras que al ver a los humanos con el ojo sin conexión a la amígdala deja a los monos sin ninguna respuesta, ver con el ojo al que si llega información a la amígdala provoca miedo una vez más. De esta manera se prueba que la amígdala toma un componente clave en la generación de las emociones. Y tiene la capacidad de asociar la información sensorial con una emoción

Es importante indicar que, aunque la amígdala es encargada de la generación de emociones junto al resto del sistema límbico, no hay zonas especializadas en ninguna emoción en concreto. Todas las emociones se generan dentro de este sistema y aunque presentan reacciones distintas a nivel motor y fisiológico, no son detectables directamente desde el sistema límbico.

2.3.9. Marcadores de la experiencia emocional

Aunque las respuestas afectivas cambian en función del contexto e incluso a nivel cultural pueden a ver diferencias, a nivel generalizado podemos observar los siguientes cambios en sujetos [40]:

Cómo se puede observar a nivel neurológico, las emociones no son tan fácilmente categorizarlos, ya que, aunque se conoce algunas zonas del córtex involucradas con el procesamiento de las emociones no se puede observar de forma discreta las emociones que experimenta un sujeto. Las emociones están gestionadas a través de todo el cerebro y no hay forma precisa de saber cómo y cuándo estas aparecen.

Diferentes afecciones como la depresión pueden afectar a cómo se representan las emociones, en este caso reduciendo el ritmo cardíaco. Aunque hay patrones relativamente generales de cómo se presentan, las emociones pueden depender del individuo y su estado físico y psicológico, haciendo de la tarea de detección mucho más compleja.

Por ahora no hay manera de detectar con precisión neurológicamente las emociones, pero sí que a través de estudios como Ekman y otros se han podido determinar marcadores que permiten la identificación de las emociones.

Para consultar las tablas con los marcadores emocionales acceder a la siguiente página[42]

2.4. Teoría de la evaluación

Hasta este punto se han explorado teorías emocionales desde puntos de vista psicológico y neurológico. Aunque estas teorías son interesantes para conocer la verdadera naturaleza de las emociones, estas teorías son poco útiles de implementar en sistemas de información[1].

Tanto el punto de vista del MIT como el de Boehner nos encontramos en una situación en la que el usuario debe expresar sus emociones a otro individuo o a una máquina. Para que estas interacciones afectivas puedan ser entendidas desde un punto de vista computacional se requiere el uso de una teoría que permita ser implementada y que refleje de una forma relativamente exhaustiva la experiencia emocional del usuario. La manera en la que se obtengan estas emociones no es relevante, ya que, ya sea el propio usuario que proporciona su estado emocional, o unos sensores, el modelo emocional siempre es el mismo.

La evaluación es una de las más utilizadas hoy en día a nivel computacional, ya en el libro de Rosalind se habla de su existencia en más de una variación. Más que una teoría es un framework del que se desarrollan teorías similares. Por este motivo hay varias teorías que parten de la misma base, pero que la interpretan de maneras distintas y crean modelos propios[43].

Esta teoría es una evolución de la teoría de Arnold-Lazarus, algunos consideran que su teoría fue la primera teoría de la valoración.

Esta teoría es especialmente interesante porque se basa en las evaluaciones y juicios de valores. Explica las emociones con la conexión que sucede entre la emoción y el procesamiento que la desemboca.

El primer modelo de teoría de la valoración y el más influyente ha sido el modelo OCC, nombrado por las siglas de sus creadores.

2.4.1. OCC

En el libro la estructura cognitiva de las emociones escrito por Ortony, Clore y Collins definen en base a la teoría de evaluación el modelo OCC[29], [44]. En esta teoría se listan una serie de variables que permiten la diferenciación de las distintas emociones. Debido a la influencia de la teoría de Arnold, se basa en objetos, es decir, eventos o pensamientos que interactúan con un usuario a través de una evaluación para generar una emoción.

El modelo de OCC divide los objetos en tres grupos:

- Objetos que llevan al sujeto a una emoción positiva o negativa. Muy similar a la valencia
- Objetos que dependen de cómo se relacione con el objeto
- Objetos que impactan con las normas sociales. Este punto depende de la cultura y el contexto del sujeto

Igual que en la teoría de Arnold-Lazarus hay tres dimensiones en el caso de Arnold, y dos en el caso de Lazarus, en se hace uso del *coping potential*. El *coping potential* hace referencia a la segunda dimensión de la evaluación de Lazarus y el segundo y tercero de Arnold[8], [43].

El *coping potential* están agrupados en dos grupos:

- Estrategias de resolución de problemas
- Estrategias basadas en las emociones

Todas las teorías de la valoración tienen en común un componente relacional. Estas teorías intentan crear estructuras lógicas de cómo los sujetos reaccionan a ciertos tipos de situaciones. Estas reacciones se ejecutan gracias a estas variables y valoraciones que propone. La realidad de estos modelos son una serie de condiciones por las que en caso de que una variable obtenga este valor el resultado será esa la emoción[43].

Las variables son los juicios de valores de los que el modelo está capacitado a reconocer y generar una valoración emocional. Las emociones a las que lleva esta variable son desde un estado emocional concreto a un rango de emociones.

El mayor problema con las teorías de la valoración proviene principalmente de las limitaciones que vienen al ser excesivamente cognitiva. El sistema funciona cómo un sistema

de información y representa cómo los sujetos piensan las emociones[2]. El alcance de las emociones queda limitado y carece de capacidad de reconocer ciertas emociones no primarias como la culpa, la vergüenza. Es una limitación de la teoría que se está intentando solventar, pero que hace que las teorías actuales sean insuficientes para dibujar la experiencia compleja de la psique humana.

Aun así, la teoría de la valoración dibuja un espectro interesante de emociones, quizás suficientes para la mayoría de los usuarios. Aunque no puedan categorizar todas las emociones, quizás no es necesario que esto sea así. Como Rosalind argumenta, no necesita que su impresora tenga emociones de la misma forma que no todas las máquinas requieren del rango completo de las emociones.

Aunque limitada en muchos aspectos, estas teorías ya abarcan las emociones básicas, el estado de ánimo y emociones rápidas. Aunque no es la totalidad de la experiencia humana, es suficiente para cartografiar y responder, aunque sea de manera primitiva, a estas emociones. Las teorías de la evaluación son un campo aún con mucho camino[43].

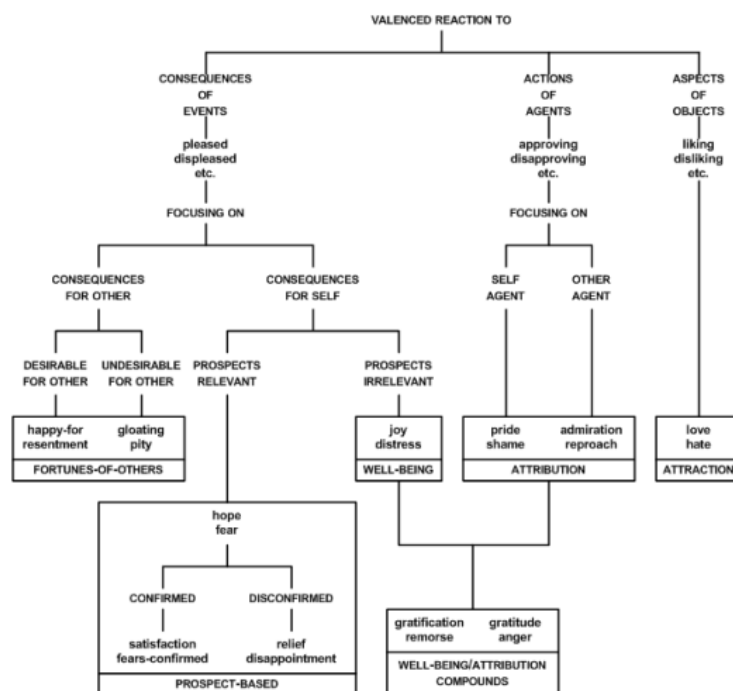


Fig. 10 Modelo original OCC[45]

2.5. Representación de las emociones

La representación de estados emocionales permite la visualización de las emociones de forma comprensible tanto para el usuario como para los investigadores.

Los sistemas de representación emocional suponen un punto interesante en tanto que permiten crear una representación visual del estado emocional de los usuarios.

Estos esquemas o modelos suelen estar asociadas con una perspectiva neurológica o psicológica de una teoría emocional.

La representación de las emociones, por un lado, mejora el entendimiento de los investigadores, y pueden ser modelados dentro de los propios ordenadores para identificar estados emocionales. Como se ve a continuación, estos modelos se basan en sistemas de valencia y excitación. Estos sistemas son muy útiles porque frecuentemente cartografían 1:1 respuestas bioafectivas de los humanos[46].

Estas representaciones son sencillas de entender por usuarios con diferentes niveles de conocimiento. Adicionalmente, los propios usuarios pueden usar estos sistemas para representar sus emociones de forma sencilla sin tener que pasar por autoinforme.

2.6. Circumplex model of affect

Como ya se ha comentado con anterioridad, algunos investigadores niegan la existencia de emociones básicas debido a ciertas inconsistencias como diferencias culturales o enfermedades afectivas[47].

La propuesta de Russell se basa en dos conceptos:

- Valencia: la naturaleza de una emoción de ser positiva o negativa
- Excitación: como de intensa esta emoción se presenta en un usuario.

Con esto Russell diseña el modelo circular de las emociones, donde a través de estas dos variables se dibujan el rango completo de las emociones.

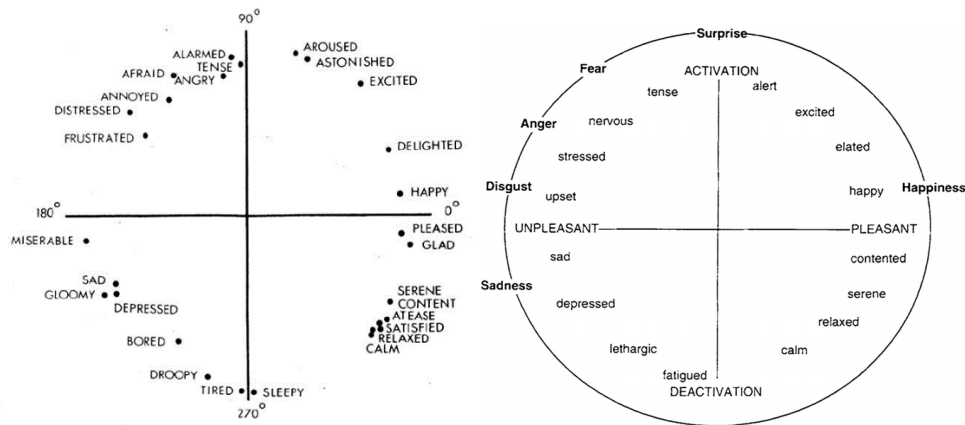


Fig. 11 Circumplex model of affect de Russell[47][48]

Esta teoría nace a raíz de la falta de demostración empírica de las emociones básicas. Russell hace referencia a las notas de Ekman donde explica que no todas las emociones tienen una expresión facial[46]. Considera que las expresiones faciales, aunque a veces expresan el estado emocional de un sujeto, no siempre es el caso. Por estos motivos considera que las emociones básicas no han sido establecidas por falta de demostración empírica.

Para muchos individuos es complejo discernir la naturaleza de la emoción que están experimentando. Esto sucede porque las emociones no son estados que existen en un vacío de forma bien delimitada, sino que suceden simultáneamente entre ellas en contextos muy concretos y de forma ambigua para el sujeto. Es común observar a los usuarios experimentar varias emociones positivas simultáneamente y a veces es difícil de diferenciar.

La conclusión a la que Russell llega es que las emociones son formadas por la valencia y la excitación de una manera lineal. No hay una clara barrera donde empieza una emoción y termina la siguiente, sino que funciona como un espectro en el que se presentan las emociones de forma ambigua.

La excitación es un componente que se ha demostrado que aparece como un aumento de la actividad cerebral en pacientes. De la misma forma, la valencia también se ha podido observar a través de medidas electromiográficas de la musculatura facial.

2.7. Detección de las emociones

La detección de emociones a través de cambios motores y fisiológicos ya se ha planteado desde las teorías de James o Bard. En el caso de James el foco de la propia experiencia

emocional proviene de cómo los distintos órganos reaccionan a ciertos estímulos, y los cambios a nivel físico en el sujeto.

El análisis de las reacciones emocionales en el sujeto son la base de la detección de emociones. El objetivo final de la computación afectiva es conseguir una detección fiable de las emociones, que se hace a través de sensores electrónicos que monitorean los patrones afectivos del usuario.

Cada sensor está especializado en un tipo de métrica que permite obtener información sobre ese marcador, algunos marcadores son mejores que otros en la detección de ciertas emociones. Debido a que la mayoría de los sensores obtienen información de un solo marcador, es usual combinar varios inputs para inferir las emociones, ya que en muchas ocasiones un solo canal se muestra insuficiente[49], [50].

Algo que tienen en común todos los sensores y sistemas de detección es como de intrusivos son los sensores. Cada sensor capta la información sobre el usuario de forma distinta, algunos sensores son más incómodos que otros. Además, no todos los sensores son adecuados para la vida diaria, por lo que todo desarrollador debe valorar qué sensores ofrecen un mejor balance entre la comodidad del usuario y la precisión de la captura. Observar a un usuario con una cámara le puede afectar a nivel psicológico por sentirse observado mientras que otros sensores como un electroencefalograma o un electrocardiograma pueden restringir la movilidad causando sensación de incomodidad. Es fundamental tener en cuenta el estado físico y mental del usuario al analizar los datos obtenidos.

Hay que tener en cuenta que cada usuario es distinto y tiene lecturas distintas a otros usuarios, aunque estén en estados similares. Se analizan patrones, pero no datos absolutos. Adultos deportistas muestran frecuencias cardíacas más bajas que la media. Factores como la condición física o estado psicológico afecta a las lecturas de los sensores.

2.7.1. Actividad cardíaca

La actividad cardíaca es una de las métricas más sencillas de detectar. Se puede usar para medir la activación física, o emociones como el miedo la felicidad [8], [51].

La detección de los latidos se puede detectar de dos formas:

- Los latidos del corazón se producen por el movimiento de sangre de los diferentes ventrículos, el movimiento de estos ventrículos genera una polarización de energía que puede ser captada a través de cambios de voltaje en la piel.
- Impulsos que genera el corazón al bombear la sangre a través de los vasos sanguíneos.

El ritmo cardíaco es uno de los sistemas que proporcionan más información porque interviene tanto el sistema simpático como el parasimpático. El sistema simpático se encarga de la desaceleración del ritmo cardíaco llevando a la relajación, mientras que el parasimpático se encarga de la aceleración relacionada con la actividad física.

2.7.2. Electrocardiograma

El electrocardiograma capta los impulsos eléctricos que coordinan los latidos del corazón. Es uno de los sensores más fiables para la detección del ritmo cardíaco, aunque es un sensor poco invasivo, requiere de la colocación de un electrodo en la piel que tiene que ser cambiado con cada uso para evitar la irritación. El pelo puede suponer un obstáculo en la detección, por lo que reducirlo en algunos sujetos es necesario. Es aconsejable el empleo de gel para mejorar la conductividad entre la piel y el electrodo. El uso de gel puede ser prescindido a costa de una peor conductividad, en cuyo caso el propio sudor hace de conductor.



Fig. 12 Intervalo R-R en un electroencefalograma ejemplo. Elaboración propia.

En pacientes con ritmo cardíaco normal se puede observar picos llamados R-R Interval. Este intervalo hace referencia al intervalo de tiempo entre latido y latido. Para obtener el ritmo cardíaco habrá que seguir la siguiente fórmula.

$$HRV = 300 / (\text{tiempo entre R-R Interval})$$

Este tipo de sensores se utilizan en ámbito médico para la detección de arritmias, taquicardias y distintas afecciones cardíacas. En equipamiento dedicado a la computación afectiva es común que el propio dispositivo normalice la captura de los latidos que no hayan sido detectados.

2.7.3. Fotopletismografía

La fotopletismografía tiene la capacidad de detectar el volumen en sangre de la zona superficial de la piel. El funcionamiento del fotopletismógrafo no requiere de gel ni electrodos, sino que se coloca en zonas con alta densidad de capilares sanguíneos con una pinza. El sistema funciona a través de la emisión de luz verde o roja en la piel, esta señal es captada al rebotar con los capilares obteniendo la onda reflectante. Esta onda es convertida para obtener los cambios en la constricción de los capilares con los latidos. La onda de reflectante también se puede usar para obtener la densidad de oxígeno en sangre.

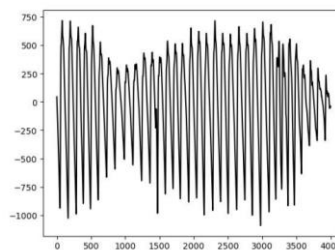


Fig. 13 Ejemplo del gráfico de constricción generado con la fotopletismografía[52]

La fotopletismografía es actualmente uno de los sensores más utilizados en *wearables* a causa de un coste bajo y su portabilidad. Aun así, con excepción de algunos *wearables* especializados, la captura de datos está limitada a capturas cortas debido a su formato. Aunque no tienen la mejor fiabilidad, es una herramienta muy accesible.

2.7.4. Electroencefalograma

Es uno de los sensores más comunes dentro de la investigación efectiva. Es un sensor que se ha abaratado con el tiempo, convirtiéndose en un sensor disponible al mercado de masas con Emotive EPOC y similares. El sensor consiste en una serie de electrodos distribuidos alrededor del cráneo que detectan impulsos eléctricos en la superficie del cerebro [53].

Este tipo de sensores son relativamente baratos, accesibles, reutilizables y algunos no requieren uso de gel conductor para los electrodos (aunque mejora su conductividad y precisión).

El electroencefalograma ha demostrado ser capaz de detectar información sobre la excitación a través de la actividad neuronal, así como de la valencia. Estas dos fuentes de información se convierten en especialmente útiles en el uso de sistemas emocionales como el de Russel, el cual cartografía todo el rango de la experiencia emocional en estas dos variables.

La mayor desventaja de los sensores EEG es el uso fuera del laboratorio. Fuera de situaciones controladas, estos sensores introducen ruido en el monitoreo por el movimiento y actividad muscular, lo que los hace poco fiables fuera de estos entornos.

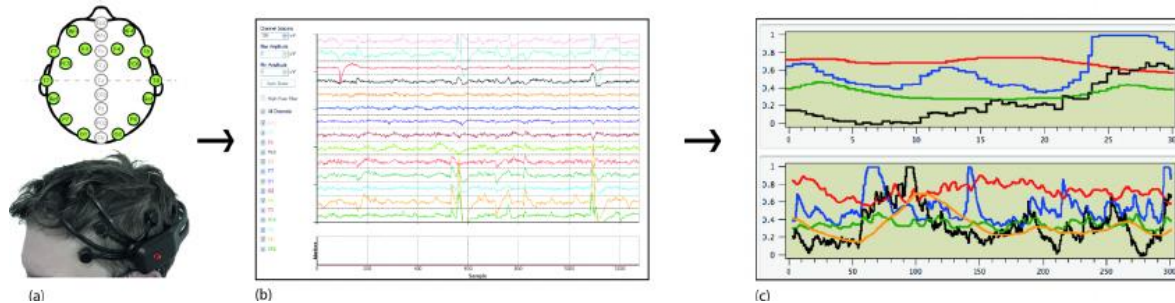


Fig. 14 Reconocimiento ejemplo del casco Emotive EPOC[54]

2.7.5. Electromiografía

La electromiografía o EMG mide la actividad eléctrica en los músculos. Se utiliza para el estudio de expresiones faciales y de gestos[55]. Al poder detectar cambios en las expresiones faciales a nivel muscular es capaz de detectar emociones con bastante seguridad. Aunque ofrece buenos resultados es incómodo al tener que aplicar electrodos en la cara. Este sensor es una alternativa a cámaras que detectan la postura y expresiones faciales, y ofrece la capacidad de detectar micro movimientos musculares.

Se suele coloca cerca de las cejas de la boca ya que permiten la detección de felicidad o ira.

Aunque permite una detección bastante precisa requiere de un entorno de laboratorio y de un tratado de los datos extensivo, ya que los cambios por debajo de 4 Hz las medidas tienen mucho ruido[56].

2.7.6. Presión sanguínea

La presión sanguínea es una métrica útil para la detección del estrés emocional. El esfigmómetro es el encargado de detectar la presión sanguínea, lo cual se obtiene aplicando presión en una extremidad. Al medir el volumen de aire dentro del sensor se puede obtener la presión sanguínea. [53]

Este sensor tiene el problema de ser incómodo en el paciente, ya que requiere de estar aplicando presión en alguna extremidad. Además de la incomodidad que supone esta presión, no se obtienen medidas continuadas, sino que se obtienen en intervalos concretos.

El uso de estos sensores es útil en laboratorios bajo y manejo de personal cualificado, el cual toma las medidas en momentos estratégicos. Fuera del laboratorio las alternativas son inadecuadas a causa de que la alternativa portable puede causar daños en vasos sanguíneos por la presión aplicada de forma constante.

2.7.7. Respiración

La respiración es otra respuesta afectiva. Es una medida que se usa comúnmente junto a la actividad cardíaca y puede ayudar a observar desde actividad física como la excitación.

El sensor funciona a través de una cinta que se coloca alrededor del pecho. La cinta mide la expansión y contracción de la caja torácica como respuesta al movimiento de gas en los pulmones. Gracias a este sensor se puede observar intervalos de relajación a través de una respiración más amplia y lenta mientras que por el contrario situaciones de mayor excitación mostraran una respiración más rápida.[8]

Aunque es una medida interesante tiene poco uso fuera de laboratorios debido al equipamiento adicional y la incomodidad que supone la cinta alrededor del pecho.

2.7.8. Conductividad de la piel

La conductividad de la piel es una medida común en los sistemas de detección afectiva. Los sensores que se usan para detectar estos cambios de conductividad en la piel son denominados sensores de respuesta galvánica o sensores de actividad electrodérmica. La respuesta física que monitorean estos sensores es la sudoración de la piel. En experiencias psicológicas el sistema simpático se activa aumentando o disminuyendo la sudoración. Con estos cambios en la sudoración la conductividad de la piel aumenta o disminuye. Los sensores GSR (galvanic skin response) o EDA capturan estos cambios de sudoración en el sujeto [53].

Este tipo de sensores son relativamente poco intrusivos al no necesitar de ningún gel, son reutilizables y no limitan el movimiento del usuario. Este tipo de sensores también se incluyen wearables como Fitbit. En las primeras versiones estos sensores se colocan en las palmas de las manos, debido a la densidad de glándulas sudoríparas, la mejora de los sensores permite la colocación en otras zonas que limitan menos el movimiento como las muñecas.

A través de los sensores EDA y la activación del sistema simpático y para simpático se ha conseguido detectar tanto excitación como valencia con unos resultados bastante favorables[57].

2.7.9. Detección de expresiones faciales

La detección de expresiones faciales es actualmente el sistema más popular debido al fácil acceso a cámaras. A través de la popularización de los teléfonos inteligentes y la mejora de tratamiento de imágenes y sensores fotográficos ha hecho que la detección facial se convierta en una vía de reconocimiento muy atractiva.

Aunque previamente ya se ha mostrado cómo las expresiones faciales no son reflejos fiables de la emoción, sí que el fácil acceso a las cámaras permite la creación de productos dirigidos a consumidores. Además del fácil acceso, el crecimiento de las redes sociales ha permitido bases de datos que han mejorado la detección facial.

Aunque las expresiones faciales no son una fuente de información fiable, sí que es una de las más sencillas de obtener y manipular. A raíz de la popularización de la técnica se han diversificado las metodologías usadas para la detección. Los distintos métodos dependen de los requerimientos de uso y del hardware disponible [1], [49], [58].

Hay diversos factores importantes que tener en cuenta en esta técnica. Las cámaras normales dependen de las condiciones lumínicas de la captura. La captura bajo situaciones de baja o excesiva iluminación genera complicaciones en la captación de imágenes. No todas las cámaras utilizan el mismo sensor, por lo que algunas cámaras serán capaces de captar más luz a causa de su apertura focal. Algunos de los factores determinantes del hardware que pueden afectar a la captura son:

- Resolución
- Apertura focal
- Capacidad de procesamiento
- Sistema operativo
- Tiempo de apertura

La captura de imágenes a altas fotogramas o altas resoluciones es un proceso intensivo en CPU, por lo que algunos dispositivos podrían mostrar dificultades al capturar (y reconocer si se hace en tiempo real). En el caso de dispositivos móviles se debe tener en cuenta tanto

la batería como el sobrecalentamiento. El sobrecalentamiento hace que caiga la velocidad de reloj, con lo que la grabación puede sufrir ralentizaciones e incomodidad al sujetar el dispositivo a causa del sobrecalentamiento.

2.7.9.1. FACS

A través de la investigación de las expresiones faciales, Paul Ekman y Firesen crean el Facial Action Coding System [59]. En este sistema, se describen Action Unites para determinar cómo los músculos faciales reaccionan a expresiones.

Estas expresiones son clasificadas por secciones y permite el fácil marcaje de las expresiones faciales de un sujeto.



















Lower face action units					
AU9	AU10	AU11	AU12	AU13	AU14
					
Nose wrinkler	Upper lip raiser	Nasolabial deepener	Lip corner puller	Check puffer	Dimpler
AU15	AU16	AU17	AU18	AU20	AU22
					
Lip corner depressor	Lower lip depressor	Chin raiser	Lip puckerer	Lip stretcher	Lip funneler
AU23	AU24	*AU25	*AU26	*AU27	AU28
					
Lip tightener	Lip pressor	Lips parts	Jaw drop	Mouth stretch	Lip suck

Fig. 15 Algunas action units del Facial Coding system[58]

2.7.9.2. Detección de emocional a través de expresiones faciales

Los sistemas de detección de emociones a través de expresiones faciales funcionan en tres fases. En la primera fase se registra la imagen del usuario, donde se hacen ajustes para mejorar la detección, centrar la imagen, marcar los límites de la cara, etc. En la segunda fase se representa la imagen de forma numérica para ser procesada. Finalmente, el sistema procesa los datos de la representación numérica y se proporciona la emoción final.

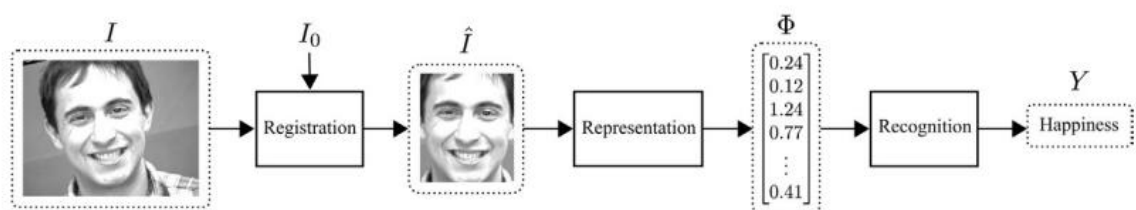


Fig. 16 Proceso básico de detección de expresiones faciales[60]

Para más información sobre detección de expresiones faciales consultar[61]

2.7.10. Detección de emociones basada en texto

Las emociones son una parte fundamental en la comunicación. La comunicación vía texto carece de marcadores emocionales como expresiones faciales o gestos. La intencionalidad de las conversaciones puede perderse con el uso de este canal. Mientras que los humanos suelen ser capaces de comprender las emociones involucradas con un texto, las máquinas carecen de la capacidad de entender el subtexto [62], [63].

La transmisión de información vía texto carece de esta metainformación, por lo que todo el contenido que se quiere transmitir está en el propio texto.

Para transmitir emociones dentro de un texto se puede hacer a través de:

- Hacer explícita la emoción o intención que se quiere transmitir.
- Hacer uso de un vocabulario que haga explícita ciertas intenciones o emociones.
- Utilizar retórica o expresiones literarias para transmitir esta información.

El problema aparece en conversaciones en las que no son dos individuos humanos los que intentan interpretar un texto, sino una máquina que carece de conocimientos sobre el contexto o las emociones del transmisor.

Actualmente, se están planteando dos formas de interpretar emociones en textos. Por un lado, tenemos un análisis con lexicon y, por otro lado, un análisis a través de machine learning.

En el análisis basado en lexicón hace uso de un diccionario en el cual se clasifican las distintas palabras en distintas emociones. Por ejemplo, el NRC lexicón clasifica aproximadamente quince mil palabras en función de emociones de: ira, anticipación, asco, tristeza, felicidad, sorpresa y confianza. En este caso el diccionario funciona de manera binaria asignando 0 o 1 a las palabras. Debido a la polisemia de las palabras, muchas son asociadas con varias emociones.

English (en)	Negative	Anger	Anticipation	Disgust	Fear	Joy	Sadness	Surprise	Trust
aback	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abacus	0	0	0	0	0	0	0	0	1
abandon	1	0	0	0	0	1	0	1	0
abandoned	1	1	0	0	0	1	0	1	0
abandonment	1	1	0	0	0	1	0	1	0
abate	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abatement	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abba	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abbot	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fig. 17 NRC Lexicon[64]

El algoritmo de procesamiento del lenguaje elimina caracteres que no aportan significado como pronombres, preposiciones, artículos y demás palabras que no aporten directamente significado. Después de este preprocesamiento inicial se analizan frase por frase para determinar la emoción que más peso tenga. Hay muchas implementaciones e interpretaciones, algunos algoritmos trabajan en función de valencia y excitación, mientras que otros muestran las emociones de forma más granular.

Con los avances en la inteligencia artificial y a través del fácil acceso de las redes sociales, se han creado bases de datos con las que algoritmos de inteligencia artificial han empezado a ser capaces de discernir emociones dentro de los textos. La mayoría de las bases de algoritmos han sido entrenados a través de tuits, comentarios de YouTube, o diálogos de películas que han sido marcados previamente por humanos. Estos datos han sido analizados a través de distintas técnicas de neural network, deep learning o machine learning.

Es común combinar las técnicas de análisis de lenguaje con los de machine learning para obtener mejores resultados. Se preprocesa la información con el NLP para eliminar entradas inconsistentes.

2.7.10.1. Datasets de reconocimiento por texto

Nombre	descripción	Enlace
SemEval	Consiste en titulares en inglés y arabe clasificadas en base a las 6 emociones básicas de ekman	https://semeval.github.io
EmotionLines	Dataset obtenido de sitcoms y marcados en base a las emociones básicas de ekman	https://arxiv.org/abs/1802.08379
Daily dialog	Frases obtenidas y marcadas de conversaciones diarias entre usuarios.	https://aclanthology.org/I17-1099/

Tabla 3 Datasets de reconocimiento por texto, [63]

2.8. Bases de datos multimodales

Para poder detectar emociones de forma adecuada a través de la computación afectiva lo más importante es la información. Como se ha visto anteriormente, cada sensor es capaz de proporcionar ciertas medidas de los marcadores afectivos de un usuario. El objetivo final es tener información lo más completa posible, teniendo en cuenta que las emociones están afectadas por una gran multitud de factores como edad, género o cultura. Obtener el estado emocional a través de un solo canal de información proporciona información poco concreta.

La solución que se ha dado a esta situación son las bases de datos multimodales. Bases de datos que contienen representaciones de reacciones afectivas a través de distintos canales. Estas bases de datos ofrecen una mayor riqueza de datos al contrastar emociones a través de distintos canales.

Los desarrolladores e investigadores deben tomar la decisión de hacer uso de bases de datos que ya se han creado o crear las suyas propias. Cada investigación o producto tienen requerimientos propios que afecta a qué tipo de datos se tiene acceso o de que sensores disponen. En este punto, los desarrolladores necesitan tomar la decisión en función de que sensores tienen, si las bases de datos disponibles ofrecen la diversidad demográfica que requieren o si tamaño de la muestra es suficiente [49], [53], [65].

Independientemente de si se tiene acceso a una base de datos que encaja o no con el proyecto o se requiere de producir una propia, hay ciertos factores que tener en cuenta.

2.8.1. Disponibilidad

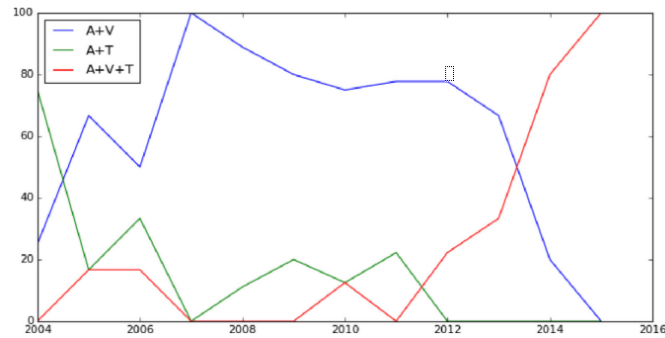


Fig. 18 evolución del uso de bases de datos multimodales. A: Audio, T: Text, V: Video[49]

Aunque la disponibilidad de las bases de datos multimodales está en crecimiento, aún se muestran escasos. Las bases de datos más populares son de tipo visual y sonoro. Otros tipos de bases de datos son mucho menos comunes.

Parte de esta mayor disponibilidad viene de la accesibilidad de la producción de contenido audiovisual y plataformas de video como Facebook, Youtube o TikTok. La proliferación de estas plataformas ha hecho que haya una gran cantidad de datos con respuestas emocionales espontáneas. En muchas ocasiones se utilizan actores para representar emociones, con este tipo de contenido las reacciones son verdaderamente espontáneas e involuntarias.

Uno de los factores más importantes es quien es monitorizado durante la creación de las bases de datos. En sistemas multimodales relacionados, la detección de emociones a través del habla afecta tanto el idioma como el origen y la lengua materna del sujeto. Si los sistemas sólo tienen acceso a una lengua, estos estarán limitados a esa lengua. El origen étnico puede suponer un factor relevante durante el proceso de selección de las bases de datos, ya que una base de datos centrada en una población étnica puede generar sesgo de la información. Aunque la información de los sujetos es de gran importancia, la metainformación no suele contener más datos que la edad o el género, haciendo el análisis contextual más complejo.

En el caso de la construcción de una base de datos propia, los investigadores deberán enfrentarse a la paradoja del observador [9]. Donde los propios sujetos intentan esconder sus emociones al ser observados. La publicación de los datos supondrá un acuerdo con los

sujetos para ser accesible para otros investigadores. Mientras que datos de tipo más impersonal como ritmo cardíaco o actividad cerebral son más fáciles de publicar, otras fuentes de datos que permiten identificar al usuario harán más complicado obtener su consentimiento.

La publicación de los datos puede aumentar aún más la paradoja del observador ampliando la ratio de error.

Por otro lado, los instrumentos raramente estarán integrados en un mismo sistema, por lo que tendrán que ser sincronizados. El uso de marcadores de tiempo es la técnica más común de sincronización.

2.8.2. Calidad de la muestra

Un segundo factor en la elección de la información es la calidad y cantidad de los datos. En casos en los que los investigadores requieren de una base de datos propia hay que tener en cuenta el volumen de datos requerido y que estos tienen que ser marcados por personal cualificado y variado.

La calidad de los datos depende de las necesidades de la investigación. Algunos de los factores que afectan a la calidad de los datos es en qué medio se han obtenido y si se han tratado de forma adecuada eliminando. Por ejemplo, los sensores EDA normalmente deben ser tratados para eliminar el ruido de la captura.

Una vez más hay que valorar la diversidad étnica y de género de los etiquetadores de estas emociones para obtener un alto estándar de calidad.

2.8.3. Bases de datos audiovisuales

Las bases de datos con contenido visual son las más comunes como resultado de la popularización de las redes sociales y la generación de contenido. Este tipo de bases de datos se suelen crear a través de dos vías.

1. Videos naturales: se seleccionan videos extraídos de plataformas de video como YouTube, Vimeo, Facebook y se marcan las emociones.
2. Grabaciones de actores: se proporciona a actores guías de qué emoción tienen que representar en cada momento. Estas bases de datos sufren de acciones que no son propias de las emociones que están actuando. Los actores simulan las expresiones de

las emociones que deben representar, pero normalmente no es genuina, por consiguiente, puede ser una representación poco reconocible.

Aunque existen gran multitud de bases de datos multimodales, cada una de estas siguen sistemas de marcaje distinto. Normalmente, se siguen sistemas lineales como el modelo de Russel (valencia y excitación) o bien las emociones básicas de Ekman (felicidad, ira, asco...). Aunque estos dos modelos son los más comunes, hay otros basados en la rueda de emociones de Plutchik o Fontaine que siguen un modelo de 4 dimensiones (valencia, potencia, excitación, predictibilidad).

Los distintos datasets siguen los requerimientos de las teorías emocionales en las que se basan. Cada investigación sigue el modelo que encaja mejor con su caso de uso. Aunque se puede traducir entre modelos es preferible usar una base de datos basada en la misma teoría de las emociones.

Nombre	Publicación	Autor	
Youtube Dataset	2011	Morency	Tri-modal sentiment análisis (visual, sonoro y textual). 47 videos (divididos entre 20 videos con mujeres y 27 con hombres), edades entre 14 y 60 años. El marcaje se ha basado en sentimientos positivos, negativos y neutros (Valencia).
MOUD dataset	2013	Perez-Rosas	Videos grabados en castellano. 80 videos, 65 mujeres, 15 hombres. Edades entre 20 y 60 años. Estos videos han sido seccionados en fragmentos de aproximadamente 5 segundos. Estos fragmentos han sido marcados a través de la Valencia (positivo, negativo o neutro)
eINTERFACE			40 sujetos son grabados y clasificados en base a las emociones básicas de Ekman

Tabla 4 Bases de datos multimodales con contenido visual y sonoro.[66]

2.8.4. Bases de datos con captura física

Aunque mucho menos comunes, existen bases de datos que juntan grabaciones audiovisuales contienen información de otro tipo de sensores como EDA o EGG.

Nombre	Año publicación	Autor	
QMUL-UT EEG	2009	Koelstra, Muehl y Patras	17 participantes son visualizan videos que generan distintos tipos de emociones mientras que son grabados con distintos sensores. Sensores: EDA, EOG (electrooculography), ritmo cardiaco, respiración y temperatura.
DEAP		Koelstra	32 participantes son grabados reaccionando a videos mientras son monitorizados con otros sensores. EEG y clasificación de las emociones de los propios participantes.
RECOLA	2013	Ringeval	46 sujetos son grabados durante una conferencia. El data set proporciona información en video, ECG, EDA, audio. & anotadores marcaron las emociones en base a valencia y excitación.
MAHNOB-HCI	2012	Soleymani	grabación de 30 participantes desde 6 puntos distintos. Además, el sujeto es monitorizado con: ECG, EEG, EDA, respiración y temperatura.

Tabla 5 Bases de datos multimodales con información fisiológicas.[67]

2.9. EmotionML

En 2006 a través de W3C[65], [68] un grupo de investigación se propuso crear un lenguaje de etiquetado de emociones con el objetivo de marcar estados emocionales, el resultado de esta investigación fue el Emotion Markup Language o EmotionML. Aunque EmotionML no es el único sistema para marcar emociones en interfaces, sí que se ha convertido en un lenguaje sencillo, que funciona sobre estructuras ya conocidas y que tiene suficiente complejidad para ser usado en muchos ámbitos.

El objetivo de EmotionML según sus creadores es el siguiente:

“Permitir que un componente tecnológico represente y procese datos, y permitir la interoperabilidad entre diferentes componentes tecnológicos que procesen los datos.”

Con este objetivo, EmotionML han construido un lenguaje basado en XML con variaciones propias para adaptar a las necesidades de la computación afectiva y estudios psicológicos. El lenguaje también soporta tanto sistemas unimodales como multimodales, proporcionando herramientas de sincronización dentro de los bloques XML.

Los principales casos de uso son:

- Anotación de datos.
- Reconocimiento de emociones
- Generación de emociones.

El sistema funciona de forma independiente a la técnica de detección emocional que se use. Es como una capa de abstracción por encima de la propia detección en la que la información se almacena ya procesada. La independencia de los sensores permite la interoperabilidad entre sistemas a través de la estandarización de la sintaxis.

La ambigüedad de las emociones también está reflejada dentro del lenguaje, ofreciendo la capacidad de marcar varias emociones y con qué probabilidad se cree que es una o la otra. Como los propios creadores comentan: *“Cualquier intento de estandarizar la descripción de las emociones mediante un conjunto finito de descriptores fijos está condenado al fracaso”*. Por lo que solo se sugiere una estructura, las emociones que se recomienda no son cerradas y pueden ser ampliadas.

EmotionML nace influenciado por las teorías emocionales más usadas en la computación afectiva. En el propio lenguaje se definen ciertas dimensiones como evaluación, activación o valores de juicio, términos propios de la teoría de la evaluación de Arnold-Lazarus. El uso de estas teorías permite cierta estandarización en el proceso de análisis emocional siguiendo todas las mismas bases. Algunos modelos como OCC pueden ser construidos a través de EmotonML.

2.9.1. Estructura del documento

La raíz del documento es la marca <emotionml>. Funciona como el marcador del inicio del documento. Dentro de este documento se podrá establecer la emoción marcada con <category> con el nombre pertinente y finalmente con un valor “value” (en base 1) donde se especificará la intensidad de la emoción.

En ocasiones se considera que es pertinente establecer varias emociones en un mismo elemento, en este caso se encapsulan el set de emociones dentro del bloque <emotion category-set>

```
<emotionml version="1.0" xmlns="http://www.w3.org/2009/10/emotionml">
  <emotion category-set="http://www.w3.org/TR/emotion-voc/xml#big6">
    <category name="sadness" value="0.3"/>
    <category name="anger" value="0.8"/>
    <category name="fear" value="0.3"/>
  </emotion>
</emotionml>
```

La sintaxis completa de marcación de emotionML se encuentra en [69].

2.10. Consideraciones éticas

El monitoreo constante de la computación afectiva crea muchas preguntas sobre cómo serán utilizados los datos de los usuarios. Es una incógnita de qué forma se materializa la computación afectiva en el futuro, pero ya se pueden hacer preguntas sobre cómo afectan a los usuarios la implementación de estas tecnologías en nuestro día a día.

La detección de mentiras es un campo que se ha investigado por décadas. Los polígrafos nunca han sido instrumentos precisos, pero sí que generan una realidad incómoda donde se arrebató al usuario la capacidad de mentir, ya que la máquina sabrá cuando está miente o no[70]. Las implicaciones de un instrumento que detecta mentiras o emociones ponen en peligro a pensamientos disidentes de una realidad política o económica. En una sociedad más autoritaria se podría utilizar estas tecnologías para descubrir aquellas personas que no creen en un régimen, eliminando las diferencias de pensamiento dentro de una sociedad.

Estas últimas conjeturas ya han sido usadas en países como Iraq o países del primer mundo como Estados Unidos. Aunque actualmente estos mecanismos se utilizan principalmente en prisiones o con presuntos delincuentes en juicios, sí que crea la incógnita de si estas tecnologías se utilizarán en los ciudadanos.

El control de masas ya es un aspecto altamente controvertido, pero que a través de la computación afectiva tecnologías como la detección facial, le detección de emociones vía

texto se automatiza y se masifica el control social del contenido posteado online e incluso el del mundo real a través de cámaras o micrófonos [71], [72].

Los dispositivos inteligentes forman parte del día a día de los usuarios y son herramientas más que capaces de detectar emociones e inferir a través de los datos obtenidos pensamientos políticos o ideológicos.

La manipulación emocional es otro tipo de inquietud que se genera derivado de la computación afectiva. Conociendo las emociones de los usuarios frente a algún tipo de contenido no es difícil de pensar cómo se pueden utilizar estas para modificar su forma de pensamiento. Durante años se ha analizado los rabbit holes de la ultraderecha que radicalizan a jóvenes poco a poco hasta llevarlos a visiones políticas extremistas normalmente a través de un discurso basado en los miedos e inquietudes de la población. El conocimiento y adaptación de contenido de los usuarios es peligrosa por la capacidad que tienen de doblegar poco a poco el sentido común.

El panorama actual podemos observar cómo algunas redes sociales como Facebook [73] han utilizado la ira para mejorar el *engagement* de sus usuarios. Se analizó y se observó que las publicaciones que generaban ira hacia algún grupo creaban mayor interacción ya que se reacciona, se compartía y se comentaba mucho más que en publicaciones normales. Esto ha hecho que las fakeNews que tienen como objetivo de repartir información falsa, sean extremadamente populares dentro de esta plataforma. A causa de esto Facebook se ha convertido en una de las mayores fuentes de información difamatoria.

Esta manipulación emocional no tiene que venir sólo desde puntos de vista políticos sino económicos. Ya es práctica común la recomendación de anuncios en base a gustos personales de plataformas como Google ads o algoritmos de recomendación de contenido como tik tok. Hoy en día estos algoritmos ya se utilizan para comprar usuarios sólo mediante el contenido que estos buscan. Tener un input emocional genera situaciones incómodas en las que los anuncios se posicionan en momentos de debilidad donde el usuario tiene la guardia más baja y tiene mayor probabilidad de hacer clic.

Otro elemento en riesgo es la generación de contenido en base a estudios de mercado. A través del análisis de las emociones de los usuarios en contenido como películas o música existe el peligro de reducción de la variedad artística al solo invertir en base a aquellas

películas que generan mayor *engagement*, reduciendo la variedad y creando grandes carencias artísticas.

Finalmente es imprescindible tener siempre en cuenta de donde se obtiene la información y de qué forma afecta a diferentes tipos de población. La computación afectiva debería ser justa independientemente de la etnia, género, edad ... Aunque en la mayoría de los casos estos sesgos[74] no se hacen de forma intencional, sí que pueden suceder por una lista muy larga de motivos, desde los miembros que participan en equipo o proyecto o los participantes dentro de un dataset que entrena un algoritmo de inteligencia artificial.

Este pequeño análisis sobre los peligros éticos que la computación afectiva plantea algunos de los grandes peligros que podrían llegar a aparecer en una posible transición hacia esta línea de diseño. Es urgente un análisis riguroso de las tendencias dentro del campo para establecer un marco ético que permita a los desarrolladores crear productos innovadores al mismo tiempo que respetan a los usuarios.

3. Objetivos y alcance

Los objetivos de este proyecto están divididos en dos. Cada uno de estos bloques están interrelacionados entre ellos y el segundo tiene fuertes dependencias al primero.

El primero se trata la parte más teórica y de investigación que gira alrededor de la creación de un kit de desarrollo pensado para aquellos proyectos que crean que añadir computación afectiva pueda aportar valor.

- Proponer un kit metodológico-tecnológico de recursos para aplicaciones de ingeniería del software aplicados a la computación afectiva
- Describir una guía de desarrollo en computación afectiva para aplicaciones interactivas.
- Definir y representar las emociones con modelos emocionales que más se adecuen al desarrollo.
- Explorar y diseminar las mejores opciones en sensores capaces de captar respuestas bioafectivas
 - Explicar el funcionamiento de los sensores
 - Establecer los pros y contras de estos sensores
- Valorar los mejores algoritmos o sistemas capaces de inferir las emociones de los usuarios.
- Hacer un análisis ético de los usos posibles usos de la detección y posterior adaptación de contenido y sus peligros.
- Trazar los posibles sesgos ideológicos que la tecnología puede mostrar (en relación con diferencias: raciales, de género, culturales...)
- Prototipar una aplicación con capacidades de adaptar contenido educativo a través del estado emocional del usuario con el objetivo de mejorar su rendimiento y motivación.

Actualización de los objetivos:

- Crear una lista de patrones de interfaz basados en computación afectiva.
- No se han comparado algoritmos ni sistemas.
- La aplicación no está dirigida a contenido educativo. Es una aplicación comunicación entre usuarios a través de un chat.

- Crear una wiki con el contenido del kit para un acceso más sencillo.

La segunda parte es una parte práctica donde se hace una demostración de cómo se podría usar este kit para el desarrollo de una aplicación que haga uso de esta tecnología. Este apartado está formado por una parte de diseño seguida de una parte implementación.

- Aplicar el kit de desarrollo para demostrar la utilidad de este dentro de un workflow de trabajo
- Diseñar una aplicación y un mockup que sea capaz de adaptar el contenido de los usuarios para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.
- Proporcionar información al educador sobre la interacción del usuario con el material académico.

Actualización de objetivos:

- Crear una aplicación multiplataforma de comunicación entre usuarios.
- Añadir patrones de diseño de interacción basado en la comunicación.
- Crear una wiki con todos los consejos que un desarrollador de software puede necesitar para desarrollar una aplicación de computación afectiva.
- Diseñar mockups de los patrones hechos durante el proyecto.

4. Metodología

4.1. Metodología de investigación

La metodología que se ha utilizado parte del libro fundacional del concepto escrito por Rosalind Picard. Durante la lectura del libro utilizando un Amazon Kindle se ha utilizado la herramienta Clippings.io que aglutina en una página todas las notas que puedan ser de interés, de esta manera puede ser consultado más fácilmente a posteriori.

Una vez leído el libro se leyó trabajos del MIT media lab que investigan la computación afectiva, observando así tanto investigación como proyectos relacionados con la tecnología. Debido a la gran cantidad de referencias que suponen el trabajo se ha utilizado la herramienta Mendeley para recolectar por secciones las diferentes fuentes de información que se han obtenido.

Después de la investigación del MIT como institución pionera en este ámbito se ha buscado libros de otras universidades como Oxford [53]. Con esta formación inicial con unas bases en estudios certificados y se ha buscado conceptos o estudios a través de Google scholar.

También se ha documentado usando libros de psicología y con la asistencia de una estudiante de Psicología con el objetivo de entender correctamente muchos conceptos que han sido fundamentalmente para entender el funcionamiento de las emociones

Con el objetivo de mantener la veracidad de los artículos citados se ha buscado el origen de la publicación y si estos han sido certificados. También se ha buscado en búsqueda general de blogs y páginas webs en Google, pero se ha buscado la fuente origen y solo se ha dado por válida en el caso que la fuente se haya considerado fiable o al menos se haya podido contrastar con estudios similares.

Una vez se ha recopilado varios estudios relacionados con el tema se han leído (en algunos casos solo algunas secciones) y se ha intentado contrastar con estudios similares. Si el estudio era de utilidad también se ha accedido a las referencias en busca de información que pueda ser de interés. Los datos de los investigadores se han guardado en un Excel a modo de base de datos de investigadores de interés dentro del campo.

Finalmente, una vez con la documentación preparada se ha procedido a la síntesis y selección de la información con peso dentro del marco del proyecto.

La organización se ha hecho utilizando Trello y Gantt con el objetivo de establecer fechas límite a ciertas partes del trabajo para evitar que algunas crezcan de forma desmesurada mientras que otras quedan infraestudiadas. La organización finalmente toma en aparecía en cascada a causa de las múltiples dependencias que tiene. Al ser un proyecto tan lineal y de un tamaño limitado el sistema en cascada funciona adecuadamente.

4.2. Tareas destinadas a la creación de la guía

- Investigar el estado del arte de la computación afectiva.
- Búsqueda de información en profundidad de modelos emocionales en las que enmarcar las distintas metodologías.
- Investigar mejores sistemas de detección teniendo en cuenta sus ventajas e inconvenientes
- Analizar casos de uso de aplicaciones ya creadas dentro de la computación afectiva con el objetivo de establecer patrones de diseño dentro de la computación afectiva
- Analizar distintas líneas de diseño de la computación afectiva.
- Diseñar mockups que demuestren las capacidades de la computación afectiva en distintos escenarios.
- Valorar qué aplicaciones podrían beneficiarse de la implementación de computación afectiva y reconocimiento de emociones.
- Valorar la viabilidad del uso de la computación afectiva en distintos escenarios.
- Sintetizar y crear una web que proporcione consejos a los desarrolladores que tengan como objetivo añadir funcionalidades dentro de la computación afectiva.

4.3. Metodología de diseño

El diseño de los diferentes patrones se hará basándose en otros casos de uso como FAIM[14] o EmoteMail[15] donde analizaron los patrones utilizados para la interacción emocional con el usuario y se plantea el uso en otras aplicaciones. Se intentará extraer ese diseño de la aplicación original observando si ese patrón es usable fuera del contexto de la aplicación.

Una vez se hayan obtenido los patrones de diseño se maquetarán a través de AdobeXD proporcionando una aplicación usable a nivel de interfaz para que los distintos desarrolladores pueden considerar la implementación en su aplicación. Los archivos XD se

harán accesibles con la guía para tener acceso a la manipulación de los maquetados originales.

Se creará una aplicación multiplataforma de comunicación que implemente algunos de ellos patrones propuestos.

4.4. Metodología de desarrollo

A través del conocimiento obtenido a través de la memoria se creará una web/ donde a través de maquetas, videos y explicaciones se muestran las funcionalidades de la computación afectiva.

El objetivo de esta herramienta es proporcionar a todos los desarrolladores una guía fácil de usar, interactiva y visual con la que decidir si es adecuado añadir computación afectiva a sus aplicaciones.

En esta guía se proporcionarán los archivos AdobeXD para la fácil manipulación.

Una vez se hayan definido los patrones de diseño del proyecto se buscará un proyecto de aplicación que implementar. Esta aplicación debe añadir algunos de los patrones de diseño, a modo de muestra del proyecto y la aplicabilidad de la computación afectiva.

4.5. Definición de requerimientos

Este proyecto tiene dos partes con sus requerimientos propios.

Memoria del proyecto y kit de desarrollo:

- Poder definir el estado emocional de un usuario.
- Definir un kit de desarrollo de software que ayude en el desarrollo de proyectos con computación afectiva.
- Representar de una forma entendible el estado emocional actual de un usuario
- Poder proporcionar a un potencial desarrollador las herramientas y consideraciones intrínsecas de un proyecto como este.
- Proporcionar una guía que ayude al desarrollador decidir que sensores y emociones son más adecuadas para adaptar la aplicación.
- Establecer fuentes de datos adecuados que proporcionen información emocional.
- Establecer los riesgos y beneficios que esta tecnología aporta.

- Mostrar el sesgo que estas tecnologías pueden mostrar y que herramientas usar para evitarlas.

Crear un kit de desarrollo de computación afectiva en formato web.

Prototipo

- Crear un prototipo que haga uso del kit.
- Obtener información del estado emocional de un usuario.
- Adaptar el contenido para mejorar la experiencia.
- Proporcionar métricas al educador para la mejora del contenido.
- Conseguir un sistema poco intrusivo para el usuario.

5. Desarrollo

Aunque la investigación de la computación afectiva es vigente y especialmente activa en el área de los videojuegos, no se ha visto una implementación en productos de consumo. Con el objetivo de incentivar la implementación de la computación afectiva en diversas áreas se proponen distintas herramientas, patrones y consejos. Este kit de desarrollador proporciona la información necesaria para empezar a implantar la tecnología con las herramientas disponibles actualmente.

5.1. DevKit

Esta guía se ha creado a través de la investigación en profundidad que se ha hecho durante la memoria teórica de este proyecto. Este conocimiento se ha adaptado y estructurado como una guía de conceptos clave para cualquier proyecto que incluya la computación afectiva. Este conocimiento es de vital importancia para poder comunicarse con otros stakeholders del medio, así como poder hacer uso adecuado de sensores y entender estudios de este campo.

La web no solo incluye los conceptos fundamentales para la computación afectiva, sino que proporciona al desarrollador herramientas para expandir su conocimiento, conocer proyectos que hagan uso de esta filosofía de diseño, una pequeña guía de sensores, patrones de diseño preparados para ser implementados y un ejemplo de aplicación ya funcional.

El kit ha sido creado como web. La decisión de dar este formato web viene del hecho que la computación afectiva es una línea de diseño en constante evolución. Mientras que una guía como un libro o *paper* puede quedar desactualizada al poco tiempo la web puede ser actualizada constantemente para añadir nuevos recursos, ejemplos o expandir los patrones al plantel actual.

Además de poder actualizarse de forma constante la web es accesible a través de internet, con el objetivo de hacer esta investigación libre para todos los desarrolladores.

Para consultar la web consultar el anexo 1.

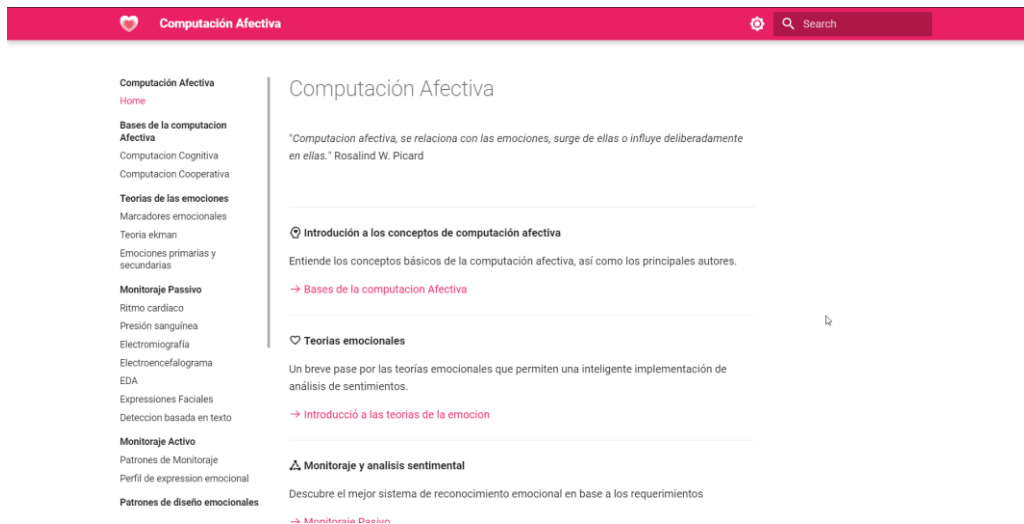


Tabla 6 Página de inicio de la wiki de computación afectiva. Elaboración propia.

La web ha sido desarrollada con Mkdocs Material[75], que es un generador estático de páginas web dirigido a la documentación de aplicaciones técnicas. Este wiki permite crear páginas web muy livianas al mismo tiempo que se formatean automáticamente a través del tema de material y la sintaxis de Markdown[76].

Mkdocs ha permite tener una página con un diseño sobrio y consistente además de accesible para todo tipo de usuarios. Además, mkdocs permite su uso tanto offline como online y ser alojado en una gran variedad de servicios.

Los servicios que se han barajado son Docker en un servidor propio, heroku o github pages. Finalmente se ha elegido el uso de github pages por la integración que tiene con mkdocs. El alojamiento en github pages tiene como limitación un límite de 1 GB de espacio de la web[77], al ser una wiki tan liviana no se ha requerido de más espacio.

Mkdocs permite trabajar a gran velocidad a causa de la simplicidad de la creación de las páginas.

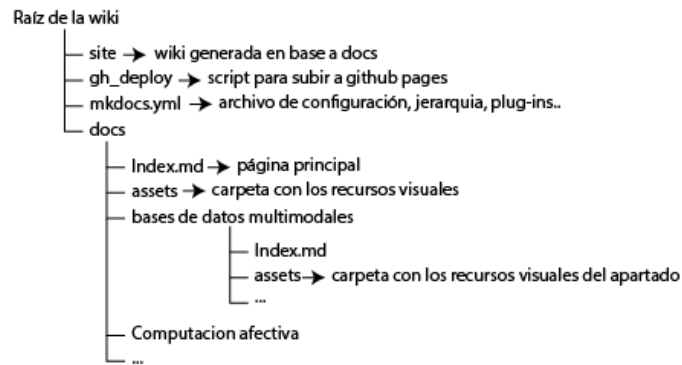


Fig. 19 jerarquía mkdocs. Elaboración propia

Para que la web funcione solo se requiere de crear una jerarquía como la de la fig 25. Una vez creada esta jerarquía hay que añadir las rutas de acceso de los archivos en el archivo de configuración.

```

nav:
- Home: index.md
- Bases de la computacion Afectiva:
  - Computacion_afectiva/index.md
  - Computacion Cognitiva: Computacion_afectiva/Computacion_cognitiva.md
  - Computacion Cooperativa: Computacion_afectiva/Computacion_cooperativa.md
- Teorias de las emociones:
  - Teoria de las emociones/index.md
  
```

Con esto solo se requiere de usar el comando mkdocs serve para ejecutar en local o mkdocs build para construir la web y descargar las extensiones.

5.2. Multi interfaz

El uso de múltiples interfaces es común dentro del diseño HCI. Las multi interfaces permiten proporcionar al usuario la información más adecuada. Ofrecer a los usuarios interfaces distintas en función de sus necesidades y su perfil para mejorar la experiencia del usuario. Tener varias interfaces permite dar al usuario aquella información que de verdad requiere, y con la computación afectiva se le puede mostrar la interfaz que mejor se adapte a su estado de ánimo.

A través del estado emocional del usuario, la página obtiene no solo la información sobre su perfil de usuario, sino que puede ofrecer contenido en función a su estado emocional. Las

posibilidades que esto ofrece son amplias: recomendación de anuncios y productos, modificar el contenido que se da al usuario etc.

Con el uso de múltiples interfaces la aplicación puede adaptarse al estado emocional del usuario proporcionando aquello que sea más relevante.

Con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario la aplicación puede hacer uso de dos tipos de sistemas de multi interfaz:

- Personalización del usuario
- Diseño preestablecido

En el primer caso el usuario decide qué contenido quiere ver dentro de la aplicación en cada momento. De esta manera se crean perfiles asociados a una emoción del usuario. Por ejemplo, un usuario puede decidir que en una aplicación de música quiere que, mientras esté en el estado emocional triste se le recomiende música de ciertos géneros, podcast y que pueda configurar rápidamente un temporizador de apagado de la música. En otra instancia, el usuario puede decidir ver recomendaciones de otros géneros, previsualizar las siguientes canciones mientras que ve en grande la letra de la canción. Estos perfiles permiten al usuario interactuar con la aplicación en base a sus preferencias. Mientras que al estar triste quiere escuchar cierta música un tiempo determinado, en otra el usuario puede querer cantar con la letra de la canción. La aplicación debería permitir la fácil personalización de la aplicación y ofrecer tantas interfaces predeterminadas al mismo tiempo que se permite la personalización propia.

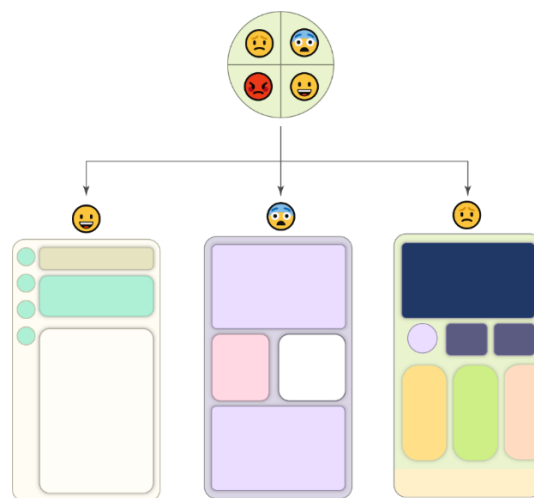


Fig. 20 ejemplo de cómo las interfaces se pueden adaptar en función del estado emocional del usuario. Elaboración propia.

En el segundo caso el diseño preestablecido la aplicación aprovecha diferente contenido para aprovechar el estado emocional del usuario. En una tienda se pueden proporcionar productos usualmente comprados bajo un estado emocional o proporcionar una interfaz que se adapte al contenido. Cómo se diseñan estas interfaces viene determinado por el diseño de la aplicación y los intereses de la compañía. Aunque esta herramienta es potente en tanto que hace uso de las emociones del usuario para potenciar la aplicación se tiene que considerar si es correcto a nivel de privacidad y ético.

5.3. Patrones de diseño

Como herramienta de diseño con el objetivo de mejorar la experiencia de los usuarios se proponen los siguientes patrones de diseño como convenciones para solucionar problemas generales dentro del diseño de interfaces.

Los patrones de diseño realizados se han creado adaptando patrones o aplicaciones a la computación afectiva. Junto con cada patrón se ha añadido uno o varios mockups realizado en Illustrator para visualizar una aplicación que implementara alguno de estos patrones.

Para consultar los mockUps, acceder a anexos 2.

5.3.1. Comunicación emocional basado en iconos

5.3.1.1. Que es

Añadir información visual al texto para mejorar la interacción textual entre usuarios.

5.3.1.2. Cuando usarlo

Este patrón es especialmente útil en comunicación entre usuarios en las que se carece de información contextual y emocional.

Se puede implementar en cualquier aplicación en la que haya comunicación entre personas como redes sociales, chats, blogs ...

5.3.1.3. Que es

Los humanos durante la comunicación verbal transmiten mucha información metatextual. Utilizando las mismas palabras se puede transmitir información distinta solo por utilizar entonaciones distintas, expresiones faciales o postura corporal.

Esta información que se encuentra fuera del texto se pierde en interacciones sociales digitales, lo que obliga al usuario a explicarse cómo se siente continuamente o bien dejar significado por el camino.

Añadir elementos visuales como fuentes, emojis o colores permite a los usuarios crear un léxico con el que transmitir sus emociones entre iguales. En grupos sociales ya se hacen uso de expresiones, emojis con objetivos emocionales por lo que esto crea una estandarización con la que mejorar la comunicación textual.

5.3.1.4. Como

La primera tarea es crear un lenguaje propio de la aplicación a través de elementos visuales. Esta iconografía debe asignar a cada emoción que se quiera transmitir uno o varios de los siguientes elementos:

- Color
- Iconos
- Tipografías

Con esta información adicional el usuario puede asociar cada frase o cada palabra con una emoción, mejorando la expresividad. Se aconseja el uso de al menos uno, aunque es mejor una combinación de los tres. Una combinación de las tres mejoras la accesibilidad de la información. El uso de colores supone un problema para usuarios con dificultades visuales, mientras que usuarios con dislexia podrían mostrar dificultades ante el uso de ciertas fuentes. Una combinación de colores, tipografías e iconos ofrece la mayor expresividad y accesibilidad.

Las emociones están afectadas por contextos culturales, sociales e incluso generacionales. Mientras que un emoji puede tener un significado en ciertos contextos en otros pueden tener significados incluso ofensivos. Con el objetivo de tener una experiencia placentera para el usuario, durante el proceso de configuración el usuario tiene que indicar con que símbolos quiere representar que emociones y crear un perfil propio. Con este proceso se puede crear un sistema adaptado al usuario.

A causa de la variedad de posibilidades que la modificación de colores supone se tiene considerar el uso de tonalidades distintas para poder ofrecer al usuario una ratio de contraste

de al menos 4:5:1 entre el fondo y el texto. En la figura 25 se puede ver cómo se podrían adaptar los colores para respetar el contraste.



Fig. 21 Ejemplo de perfil de colores que pueden estar asociados a un conjunto de emociones. El uso de tonalidades más oscuras y más claras mejora la visibilidad manteniendo las tonalidades base. Elaboración propia.

En la figura 27 se puede ver como se utilizan los colores seleccionados de la Fig.28 para asociar emociones a través de distintos iconos.

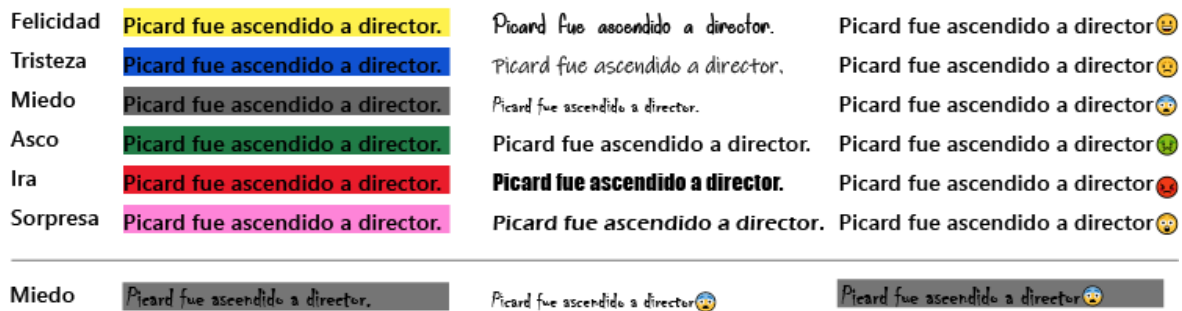


Fig. 22 Ejemplo de textos con icono iconografía. Elaboración propia.

En el ejemplo de la figura 29, en un inicio tanto el emisor cómo el receptor ha creado un perfil para las preferencias de usuario. En este caso mientras que el color se mantiene igual entre los dos usuarios el símbolo y tipografía varía. Cuando el usuario escribe el texto establece el mismo la emoción y los sistemas de representación que quiere añadir. La aplicación puede ofrecer un sistema de detección de emociones vía texto para automatizar el proceso.

El sistema de detección permite hacer el proceso más rápido a través de sugerencias, que siempre serán seleccionadas por el usuario. El sistema puede intentar agilizar el proceso, pero siempre tiene que trabajar con el usuario. Una vez se hayan seleccionado las emociones al gusto del usuario la aplicación genera un script de marcación con EmotionML o similares donde se indiquen las emociones de cada frase. Con este archivo de marcación y las preferencias del usuario se aplican los símbolos, fuentes y colores asociados con las emociones. Una vez se le presente el texto al usuario con los marcadores emocionales asociados se le dará también la opción de modificar el texto y emociones antes de enviar.

El sistema del receptor funciona de forma similar al del emisor. La aplicación del emisor recibirá el mensaje junto a un sistema de marcación. Con el sistema de marcaje se aplica en base a las preferencias del receptor los símbolos pertinentes.

En esta aplicación el emisor tiene la capacidad de enviar texto con información emocional al receptor sin que los contextos de los usuarios afecten a su percepción.

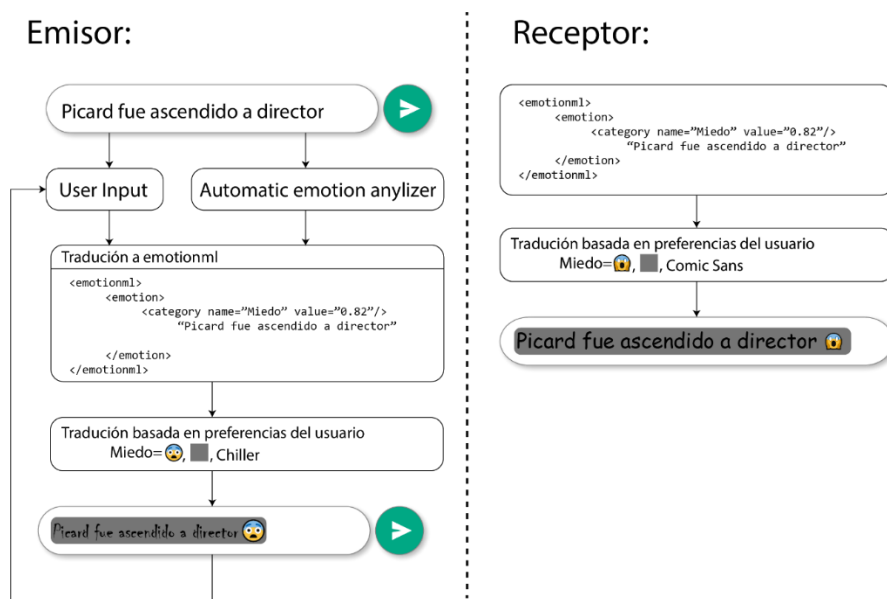


Fig. 23 Ejemplo de chat usando el patrón de símbolos

El sistema de detección automática de emociones se puede implementar con sistemas distintos. Por un lado, se puede usar la detección de emociones a través de texto con un lexicón como IBM tone analyzer. Otra opción es emplear las expresiones faciales del usuario, aunque esto implica el uso de la cámara y puede no mostrar expresiones faciales a causa de que no tiene por qué estar experimentando esta emoción, sino que solo la quiere transmitir.

El uso de sensores más complejos como EDA, EGG y demás tiene los mismos obstáculos que la detección facial, además de ser sensores menos accesibles.

5.3.2. Dificultad adaptativa

5.3.2.1. Que es

La dificultad tiene como objetivo hacer que el usuario entre en un estado de Flow, un estado de alta concentración que comúnmente se asocia a la diversión. El estado del Flow se puede entender como el equilibrio entre el desafío que se le presenta al usuario con la habilidad que tiene el jugador. Si la dificultad es mucho mayor a la habilidad del jugador este se frustra mientras que si la habilidad es inferior se aburre. El objetivo de todo diseñador es mantener al jugador en la zona de Flow, equilibrio entre habilidad y dificultad.

5.3.2.2. Cuando usarlo

La teoría del flow se puede usar en juegos y en aplicaciones que añaden algún tipo de gamificación como duolingo o soloLearn. Hacer que los usuarios entren en estado de flow les hará más eficientes al estar altamente concentrados.

5.3.2.3. Porque

La teoría del flow se ha utilizado frecuentemente en videojuegos por generar atención en el usuario y por mejorar el aprendizaje de las mecánicas y sistemas.

El mayor problema de la teoría del flow es que no todos los usuarios son iguales y vienen con las mismas habilidades previas. A causa de esto diseñar una sola progresión de dificultad puede llevar a algunos usuarios a encontrarse muy frustrado mientras que otros pueden encontrarse con una progresión muy lenta y aburrida. En ambos casos esto puede llevar a el abandono del juego o aplicación.

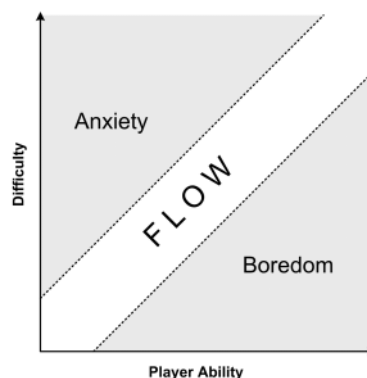


Fig. 24 Diagrama del Flow[78]

5.3.2.4. Como

El sistema parametrizado utiliza las estadísticas de las entidades para adaptar la dificultad del juego. El diseñador determina unos valores base con los que se inicia el juego, a medida que el juego progresa y se obtiene información del usuario se modifican las estadísticas de las entidades que tienen que ser mejoradas o empeoradas.

El diseñador debe determinar cuatro intervalos de valores. El primer valor son las estadísticas base con las que empezar el juego y que se mantienen hasta que se determina si el jugador está en Flow. El segundo es el escalado base, este intervalo de escalado es el de mayor pendiente y hace cambios más drásticos en las estadísticas para determinar un punto ideal para el jugador. El segundo es el soft-cap, este intervalo es una reducción moderada del escalado de las estadísticas, permite que los valores no se eleven o disminuyan de forma descontrolada, pero aun con cierto escalado. Finalmente tenemos el hard-cap, este reduce drásticamente la pendiente hasta un valor máximo o mínimo.

Mientras que el soft-cap es útil para hacer la transición del escalado base al valor máximo/mínimo, el hard-cap es fundamental para evitar que haya valores desproporcionados que desequilibran demasiado el juego.

	Estadísticas base	Escalado base	Soft-Cap	Hard-Cap
Velocidad	5 m/s	2.5-7 m/s (menos dificultad) 5-11.5 m/s (mayor dificultad)	1.5-2.5 m/s (menos dificultad) 5-12.5 m/s (mayor dificultad)	2.5-7 m/s (menos dificultad) 5-11.5 m/s (mayor dificultad)

Tabla 7 Ejemplo escalado parametrizado. Elaboración propia.

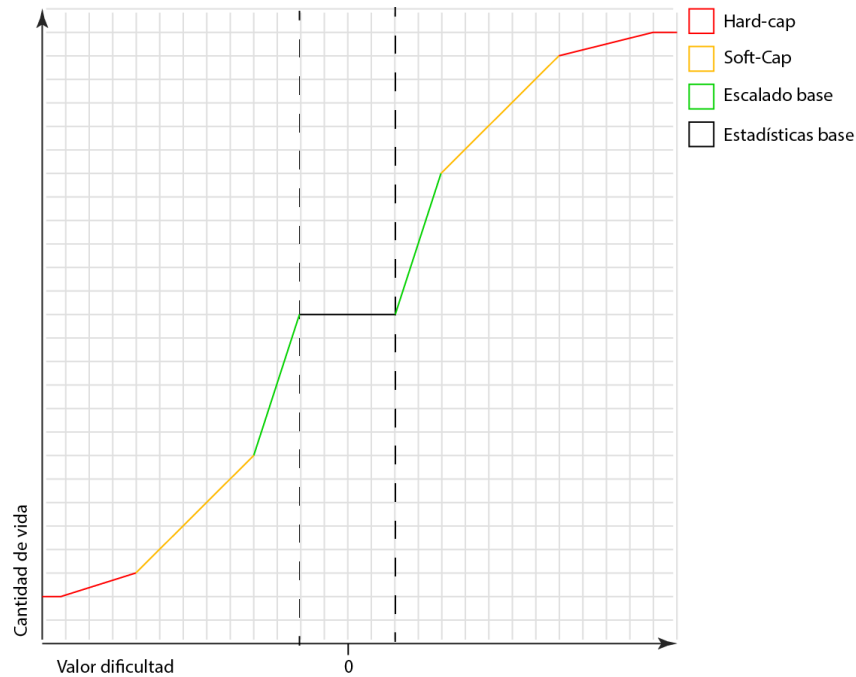


Fig. 25 Visualización del escalado de las estadísticas. Elaboración propia.

Los caps se pueden interpretar con la cantidad de usuarios que pueden acceder a ciertos niveles de dificultad. La distribución debe ser parecida a la de una distribución normal, donde la gran mayoría de jugadores están dentro de las estadísticas base o del escalado base. Los jugadores con baja habilidad o alto rendimiento deberían ser los únicos en llegar al softcap, mientras que el hard-cap existe como medida de seguridad y prácticamente ningún jugador debe llegar.

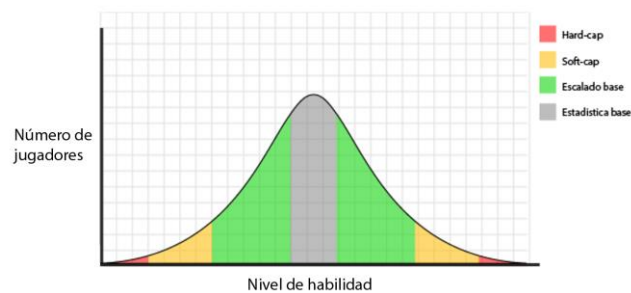


Fig. 26 Distribución de usuarios en función de la habilidad. Fuente propia.

En este patrón se modifican los valores de las estadísticas proporcionando una adaptabilidad moderada de la jugabilidad y puede servir tanto para potenciar al jugador como para reducir la dificultad de los enemigos.

El objetivo aun así siempre es mejorar la experiencia del usuario, si se escala de forma muy agresiva una sola estadística se hace visible para el jugador, lo que puede romper la

inmersión y molestar a algunos jugadores. Con el objetivo de disminuir esta sensación se recomienda el uso de varias estadísticas que se escalan de forma simultánea con una cola de prioridad.

En esta cola se establecen qué estadísticas se disminuyen o aumentan de forma prioritaria (normalmente por el orden que inducen mayor dificultad) y se escalan por orden.

Por ejemplo, un enemigo de un nivel podría tener las siguientes estadísticas:

- Puntos de vida
- Daño
- Cadencia de fuego
- Velocidad

Primero el juego debe reducir la vida del enemigo. Una vez se haya reducido la vida hasta cierto valor se reduce el siguiente. Cuando se hayan reducido todos los valores se vuelve a reducir de nuevo el primer valor. El objetivo es que todas las estadísticas se reduzcan de forma uniforme y sean consistentes dentro de su nivel de dificultad

Algunas aplicaciones fuera del videojuego que utilicen este control dinámico:

- Tiempo que se proporciona a un estudiante para resolver un ejercicio.
- Cantidad de ejercicios y dificultad que se da en un ejercicio.

5.3.2.5. Ejemplo

Nevermind es un juego desarrollado para PC lanzado en 2015 que hace uso de un sensor de ritmo cardíaco para adaptar las situaciones al jugador final.



Fig. 27 En Nevermind el juego modifica los niveles en función del estado emocional del usuario.[79]

5.3.3. Contenido adaptativo en base al estado emocional

5.3.3.1. Que es

El objetivo del patrón es adecuar el contenido al estado emocional del usuario. Proporciona una experiencia distinta cada vez que se experimenta al mismo tiempo que se puede conectar de manera más profunda con el contenido

5.3.3.2. Cuando usarlo

Para productos que hagan uso de timelines como el video, la música y videojuegos.

5.3.3.3. Porque

El contenido adaptativo permite una mayor inmersión con el usuario al mismo tiempo que obtiene una experiencia personalizada. Además de mejorar la experiencia a nivel personal aumenta la reversibilidad del contenido.

5.3.3.4. Como

El contenido siempre empieza en un estado neutro. Empezar en estado neutro permite dar personalidad al contenido en los primeros compases, así como esperar la reacción del usuario. En el punto que el creador decida el contenido se divide en distintos caminos en función del estado emocional con el objetivo de crear una experiencia personalizada para cada usuario. Estas divisiones no son inmediatas, sino que son una transición que permiten al usuario expresar cómo se sienten o al sistema de detección pasiva capturar el estado emocional del usuario.

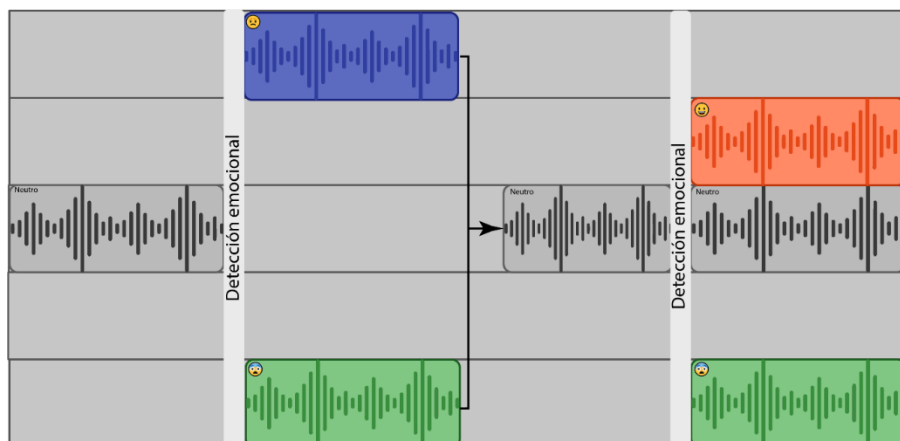


Fig. 28 Esquema de como una misma pista de audio se puede dividir en distintos caminos en función del estado emocional del usuario.

Como se ha comentado el intervalo de decisión debe ser amplio ya que esta decisión puede ser tomada de dos formas:

- Forma pasiva: el sistema de detección obtiene a través de un sensor el estado emocional. Se debe tener en cuenta el tiempo de detección para ver como de duradero tiene que ser el intervalo proporcionado. En ocasiones el sistema no es capaz de proporcionar una respuesta a suficiente velocidad para la interacción o bien la emoción es neutra o no válida, por ello, los diseñadores deben proporcionar una pista por defecto.
- Forma activa: el usuario introduce de forma voluntaria el camino que quiere seguir. A través de un proceso de selección de la pista. Las formas en las que se puede introducir son amplias y pueden ir desde una selección de opciones a experiencias más interactivas que permitan mayor conexión con el usuario. Sistemas más complejos tienen la capacidad de mejorar la experiencia a costa de mayor riesgo de fallar y de aumentar la dificultad de diseño.

El uso de un sistema de estas características puede permitir que el usuario se sienta más conectado con el contenido consumido al mismo tiempo que se le ofrece una experiencia que se puede experimentar múltiples veces.

Mientras que en el ejemplo se muestran expresiones de miedo, tristeza o felicidad se pueden utilizar otras emociones primarias como secundarias. Otras emociones como aburrimiento, envidia o excitación pueden ser más adecuadas en función del tipo de contenido y de las emociones que se pretenda generar. El diseño de estas experiencias viene dado por los creadores de contenido y por tanto está influenciado por su contexto sociocultural, que hará que algunos usuarios no conecten su contenido.

El tipo de cambios que se pueden ofrecer dos de dos tipos:

- Satélite: los sucesos satélites son pequeñas decisiones o cambios que ejerce el usuario en la trama a través del estado emocional. Estos sucesos pueden ofrecer pequeños cambios en el diálogo o información adicional que hace que el usuario se sienta más conectado con el contenido sin tener que hacer grandes cambios a nivel de producción.
- Significativos: estas adaptaciones son más complejas ya que pueden crear inconsistencias en el guión a cambio de hacer cambios significativos en la trama. Los

sucesos significativos son los que harán de una experiencia única pero también son los más costosos de producir.

Un balance entre sucesos satélite y significativos ofrece una mejor experiencia al mismo tiempo que no se disparan los costes de producción del contenido.

La creación de este tipo de experiencias tiene dos problemas principales, el espacio en memoria y el tiempo de creación de este contenido.

Si un creador de contenido tiene como objetivo crear un video de 10 minutos a 1080p 25fps este tiene un peso aproximado de 600mb una vez comprimido. Si el tiempo de producción de este video es de tres horas cada diez minutos de video, dieciocho minutos por cada minuto producido.

Al implementar este patrón se añaden en cada corte dos emociones más una pista de emoción neutra. En el video hay tres cortes de dos minutos con cuatro minutos comunes en todas las experiencias. El resultado es que el video ha pasado de diez minutos a 22 minutos de duración total entre todas las pistas (cuatro minutos de video en común + (tres cortes*tres pistas* dos minutos cada pista) =22minutos). Con estos cambios el peso total del video ahora es de 1.32GB y el tiempo de producción es de seis horas y 36 minutos. Todo esto sin tener en cuenta el tiempo que supone marcar los intervalos y el tiempo adicional de crear un video que utilice este patrón.

Mientras que este patrón permite un mayor grado de interacción entre el usuario y el contenido que consume se hace a costa de unos tiempos mucho mayores y de pistas que quizás nunca sean vistas por el usuario.

5.3.3.5. Ejemplo

Bandersnatch es una película interactiva que ofrece cierta personalización con el usuario a través de las decisiones que esta toma por algunos personajes de la historia.

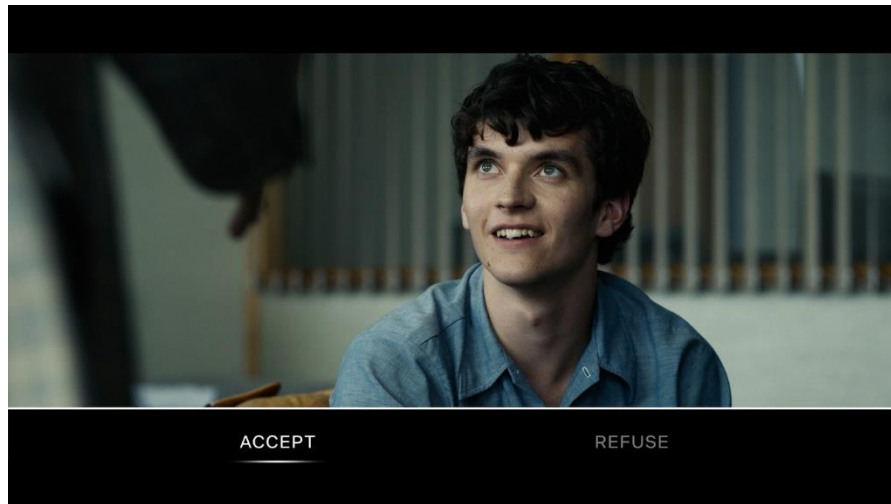


Fig. 29 Toma de decisión en Black mirror: Bandersnatch.[80]

La película está dividida en decisiones en su mayoría de tipo satélite, con algunas verdaderamente relevantes que ofrecen cambios significativos en la trama.

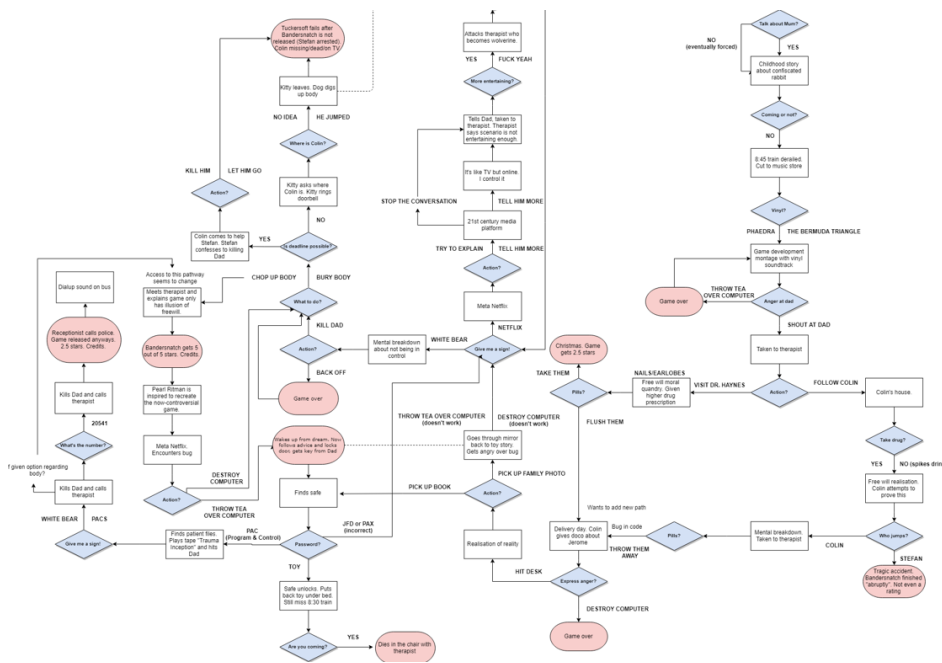


Fig. 30 Árbol completo de decisiones de Bandersnatch.[81]

5.3.4. Expresión de humor

5.3.4.1. Que es

Permite al usuario expresar su estado emocional a través de su perfil. Este estado emocional es visible a otros usuarios, por lo que permite una mayor empatía con otros usuarios, así como aumentar la expresividad.

5.3.4.2. Cuando usarlo

Se puede usar en la mayoría de las aplicaciones que haya algún tipo de interacción entre usuarios.

5.3.4.3. Porque

Permitir al usuario mostrar su estado emocional actual, puede permitir tener una mayor conexión entre usuarios tanto cercanos como lejanos. Los usuarios pueden tener en cuenta el estado emocional para interactuar con esta persona y ofrecer una interacción acorde con su estado emocional

Redes que permitan interacción con un gran volumen de personas deben permitir establecer círculos de personas que tienen acceso a el estado emocional del usuario. Estos círculos permiten situaciones de abuso donde ciertos usuarios pueden aprovechar el estado emocional del usuario.

5.3.4.4. Como

El usuario especifica desde su perfil su estado emocional actual.

El estado emocional puede estar determinado de dos formas:

- Set de emociones predeterminadas: todos los usuarios tienen el mismo set de emociones por lo que es más sencillo añadir elementos de personalización.
- Emociones personalizadas: da acceso a una variedad más amplia de estados emocionales a costa de sacrificar personalización de la interfaz.

La personalización puede venir de distintas formas:

- Aro alrededor de la foto de perfil.
- Diferentes fotos de perfil en función del estado emocional.
- Etiqueta con el nombre del estado emocional

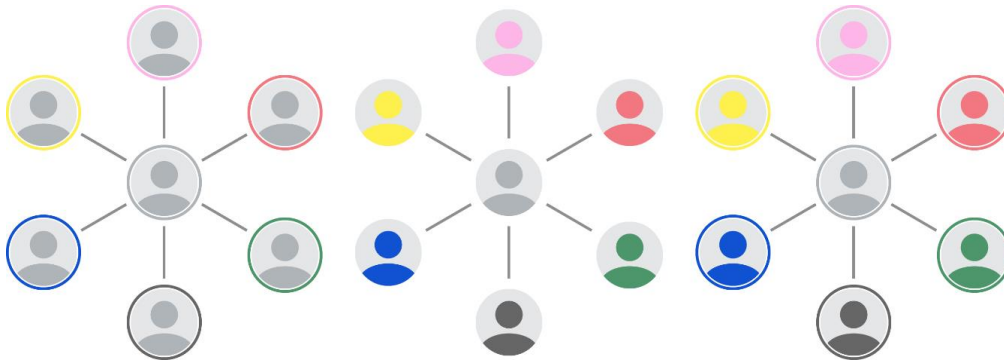


Fig. 31 Distintas formas de representar el estado emocional. En la primera solo se muestra un aro de color. En el segundo se cambian las fotos en función de la emoción. En la tercera hay una combinación de ambas técnicas.

5.3.4.5. Ejemplo

En la aplicación *cyberworld* la foto de perfil de usuario añade un bocadillo que indica como se siente.

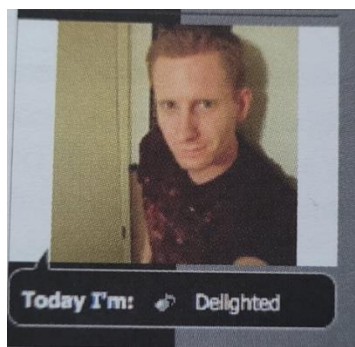


Fig. 32 Representación de una emoción en el perfil del *cyberworld*.

Es una práctica común en los juegos de rol el uso de diferentes fotografías o *sprites* para comunicar de forma sencilla la expresividad de un personaje. Es una práctica común el uso de imágenes ya que reduce el coste de desarrollo al no usar modelos 3D y ofrecer un rango amplio de personalidad y expresividad.



Fig. 33 Representación de distintos estados emocionales en Pokémon mundo misterioso.

5.3.5. Avisos de contenido

5.3.5.1. Que es

Permite al usuario ser advertido de contenido que puede ser traumático. Estas respuestas pueden hacer referencia a fobias, momentos traumáticos etc.

5.3.5.2. Cuando usarlo

Cuando el contenido ya sea video, texto o auditivo se considere sensible para algunos usuarios se notificará al usuario de su existencia y se le da la opción de omitir el contenido en caso de que suponga un contenido inapropiado.

5.3.5.3. Porque

Algunos usuarios pueden sentir aversión a ciertos contenidos. Mientras que la mayoría de los usuarios no les supone un problema, a algunos les podría suponer experimentar PTSD (post-traumatic stress disorder).

Con el objetivo de mejorar la calidad de vida de estos usuarios y hacer tan accesible como sea posible el contenido se avisa y en algunos casos omitirá el contenido por completo.

5.3.5.4. Como

Los avisos contenidos se pueden mencionar al inicio de la reproducción del contenido, mencionando que elemento puede suponer traumático. Una vez proporcionado el aviso se debe permitir continuar o volver atrás.

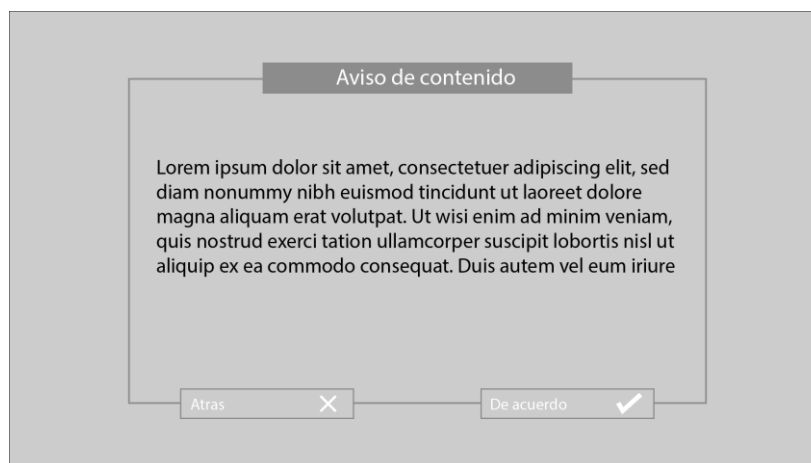


Fig. 34 ejemplo de aviso de contenido en una aplicación o juego. Elaboración propia.

Otra forma de proporcionar este tipo de contenido es usando marcadores en un video. En estos marcadores se menciona en qué momento hay algún tipo de episodio traumático. El usuario puede simplemente avanzar sin tener que visualizar el contenido.

Finalmente se puede proporcionar un aviso antes de acceder a una nueva página.

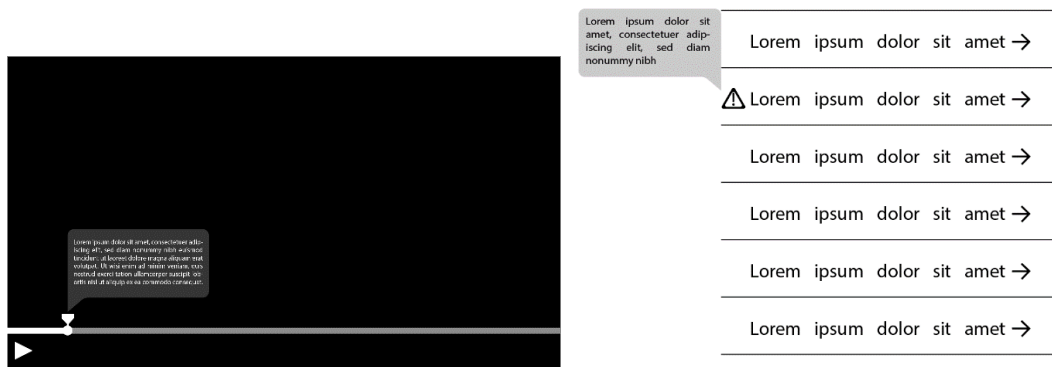


Fig. 35 Ejemplo de avisos de contenido. A la izquierda aviso usando la línea temporal de un video. A la derecha aviso de contenido en una página web. Elaboración propia.

5.3.5.5. Lista de avisos de contenido frecuente

Dentro de la comunidad de jugadores y cineastas han creado distintas páginas que advierten de eventos sensibles. Alguna de estas paginas es *does the dog die?*[82] y *gamephobias*[83].

5.3.5.6. Ejemplo

Algunos ejemplos de avisos de contenido son los de *boyfriend dungeon*, donde de forma previa al juego se avisa al jugador de los distintos eventos traumáticos.

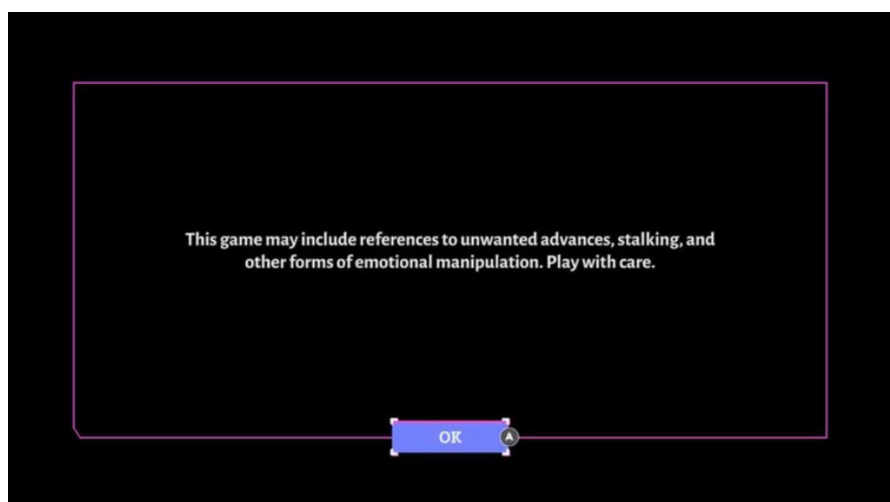


Fig. 36 Aviso de contenido en boyfriend dungeon.

5.3.6. Dialogo empático

5.3.6.1. Que es

Una forma de formular las interacciones entre usuarios e interfaces para dar una sensación de empatía por parte del sistema. El sistema describe los diálogos para simular interacciones más humanas.

5.3.6.2. Cuando usarlo

La sensación de empatía debe tenerse siempre en cuenta, pero no se debe abusar ya que puede llegar a irritar al usuario. En cualquier situación donde puede haber algún tipo de fricción entre la interacción con la interfaz el sistema podrá recurrir a lenguaje más empático para aliviar el sentimiento de frustración.

Los mensajes de error en los que se culpabiliza al propio sistema y se pide perdón funcionan a través de un lenguaje más empático.

Este tipo de lenguaje se puede extender a otros entornos para crear una relación más cercana.

No todos los sistemas deben hacer uso de este lenguaje empático. En interfaces más personales como asistentes virtuales, smartphones chatbots son buenas opciones mientras que sistemas que son más cercanos a herramientas como impresoras o cajeros un sistema empático podría llegar a ser frívolo.

5.3.6.3. Porque

Establecer un lenguaje más empático permite al usuario crear vínculos más cercanos con la interfaz que esté ofreciendo asistencia. Estos vínculos hacen que el usuario se vea más inclinado a usar este servicio ya que la satisfacción con este será mayor.

Estos vínculos harán que los errores queden aliviados y que se genere una relación mucho más cercana y de confianza,

El objetivo es imitar relaciones humanas a través del lenguaje.

5.3.6.4. Como

El uso del lenguaje empático reside en tener en cuenta el estado emocional del usuario y ofrecer soporte en casos en los que sea necesario. El soporte no tiene que ser únicamente en

casos en los que el usuario tenga un estado emocional negativo, sino que en casos positivos se puede intentar reforzar este sentimiento.

- S: Morning, Jane!
- S: Do you have a minute?
- U: Yes.
- S: You know the drill -- feeling stressed?
- U: Its there - but not the worst.
- S: Wish it was better. Hope things start looking up.
- S: Thanks so much for all your input. I hope I haven't been too frustrating.

Fig. 37 Ejemplo de dialogo empático.

Preguntas como dar los buenos días, cómo se siente un usuario o de forma esporádica preguntar si necesita algo crea una sensación reconfortante al usuario de que se quiere ayudar.

El sistema también puede recomendar servicios en base a los sentimientos del usuario, aunque esto se tiene que hacer con precaución ya que en caso de este servicio sea de pago el usuario podría sentir que se está manipulando en base a su estado emocional.

5.3.7. Hub basado en emociones

5.3.7.1. Que es

Es una página hub que proporciona aplicaciones que pueden ser útiles en función del estado emocional del usuario.

5.3.7.2. Cuando usarlo

Debe formar parte de la interfaz de usuario a nivel de S.O para ser óptimo.

Los sistemas más apropiados para albergar este patrón son aquellos que tengan una estrecha relación con el usuario. Los smartwatches y smartphones son normalmente el dispositivo que se lleva en el día a día.

- El smartphone es un dispositivo más cómodo para el usuario es más fácil que decida organizar la interfaz el mismo. Las recomendaciones de aplicaciones pueden ser una forma de añadir este patrón.

- Los smartwatches además de tener una interfaz limitada por el espacio también recopilan información del usuario de forma pasiva. El smartwatch es el lugar ideal ya que puede hacer cambios automáticos en base a las detecciones de los sensores y sugerir aplicaciones en aquellos momentos que más se necesiten.

5.3.7.3. Porque

La interfaz proporciona aplicaciones que estén acorde al estado emocional de los usuarios. Las aplicaciones recomendadas son en base a la configuración manual del usuario o de las estadísticas de uso.

En dispositivos pequeños facilita su uso ya que el sistema será capaz de ofrecer al usuario las aplicaciones que más probablemente requieran sin tener que navegar por menús innecesarios.

Algunas emociones permiten ayudar al usuario a sobrellevar esta emoción. Por ejemplo, en momentos de ansiedad el hub propone al usuario una playlist de música, una aplicación de relajación o acceso rápido a llamadas de emergencia.

5.3.7.4. Como

A través de un menú de selección de emociones o bien de la detección pasiva el usuario será llevado a una pantalla con las aplicaciones recomendarse disponibles.

El escritorio puede estar personalizado visualmente para identificar la emoción actual.

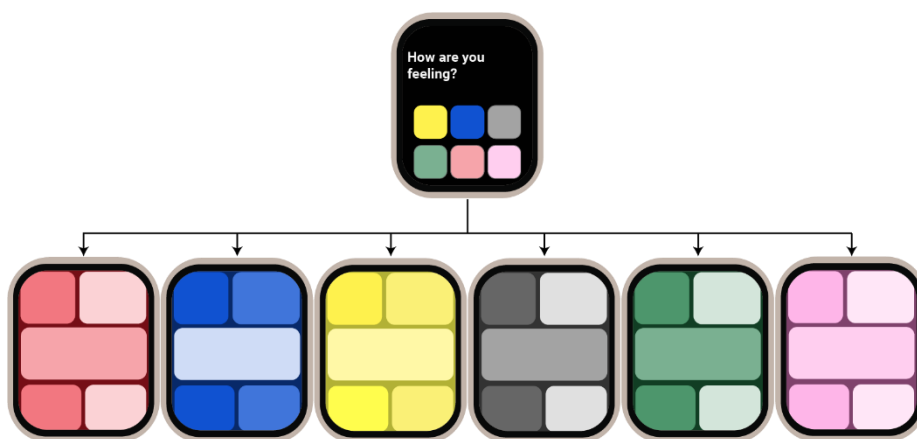


Fig. 38 Ejemplo de adaptación del hub de aplicaciones en base al estado emocional del usuario. Elaboración propia.

5.4. Patrones de captura de usuario

Como se ha comentado en el apartado de computación afectiva las emociones de los usuarios pueden ser captadas desde un punto de vista cognitivista y un punto de vista de cooperación.

Los sistemas cognitivistas por su propia naturaleza tienen ciertas carencias que hay que sortear:

- Pueden requerir de hardware que el usuario no posee o que no es compatible.
- Algunos de los sensores pueden ser ineficientes fuera de laboratorios o incluso tienen que ser manipulados por profesionales.
- Muchos sensores pueden dar falsos positivos debido a diferencias físicas o psicológicas.
- La paradoja del observador hace que los usuarios se sientan vigilados, sesgando la captura de información.
- Muchos sensores son incómodos de usar física o estéticamente.
- Son sistemas invasivos.
- La privacidad de los usuarios tiene que ser tratada con extrema prudencia.

Considerando los puntos anteriores todos los desarrolladores deben tener en consideración si la tecnología aporta valor a su aplicación y si no tienen otras formas más sencillas de obtener esta información. Los costes asociados a la computación afectiva son altos a causa de requerir de material especializado, profesionales con conocimiento sobre psicología sociología etc. Dentro del mercado actual los mayores desarrolladores de computación afectiva se dedican a sistemas de seguridad y militar, sistemas médicos, automovilismo, marketing o videojuegos. En ninguno de los casos son producto de masas y el segmento de mercado interesado es pequeño.

Measure	Abbreviation	Emotional entity measured	Applicability
Heart Rate	HR	Arousal	Simple and cheap, e.g. using pulse watches
Blood Volume Pulse	BVP	Arousal	Relatively inexpensive, signal requires denoising, requires specialized equipment
ElectroCardioGram	ECG (EKG)	Arousal	Requires externally positioned skin electrodes and specialized equipment, time consuming, useful to obtain HR-related signals
Heart Rate Variability	HRV	Valence	Relatively inexpensive, signal requires denoising, requires specialized equipment
ElectroMyoGraphy	EMG	Valence	Requires specialized equipment, time consuming and expensive
ElectroEncephaloGram	EEG	Valence/arousal	Requires specialized equipment, time consuming and expensive
Functional Magnetic Resonance Imaging	fMRI	Valence/arousal	Complex and expensive, bulky equipment, but high resolution
Positron Emission Tomography	PET	Valence/arousal/complex emotions	Complex and expensive, bulky equipment, but high resolution
Functional Near-infrared Spectroscopy	fNIR	Valence/arousal/complex emotions	Portable and cheaper than fMRI, but lower detection depth
ElectroDermalActivity	EDA	Arousal	Easy to employ, signal denoising often necessary, cheap sensors available on the market
Respiratory Sinus Arrhythmia	RSA	Arousal	Relatively inexpensive, requires specialized equipment

Fig. 39 Sensores y marcadores que monitorean y su aplicabilidad.[8]

Los sensores que se muestran en la Fig.35 son un resumen de los sensores que se pueden utilizar en la detección emocional. A destacar el sensor de ritmo cardíaco, EDA y EGG.

En el paradigma cognitivista hay tres excepciones: el audio, las cámaras y el texto. Estos tres sistemas permiten mucha mayor accesibilidad debido a que los smartphones son dispositivos comunes, y en la mayoría de los casos tienen estos sensores. El uso de información textual, visual o auditiva es normalmente accesible. El usuario siempre tiene que estar al corriente de que está siendo monitorizado y debe conocer cómo se están usando sus datos.

5.5. EmotiveChat

EmoChat (emotive chat) es una implementación de diferentes patrones de diseño propuestos dentro de este proyecto. El objetivo del proyecto es demostrar las virtudes y ofrecer una aplicación tangible que demuestre a los desarrolladores las bondades de la computación afectiva dentro de la comunicación entre usuarios.

5.5.1. Diseño inicial

El primer paso dentro de la creación de la aplicación es diseñar la aplicación. Para ello se hizo al inicio un diseño básico de la aplicación. Este incluye los patrones básicos de la aplicación a implementar. Se plantea de inicio como el mínimo producto viable, así que se diseñó un logIn, pantalla de configuración de emociones y chat con marcadores emocionales.

Para conseguir una aplicación visualmente atractiva y accesible se siguió la guía de diseño de material design[84]. Se ha elegido este apartado visual ya que es un lenguaje de diseño universal en casi todas las plataformas actuales y sigue una iconografía y línea de diseño conocida. Además, el framework Flutter está basado en esta estética, así que personalizarlo sería más sencilla.

El diseño de la aplicación se hizo con AdobeXD para tener una aplicación maquetada de inicio a fin. Para consultar el archivo adobeXd consultar el anexo 2.

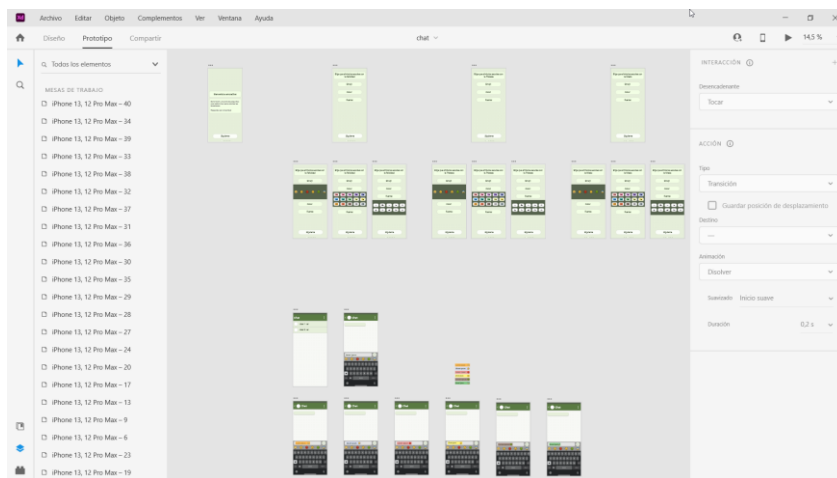


Fig. 40 MockUp realizado en adobeXD. Elaboración propia.

A medida que se fue desarrollado aparecieron distintas necesidades como la pantalla de perfil o una página explicando cómo funciona la aplicación. Estas fueron programadas directamente en la aplicación.

Cambia el estado emocional y con ello los colores de la UI apareció una vez ya se había implementado la funcionalidad básica. Finalmente, no se añadió al mockup en adobeXD, sino que utilizando illustrator para adaptar algunas de las pantallas con las distintas paletas de colores predeterminados.

En un inicio el usuario podía elegir los colores. Esta elección se descartó ya que dar tanta libertad al usuario podía resultar en una aplicación ilegible. Por ello se hicieron paletas de 4 colores. Cada uno y estos colores hacían referencia a: color primario, color secundario, color terciario y color de texto. Se probó que los colores ofrecieran buena visibilidad y se añadieron en la aplicación.

El archivo illustrator con los colores y mockUp están disponibles en el anexo 2.

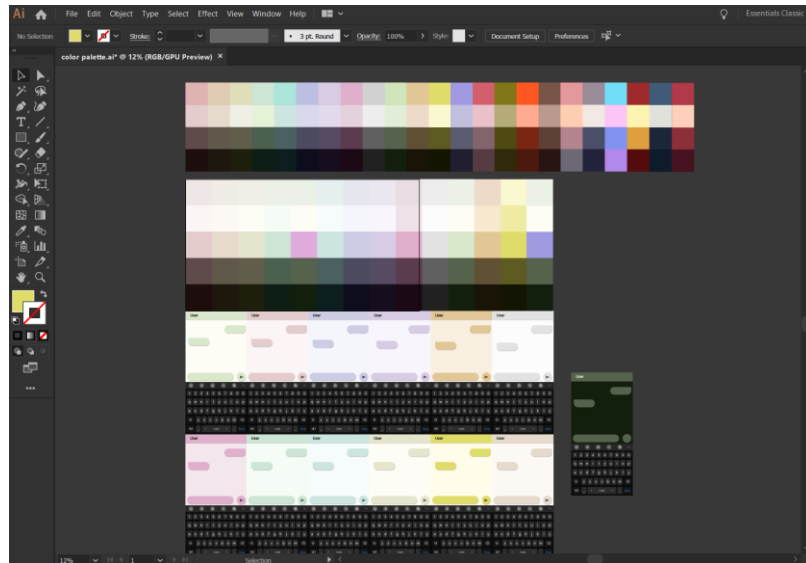


Fig. 41 Mock up y paletas de colores para la adaptación de los colores de la UI. Elaboración propia.

5.5.2. Funcionamiento

La aplicación está dividida en distintas pantallas cada una con su propia funcionalidad relacionada con la computación afectiva.

5.5.2.1. LogIn

La página de logIn hace uso del inicio de sesión de Google para hacer del acceso muy sencillo. El inicio de sesión es fundamental ya que un factor imprescindible de la aplicación es el uso en tiempo real. A causa de que la aplicación intenta mejorar las interacciones humanas, es imprescindible que estas sean lo más fluidas posibles por lo que la aplicación se actualiza cuando algún usuario hace algún tipo de actualización. Añadir un botón de recarga en para actualizar los datos habría generado una rotura de la inmersión.

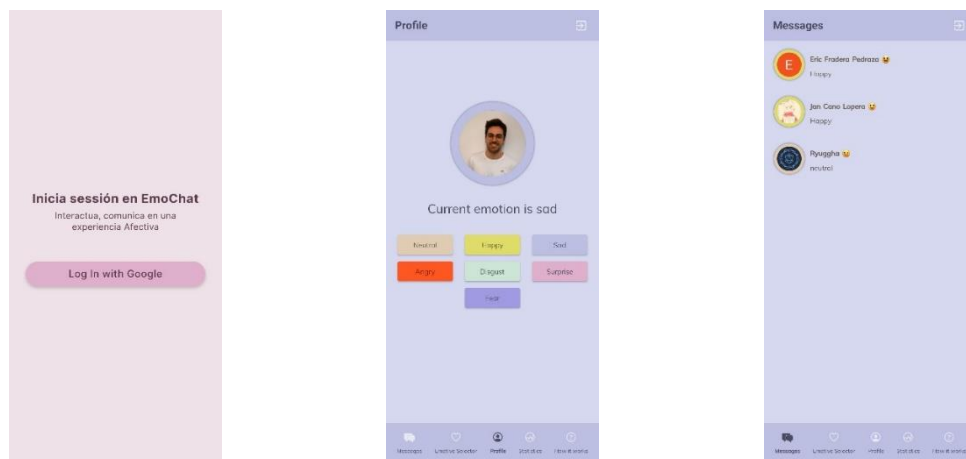


Fig. 42 De izquierda a derecha. Página de log in, página perfil, lista de chats. Elaboración propia.

5.5.2.2. Pantalla Perfil

La página de perfil muestra la imagen actual asociada a tu cuenta de Google, así como una lista de botones con las emociones básicas. El usuario puede modificar en cualquier momento el estado emocional en el que se encuentra. El estado emocional del usuario se muestra principalmente por el aro de color alrededor de la fotografía del usuario. Este cambio emocional será actualizado automáticamente por los usuarios dentro de la aplicación.

Además de mostrar los cambios del estado emocional a otros usuarios la interfaz también se modificará para estar acorde con el estado emocional del usuario. Toda la interfaz modificará todos los colores para adecuarse a el estado de ánimo.

En este momento la adaptación de la interfaz es solo a nivel visual. Otro tipo de adaptaciones se podrían aplicar como filtrar los usuarios por el estado emocional en el que se encuentran u ofrecer asistencia en base a las emociones.

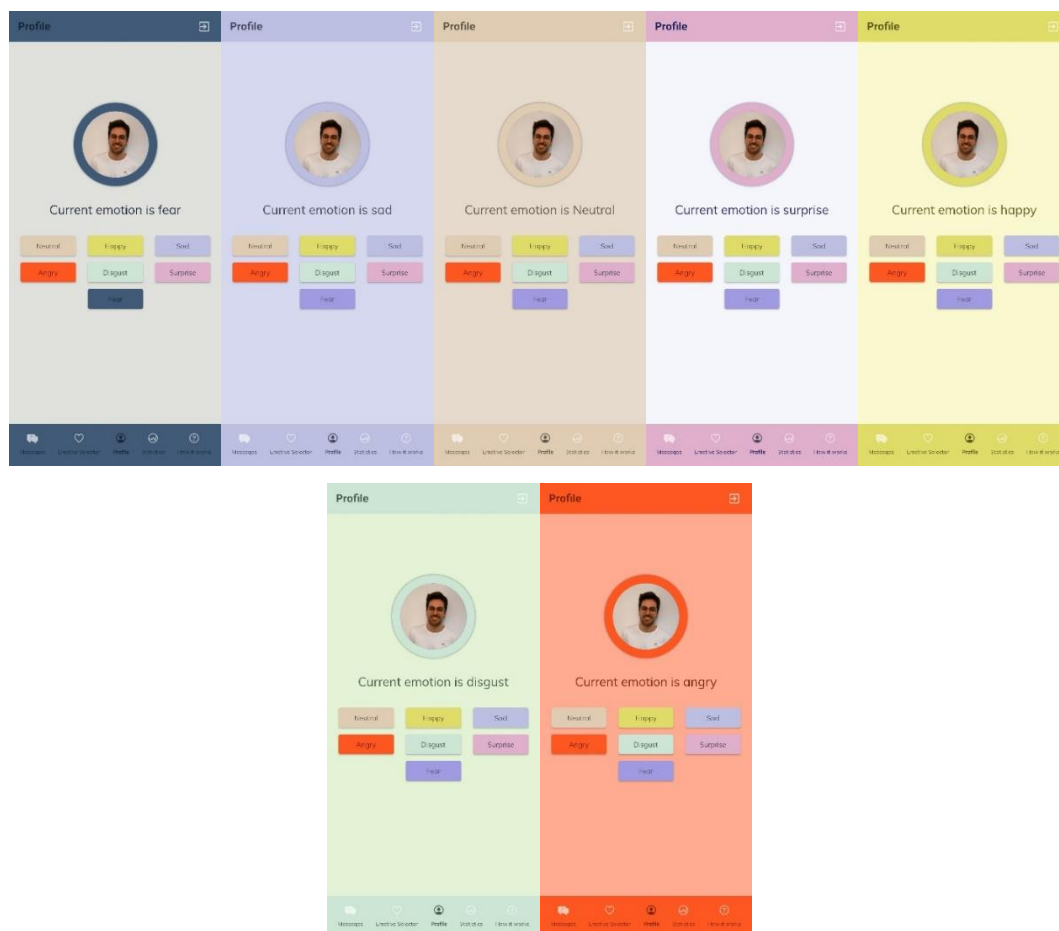


Fig. 43 Temas en función del estado emocional de emochat. Elaboración propia.

5.5.2.3. Emotive selector

Como se ha comentado en diversas ocasiones en este proyecto las emociones son influenciadas fuertemente por la cultura, edad, género e incluso raza. A causa de esto establecer una codificación de emociones estándar dejaría alienada a ciertas partes de la sociedad. Por este motivo se ha añadido el selector emocional, el cual permite la modificación y personalización de la codificación emocional de usuario a usuario.

El sistema permite distintos elementos que modificar

- Fuentes (obtenidas de Google Fonts)
 - Negrita
 - Cursiva
- Color (se muestra el primario, secundario y color de texto)
- Emojis

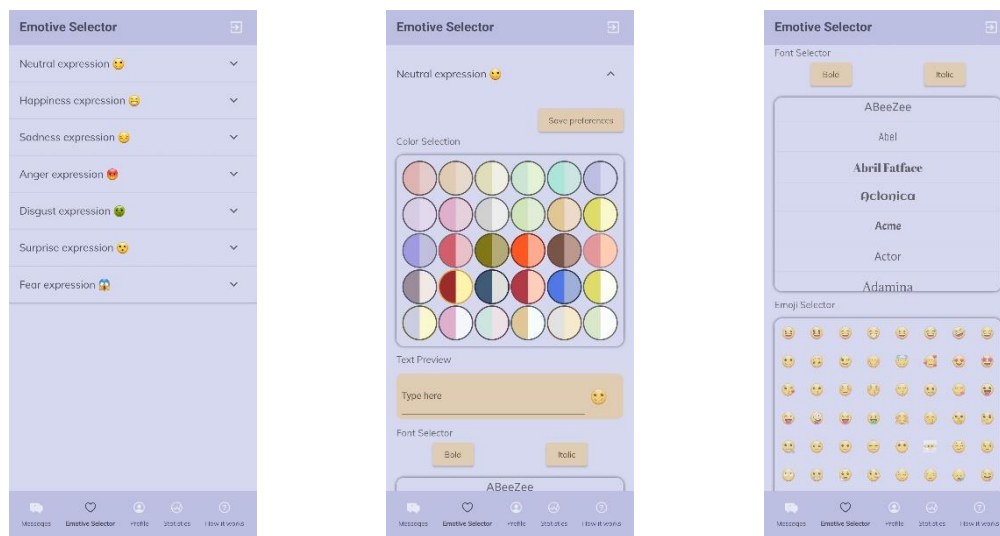


Fig. 44 De izquierda a derecha. Lista de configuración de emociones. Lista de colores y texto ejemplo. Lista con fuentes y emojis. elaboración propia.

A causa de tener centralizado el sistema emocional toda la interfaz se adaptará a las modificaciones, como el color la interfaz o tipografía.

Se ha añadido un campo de texto para que el usuario pueda probar si la selección de colores emoji y fuente son las adecuadas.

5.5.2.4. Chat

El chat funciona utilizando el sistema de expresiones del emotive selector. Cada usuario recibe mensajes con su propia configuración de códigos emocionales. Mientras que un

usuario puede representar una emoción con el color verde, para otro usuario este color puede ser gris, ambos usuarios recibirán esa emoción con el color que ellos consideran apropiado.

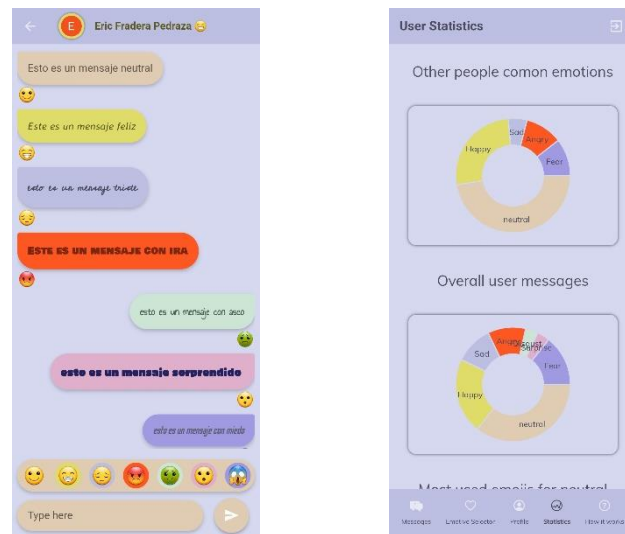


Fig. 45 De izquierda a derecha. Chat con marcación emocional. Pantalla de estadísticas. Elaboración propia.

Encima del cuadro de texto hay un selector con las emociones básicas. El usuario podrá escribir un mensaje sin necesidad de explicitar la intención con tan solo seleccionar la emoción que la representa.

5.5.2.5. Métricas

Esta funcionalidad se ha añadido a causa de que es una aplicación a poca escala con una base de usuarios muy pequeña.

En esta página los usuario o agentes externos podrán observar distintas métricas sobre el estado emocional del usuario.

Algunas de estas métricas son:

- Estado emocional del entorno
- Emociones en base a los mensajes
- Emociones comunes en otros usuarios
- Emociones de los mensajes en general
- Emojis más usados en base a una emoción.
- Colores más usados en base a una emoción.
- Fuentes más usadas en base a una emoción.

Estas métricas son útiles para determinar el estado emocional de ciertos usuarios. Observar que iconos son más usados en función de la población, edad o ver qué estados emocionales son más comunes en función de la hora del día o del día de la semana.

La información obtenida es interesante tanto para el propio usuario para mejorar su autoconocimiento y tener una mayor perspectiva sobre el estado de su entorno como para agentes externos que pueden observar las tendencias y mejorar la comunicación con los usuarios.

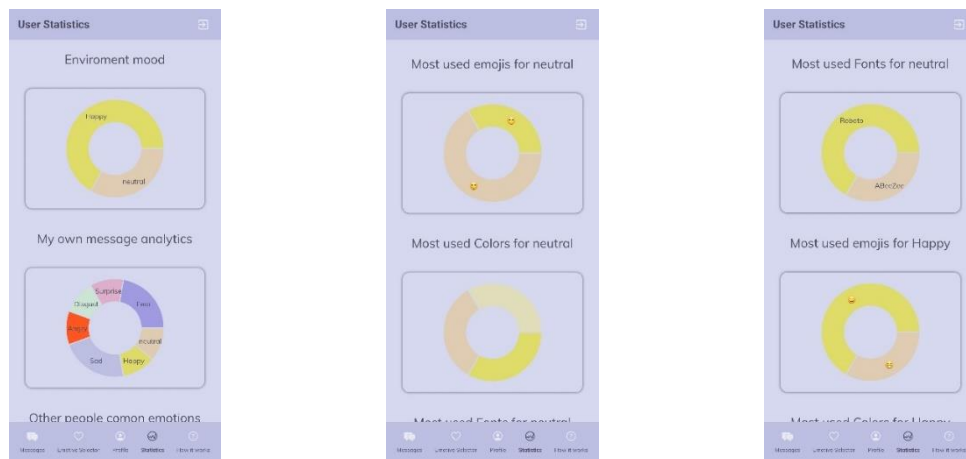


Fig. 46 Gráficos de analíticas de la aplicación. Elaboración propia.

5.5.3. Diseño aplicación

La aplicación ha sido desarrollada utilizando Flutter. Mientras que en la vista se ha programado utilizando los componentes proporcionados por el Flutter para construcción de UI, la lógica de la aplicación está programada en Dart.

La base de datos ha sido desarrollada en Firebase al tener muy buena integración con Flutter[85]. Firebase es una base de datos NoSQL por lo que ha evolucionado a medida que ha ido avanzando el desarrollo.

Se ha elegido Flutter ya que es un framework en crecimiento multiplataforma.

Al inicio del desarrollo se desconocía el uso de Flutter, por lo que fue una buena oportunidad para aprender a utilizarlo. Aunque el aprendizaje requiere de entrar en una metodología de trabajo donde se separan tanto como sea posible los widgets, eventualmente se convirtió en una herramienta muy eficiente con la que en unas pocas horas se podía crear la UI.

El mayor inconveniente que ha generado más retrasos ha sido la constante evolución de Flutter. Al ser un Framework muy nuevo (fue lanzado en 2017), los cambios son constantes, y cualquier información online de más de un año probablemente haya quedado desactualizada.

5.5.3.1. Casos de uso

5.5.3.2. Cambio iconografía en la aplicación

Precondiciones:

- El usuario tiene la aplicación instalada.
- El usuario ha iniciado sesión con su cuenta de Google.

Actor: Usuario de la aplicación

Postcondiciones:

- El usuario ha cambiado su estado de ánimo y el tema de la aplicación ha cambiado acorde.

Flujo principal:

1. El usuario accede a la aplicación
2. El usuario accede a la pantalla de expression page
3. El usuario selecciona la emoción que quiere modificar
4. El usuario selecciona los cambios a modificar y le da al botón de guardar
5. La expresión page comunica a la expressionPageControler los cambios de la emoción
6. La expresión page pide a la expresión page controller que construya el nuevo tema
7. El expressionThemeController modifica el tema en caso de que la emoción sea la actual, sino solo guarda los cambios.

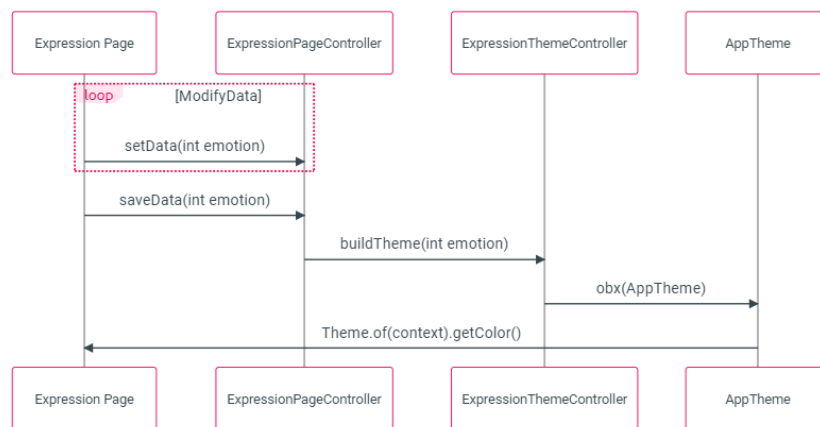
Diagrama de secuencia:

Fig. 47 Diagrama de secuencia de cambio iconografía aplicación. Elaboración propia.

5.5.3.3. Cambiar estado de animo**Precondiciones:**

- El usuario tiene una cuenta en la aplicación y se encuentra en la pantalla de perfil

Actor: El usuario**Postcondiciones:**

El usuario había cambiado su estado tanto en base de datos como en la propia aplicación

Flujo principal:

1. El usuario selecciona su estado emocional
2. El profile page notifica el cambio de emoción al user controller
3. El userController modifica en una variable interna el estado emocional
4. El userController notifica al FireBase controller del cambio de emoción
5. El FirebaseController hace una petición a la base de datos del cambio de emoción

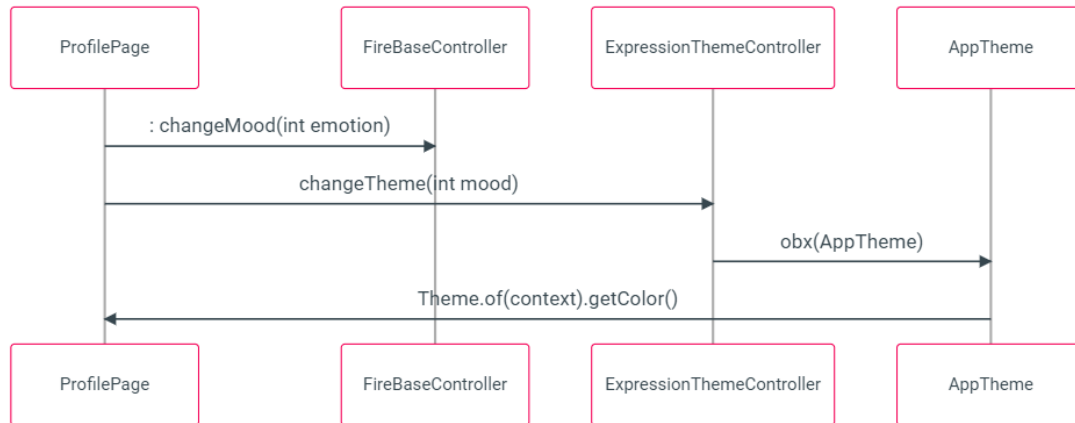
Diagrama de secuencia:

Fig. 48 Diagrama de secuencia de cambio de estado de ánimo. Elaboración propia.

5.5.3.4. Obtener analíticas**Precondiciones:**

El usuario tiene cuenta

Hay datos en la base de datos

Actor: el usuario

Postcondiciones:

El usuario obtendrá un gráfico con analíticas

Flujo principal:

1. El usuario accede a la página de estadísticas
2. La analytics page solicita los datos al analytics controller
3. El analytics controller pide los datos en base de datos a el FirebaseController
4. El Firebase Controller pide los datos y devuelve los datos solicitados
5. El analytics controller modifica los datos para poder ser mostrados en UI
6. El analytics controller devuelve las estadísticas
7. El usuario recibe las estadísticas.

Diagrama de secuencia:

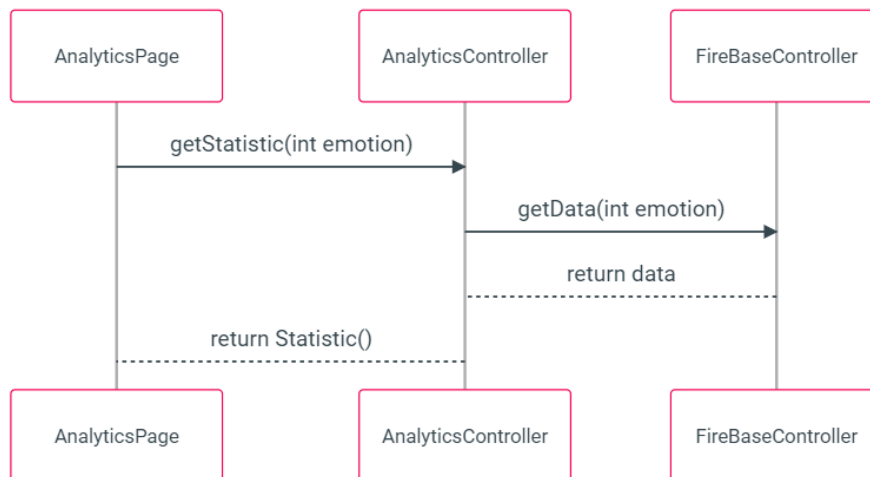


Fig. 49 Diagrama de secuencia de obtener analíticas. Elaboración propia.

5.5.4. Programación de la aplicación

El código está disponible para consultar en el anexo 3.

5.5.4.1. Cambio de estilo

El cambio de estilo de la aplicación ha sido todo un desafío. De forma nativa Flutter permite tener dos temas en la aplicación, una para el modo oscuro y una para el modo claro. Uno de los requerimientos de la aplicación es que se pueda cambiar los colores de la aplicación en cualquier momento y que además fuera totalmente configurable.

Para conseguir cumplir estos dos requerimientos se hizo uso de una variable observable y la librería GetX.

Durante la construcción de la aplicación aparece el siguiente código:

```

Widget build(BuildContext context) {
  return Obx(() => GetMaterialApp(
    debugShowCheckedModeBanner: false, //turn on for debug flag
    theme: Get.put(ExpressionThemeController()).current.value,
    title: 'Emotive Chat',
    home: const LoginScreen(),
  ));
}
  
```

En el apartado theme se establece el tema de la aplicación. La creación de este widget está rodeado por Obx() el cual construye el widget en caso de que la variable observada sea modificada. La variable que se está observando es el tema. A través de inyección de dependencias con getX se añade en theme: la variable del tema local. En la clase ExpressionThemeController hay la variable current que guarda el tema actual. Si algún método modifica esta variable la aplicación construye el tema y actualiza la aplicación.

A través de los botones de la profile page se llama a este método que hace el cambio de tema.

5.5.4.2. Construcción de estilo

Para construir un nuevo tema se ejecuta la función buildTheme, que se encarga de crear de nuevo un objeto de tipo ThemeData y guardarlo en current.

```
ThemeData buildTheme(int emotion) {
  return ThemeData(
    brightness: Brightness.light,
    colorScheme: ColorScheme.fromSwatch().copyWith(
      primary: _theme.primary[emotion],
      secondary: _theme.secondary[emotion],
      tertiary: _theme.tertiaryColor[emotion]),
    appBarTheme: AppBarTheme(
      iconTheme:
        const IconThemeData(color: Color.fromARGB(173, 255, 255,
255)),
      titleTextStyle: TextStyle(color: _theme.tertiaryColor[emotion])),
    textTheme: GoogleFonts.mulishTextTheme()
      .apply(bodyColor: _theme.textColor[emotion]),
    backgroundColor: _theme.secondary[emotion],
    scaffoldBackgroundColor: _theme.secondary[emotion],
    cardColor: _theme.secondary[emotion],
    iconTheme: const IconThemeData(color: Colors.black),
  );
}
```

En expressionThemeController también se guarda el objeto _theme de tipo ExpressionTheme. ExpressionTheme es una clase que guarda para cada emoción los valores de:

- Color primario
- Color secundario

- Color de texto
- Emojis
- Texto en cursiva
- Texto en negrita

Cada elemento tiene su propia lista ordenados en base al siguiente enum:

```
enum ThemeType { neutral, happy, sad, angry, disgust, surprise, fear }
```

Este objeto de tipo ExpressionTheme se puede modificar a través de métodos set en la configuración de la expression page.

5.5.4.3. Guardado en base de datos

Los datos del usuario, mensaje y tema se guardan cada uno en su propio objeto. Estas clases tiene un método toJson y fromJson que permiten guardar el objeto en base de datos y reconstruirlo con el objeto tipo Json.

```
Map<String, dynamic> toJson(int emotion, String uid) => {
    'uid': uid,
    'emotion': emotion,
    'primary': primary[emotion].value,
    'secondary': secondary[emotion].value,
    'tertiaryColor': tertiaryColor[emotion].value,
    'textColor': textColor[emotion].value,
    'emojiExpression': emojiExpression[emotion],
    'textFont': textFont[emotion],
    'isItalic': isItalic[emotion],
    'isBold': isBold[emotion]
};

void fromJson(Map<String, dynamic> json) {
    final emotion = json['emotion'];
    primary[emotion] = Color(json['primary']);
    secondary[emotion] = Color(json['secondary']);
    tertiaryColor[emotion] = Color(json['tertiaryColor']);
    textColor[emotion] = Color(json['textColor']);
    emojiExpression[emotion] = json['emojiExpression'];
    textFont[emotion] = json['textFont'];
    isItalic[emotion] = json['isItalic'];
    isBold[emotion] = json['isBold'];
}
```

La metodología de guardado y recuperado en base de datos es similar para las tres clases.

En el caso del tema, para obtenerlo de base de datos se hace de la siguiente manera:

```
Future<QuerySnapshot<Map<String, dynamic>>> getTheme(int index) async {
  final query = await db
    .collection('userThemes')
    .where('uid', isEqualTo: myUser.uid)
    .where("emotion", isEqualTo: index)
    .get();
  if (query.docs.isNotEmpty) {
    themeDocRef[index] = query.docs.single.reference.id;
  }
  update();
  return query;
}
```

En este método se hace una petición a la colección *themedata* donde el id del usuario sea el del objeto *myUser*. Para poder actualizar el *themeData* se requiere de la referencia del documento, así que la primera vez que se obtienen los temas en el log in se guardan las referencias del tema para evitar hacer 2 peticiones.

Un tema solo se crea la primera vez que un usuario accede a la aplicación. La aplicación comprueba que el usuario tiene un tema para cada emoción, si no, crea ese tema en base a los valores por defecto. Se guarda un tema por emoción.

```
Future<void> createTheme() async {
  for (int i = 0; i < 7; i++) {
    var query = await getTheme(i);
    while (query.docs.isEmpty) {
      db
        .collection("userThemes")
        .add(Get.put(ExpressionThemeController()).toJson(i,
myUser.uid));
      query = await getTheme(i);
    }
    Get.put(ExpressionThemeController()).setJson(i, query.docs[0].data());
  }
}
```

Para actualiza el tema solo se requiere de la referencia al documento de firebase:

```
Future<void> updateTheme(int emotion) async {
  await db.collection("userThemes").doc(themeDocRef[emotion]).update(
    Get.put(ExpressionThemeController()).toJson(emotion, myUser.uid));
}
```

5.5.4.4. Widgets en tiempo real

Mantener la aplicación en tiempo real es fundamental para la inmersión. Para conseguir que los widgets se actualizan en tiempo real se hace uso de un StreamBuilder:

```
Widget _responsiveProfile() {
  return StreamBuilder(
    stream: FirebaseFirestore.instance
      .collection("users")
      .where('uid', isEqualTo: Get.put(UserController()).myUser.uid)
      .snapshots(),
    builder: (BuildContext context, AsyncSnapshot<QuerySnapshot>
snapshot) {
      if (!snapshot.hasData) {
        return const Center(
          child: CircularProgressIndicator(),
        );
      }
      return Column(
        children: snapshot.data!.docs.map((document) {
          return Profile.large(
            url: document["photoUrl"], mood: document["mood"]);
        }).toList(),
      );
    });
}
```

El streambuilder sólo se actualiza en caso de que haya algún tipo de actualización. Si se modifica en base de datos un elemento que el streamBuilder está observando se le notificará y reconstruirá el widget con la nueva información.

5.5.4.5. Creación de estadísticas

Las estadísticas funcionan en tiempo real y permiten ver los cambios en el entorno y en uno mismo. Estos cambios también se actualizan en tiempo real a través del streamBuilder. Los gráficos se crean con Fl_charts, ya que permiten la actualización en tiempo real, además de animarlos al actualizarse.

El método obtiene los datos en base de datos y le pasa el documento a getMesData el cual retorn los sectores para que el buildPie puede construir el gráfico de sectores.

```
Widget _messageStatistics() {
  return StreamBuilder(
    stream: Get.put(UserController()).getMesAnalytics(),
```

```
builder: (BuildContext context, AsyncSnapshot<QuerySnapshot>
snapshot) {
  if (!snapshot.hasData) {
    return const Center(
      child: CircularProgressIndicator(),
    );
  }
  return Column(children: [
    title("My own message analytics"),
    buildPie(controller.getMesData(snapshot, 0)),
    title("Other people comon emotions"),
    buildPie(controller.getMesData(snapshot, 1)),
    title("Overall user messages"),
    buildPie(controller.getMesData(snapshot, 2))
  ]);
});
}
```

5.5.4.6. Cambio de texto

El cambio de texto se hace a través del `_textBaeState`. Se muestran los emojis de cada emoción encima del cuadro de texto. Se declara una variable `int` que gestiona los estados del cuadro de texto. Cuando alguno de los botones de los emojis se pulse se modificará el estado, y con ello el tema del texto. Es fundamental que esto se haga en un `statefulWidget`, sino este no se actualiza.

Para consultar el cambio de texto dirigirse a el anexo 3.

6. Conclusiones

A través de este proyecto se ha investigado la computación afectiva como disciplina de diseño en interfaces de usuario. Las conclusiones quedarán divididas en dos apartados: el proyecto de investigación y la computación afectiva como disciplina.

Empezando por la investigación, ha sido un proyecto de dimensiones mucho mayores de lo que puede proporcionar este TFG. Por un lado, ha requerido de conocimientos dentro de disciplinas fuera de la ingeniería del software como la psicología y la sociología. Aunque se ha sorteado utilizando fuentes confiables y con la consulta de algunos contenidos con una psicóloga sigue siendo una base que requiere de iteración. Aun así, se ha investigado y comentado teorías del ámbito de la computación afectiva a un nivel que cualquier ingeniero de software puede entender. Ha sucedido de forma similar con la parte de detección pasiva el cual ya podría ser un proyecto en sí mismo.

Aunque llegar a un nivel de profundidad mayor habría sido ideal, las bases que proporciona este TFG son lo suficientemente sólidas para que cualquier diseñador de interfaces pueda entender cualquier aplicación o paper relacionado con la computación afectiva. Aun así, el propio desarrollo de aplicaciones de computación afectiva requiere casi obligatoriamente de la supervisión de un psicólogo. La guía propuesta tiene los conocimientos suficientes para poder establecer una comunicación fluida con especialistas del sector.

Esta extensión y profundidad del TFG es parte de la computación afectiva. Por la forma en la que está concebida esta requiere de profesionales con áreas del conocimiento muy distintas. Dentro de un equipo de investigación de computación afectiva pueden formar parte: diseñadores, psicólogos, sociólogos, ingenieros de software... La propia disciplina requiere de muchas áreas de conocimiento en profundidad que no pueden ser suplidas por un solo individuo. Lo que proporciona son unas bases, unos conceptos clave y líneas de diseño dirigidas a diseñadores de software para que puedan tener un diálogo fluido dentro de un equipo con disciplinas tan distintas.

Por otro lado, se ha desarrollado un kit de desarrollo de computación afectiva utilizando mkdocs el cual ha resultado ser un rotundo acierto. El kit vía web permite que el contenido se actualice constantemente para estar al día de nuevos avances o cambios dentro del desarrollo de la computación afectiva. Por otro lado, la combinación de Flutter con Firebase ha supuesto una combinación de aciertos y malas decisiones. Por un lado, Flutter ha ofrecido

un framework que permite desarrollar a gran velocidad en poco tiempo, mientras que Firebase al ser un base de datos NoSQL ha permitido cambiar la estructura de datos hasta el final del desarrollo. Ahora bien, Flutter es un framework bastante reciente, y aunque existe una gran cantidad de documentación online, sí que cualquier post online que tuviera más de un año probablemente contiene información desactualizada con funciones que han sido deprecadas en la última versión. Esto añadido a que se ha usado muy poco con anterioridad hizo que al inicio fuera un desarrollo lento, aunque a medida que avanzó el desarrollo se aceleró. Flutter tiene mucho potencial, pero necesita llegar a un estado de maduración para poder usarse en producción.

El segundo apartado es sobre la computación afectiva. Durante este proyecto se han observado las bases, diferentes líneas de diseño y se ha observado los proyectos activos. La foto que se ha creado de la computación afectiva es una de claroscuros.

La computación afectiva tiene aplicaciones muy interesantes, sobre todo relacionadas con la salud, psicología... Pero esto es en parte eclipsado por todas las aplicaciones que pueden ser peligrosas para los usuarios como el control de población, la manipulación emocional, el neuromarketing etc. A medida que se establecen patrones interesantes que pueden mejorar la vida de los usuarios, aparecen muchas aplicaciones que requieren de una examinación ética rigurosa. En gran medida lo que se requiere es de algún tipo de regulación que bloquee estas prácticas maliciosas. El problema que tiene es el lento avance de la computación afectiva.

Este avance lento no viene de la maduración de la disciplina, sino de que en la mayoría de las ocasiones un diseño más tradicional obtiene unos resultados muy parecidos siendo más sencillas de aplicar y teniendo menos riesgo. Este último punto es más cierto por los puntos de vista más cognitivistas que requieren de dispositivos muy caros, mientras que uno más cooperativistas podría llegar a integrarse en una línea más tradicional simplemente por tener en cuenta las emociones de los usuarios. Donde brilla la línea cognitivista es en aplicaciones que de verdad requieren de input fisiológico como aplicaciones de deporte o salud.

Y otro gran inconveniente de la computación afectiva son los costes de desarrollo. No solo requiere de personal cualificado en psicología o ramas más humanas, sino que además los desarrollos se encarecen al deber tener en cuenta las emociones. El contenido adaptativo requiere de ramas en función de las emociones, si una aplicación tiene que adaptar la interfaz

en función de las emociones aumenta los costes del desarrollo de la aplicación. Este tipo de desarrollos necesitan de tener desde el primer momento la computación afectiva en el centro del desarrollo. Esto no implica que no se deba utilizar nunca, sino que solo en aplicaciones que de verdad aporte un beneficio substancial para los usuarios y para el negocio se tendrá que plantear dentro del desarrollo.

La computación afectiva se encuentra en una posición compleja. Aunque es cierto que está teniendo un repunte en popularidad por la mejora de los wearables o la detección de emociones sigue teniendo los mismos problemas que en su creación. Unos costes de desarrollo elevados, las diferencias culturales y la necesidad de adaptarse a ellas, como responder a las emociones de los usuarios y las implicaciones éticas y de privacidad que implican. Han pasado casi 50 años desde su conceptualización y se siguen haciendo las mismas preguntas que al inicio, y probablemente se seguirán haciendo durante bastante más tiempo.

7. Futuras ampliaciones

Las ampliaciones de este proyecto vienen principalmente de ampliar el kit. De forma previa los patrones de computación afectiva eran una cosa anecdótica por no decir inexistentes. Se requiere de ampliar el catálogo de patrones de diseño, mejorar las recomendaciones de sensores y en general de ampliar todos los elementos del kit. Estar hecho en formato web permite una ampliación a medida que aparezcan avances.

8. Bibliografía

- [1] R. W. Picard, R. López de Mantaras, I. Morgado Bernal, and L. Edwards, “Los ordenadores emocionales,” 1998, Accessed: Jan. 15, 2022. [Online]. Available: <https://www.casadellibro.com/libro-los-ordenadores-emocionales/9788434411845/628196>
- [2] K. Boehner, R. DePaula, P. Dourish, and P. Sengers, “How emotion is made and measured,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 65, no. 4, pp. 275–291, Apr. 2007, doi: 10.1016/J.IJHCS.2006.11.016.
- [3] C. Darwin, “The Expression of the Emotions in Man and Animals, Anniversary Edition,” p. 507, 2009, Accessed: Apr. 16, 2022. [Online]. Available: <http://www.amazon.co.uk/Expression-Emotions-Animals-Anniversary-Edition/dp/0195392280>
- [4] A. Bechara, H. Damasio, and A. R. Damasio, “Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex,” *Cerebral Cortex*, vol. 10, no. 3, pp. 295–307, Mar. 2000, doi: 10.1093/CERCOR/10.3.295.
- [5] “MAS.630F15 Weeks 1-3 | Affective Computing | Media Arts and Sciences | MIT OpenCourseWare.” https://ocw.mit.edu/courses/mas-630-affective-computing-fall-2015/resources/mitmas_630f15_weeks1-3/ (accessed Jun. 10, 2022).
- [6] EDGAR P. TORRES¹, EDGAR ALEJANDRO TORRES², MYRIAM HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, and AND SANG GUUN YOO¹, “Emotion Recognition Related to Stock Trading Using Machine Learning Algorithms With Feature Selection”, Accessed: Apr. 15, 2022. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9247095>
- [7] S. E. Zohora, A. M. Khan, A. K. Srivastava, N. G. Nguyen, and N. Dey, “A Study of the State of the Art in Synthetic Emotional Intelligence in Affective Computing,” <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/IJSE.2016010101>, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, Jan. 1AD, doi: 10.4018/IJSE.2016010101.

- [8] R. Calvo, S. D’Mello, J. Gratch, A. Kappas, and J. Healey, “Physiological Sensing of Emotion,” *The Oxford Handbook of Affective Computing*, Jan. 2015, doi: 10.1093/OXFORDHOB/9780199942237.013.023.
- [9] William. Labov, “Sociolinguistic patterns,” p. 344, 1978.
- [10] K. Battarbee and I. Koskinen, “Co-experience: user experience as interaction”, doi: 10.1080/15710880412331289917.
- [11] Otniel Dror, “Counting the Affects: Discoursing in Numbers.” <https://www.jstor.org/stable/40971462> (accessed Apr. 16, 2022).
- [12] “The Domain of Emotion Words on Ifaluk on JSTOR.” <https://www.jstor.org/stable/644315> (accessed Jun. 10, 2022).
- [13] J. (John C.) McCarthy and P. (Peter C. Wright, “Technology as experience,” p. 211, 2004.
- [14] R. el Kaliouby and P. Robinson, “FAIM,” p. 244, 2004, doi: 10.1145/964442.964493.
- [15] J. Ängeslevä, C. Reynolds, and S. O’Modhrain, “EmoteMail,” p. 9, 2004, doi: 10.1145/1186415.1186426.
- [16] D. Lopez-Martinez, N. El-Haouij, and R. Picard, “Detection of Real-world Driving-induced Affective State Using Physiological Signals and Multi-view Multi-task Machine Learning,” *2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos, ACIIW 2019*, pp. 356–361, Jul. 2019, doi: 10.1109/ACIIW.2019.8925190.
- [17] S. Zepf, N. el Haouij, W. Minker, J. Hernandez, and R. W. Picard, “EmpathicGPS: Exploring the role of voice tonality in navigation systems during simulated driving,” *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, Apr. 2020, doi: 10.1145/3334480.3382935.
- [18] S. Zepf, N. el Haouij, J. Lee, A. Ghandeharioun, J. Hernandez, and R. W. Picard, “Studying Personalized Just-in-time Auditory Breathing Guides and Potential Safety Implications during Simulated Driving,” *UMAP 2020 - Proceedings of the 28th ACM*

- Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, pp. 275–283, Jul. 2020, doi: 10.1145/3340631.3394854.
- [19] “Softbank Robotics enhances Pepper the robot’s emotional intelligence | VentureBeat.” <https://venturebeat.com/2018/08/28/softbank-robotics-enhances-pepper-the-robots-emotional-intelligence/> (accessed Feb. 04, 2022).
- [20] “Google AI Blog: Google Duplex: An AI System for Accomplishing Real-World Tasks Over the Phone.” <https://ai.googleblog.com/2018/05/duplex-ai-system-for-natural-conversation.html> (accessed Feb. 10, 2022).
- [21] “Affective computing and medical informatics: state of the art in emotion-aware medical applications - PubMed.” <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18487783/> (accessed Feb. 04, 2022).
- [22] L. F. Barrett, R. Adolphs, S. Marsella, A. M. Martinez, and S. D. Pollak, “Emotional Expressions Reconsidered: Challenges to Inferring Emotion From Human Facial Movements,” *Psychological Science in the Public Interest*, vol. 20, no. 1, pp. 1–68, Jul. 2019, doi: 10.1177/1529100619832930.
- [23] “Apple’s study to detect mood with iPhone data raises eyebrows.” <https://www.fastcompany.com/90678993/apple-depression-study-iphone-data-emotion-ai-flaws> (accessed Feb. 04, 2022).
- [24] “Healthcare Clinical Documentation AI Solutions & Services for the NHS | Nuance UK.” <https://www.nuance.com/en-gb/healthcare.html> (accessed Feb. 04, 2022).
- [25] J. A. Russell, “Emotions and Affect in Human Factors and Human-Computer Interaction Cross-Cultural Similarities and Differences in Affective Processing and Expression,” *Emotions and Affect in Human Factors and Human-Computer Interaction*, pp. 123–141, 2017, Accessed: Feb. 04, 2022. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-801851-4.00004-5>
- [26] “E3 2009: Project Natal Milo demo - YouTube.” https://www.youtube.com/watch?v=CPIbGnBQcJY&ab_channel=AndruEdwards (accessed Feb. 04, 2022).

- [27] “Brain-Computer Interfaces: One Possible Future for How We Play - YouTube.” https://www.youtube.com/watch?v=Qhj3C1H5JWo&t=2199s&ab_channel=GDC (accessed Feb. 04, 2022).
- [28] W. B. Cannon, “The James-Lange Theory of Emotions: A Critical Examination and an Alternative Theory,” *The American Journal of Psychology*, vol. 39, no. 1/4, p. 106, Dec. 1927, doi: 10.2307/1415404.
- [29] B. R. Steunebrink, M. Dastani, and J.-J. Ch Meyer, “The OCC Model Revisited”.
- [30] A. Ortony, “From Cognition to Emotion: An Overview of OCC”.
- [31] G. Marañón, “Contribución al estudio de la acción emotiva de la adrenalina,” <http://dx.doi.org/10.1080/02109395.1985.10821419>, vol. 6, no. 21, pp. 75–89, Jan. 2014, doi: 10.1080/02109395.1985.10821419.
- [32] R. Reisenzein, “Arnold’s Theory of Emotion in Historical Perspective”, doi: 10.1080/02699930600616445.
- [33] Lazarus, “Emotion & Adaption,” *American Sociological Association*, vol. 21, no. 4, pp. 522–523, 2016.
- [34] N. Zagalo, A. Torres, and V. Branco, “Emotional spectrum developed by virtual storytelling,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 3805 LNCS, pp. 105–114, 2005, doi: 10.1007/11590361_12.
- [35] P. Ekman, “Expresiones faciales de la emoción,” *Annual review of Psychology*, 1979, doi: 10.1080/02109395.1981.10821273.
- [36] J. Mizgajski and M. Morzy, “Affective recommender systems in online news industry: how emotions influence reading choices,” *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 29, no. 2, pp. 345–379, Apr. 2019, doi: 10.1007/S11257-018-9213-X.
- [37] A. García-Molina, “Phineas Gage and the enigma of the prefrontal cortex,” *Neurología (English Edition)*, vol. 27, no. 6, pp. 370–375, Jul. 2012, doi: 10.1016/J.NRLENG.2010.03.002.

- [38] A. R. Damasio and J. Ros, “El error de Descartes : la emoción, la razón y el cerebro humano,” 2019.
- [39] M. W. Halterman, “Neuroscience, 3rd Edition,” *Neurology*, vol. 64, no. 4, pp. 769-769-a, Feb. 2005, doi: 10.1212/01.WNL.0000154473.43364.47.
- [40] R. Calvo *et al.*, “Neuroscientific Perspectives of Emotion,” *The Oxford Handbook of Affective Computing*, Jan. 2015, doi: 10.1093/OXFORDHB/9780199942237.013.016.
- [41] D. Gökçay and G. Yildirim, “Affective computing and interaction: Psychological, cognitive and neuroscientific perspectives,” *Affective Computing and Interaction: Psychological, Cognitive and Neuroscientific Perspectives*, pp. 1–438, 2010, doi: 10.4018/978-1-61692-892-6.
- [42] “Marcadores emocionales - Computación Afectiva.” https://ericfradera.github.io/computacion_afectiva/Teoria%20de%20las%20emociones/Marcadores%20emocionales.html (accessed Jun. 15, 2022).
- [43] R. Calvo, S. D’Mello, J. Gratch, A. Kappas, J. Gratch, and S. C. Marsella, “Appraisal Models,” *The Oxford Handbook of Affective Computing*, Jan. 2015, doi: 10.1093/OXFORDHB/9780199942237.013.015.
- [44] R. W. Picard, “Affective computing: challenges,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 59, no. 1–2, pp. 55–64, Jul. 2003, doi: 10.1016/S1071-5819(03)00052-1.
- [45] “(PDF) The OCC model revisited.” https://www.researchgate.net/publication/228952254_The_OCC_model_revisited (accessed Apr. 14, 2022).
- [46] J. A. Russell, “Cross-Cultural Similarities and Differences in Affective Processing and Expression,” *Emotions and Affect in Human Factors and Human-Computer Interaction*, pp. 123–141, Jan. 2017, doi: 10.1016/B978-0-12-801851-4.00004-5.
- [47] J. Posner, J. A. Russell, and B. S. Peterson, “The circumplex model of affect: an integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and

- psychopathology,” *Dev Psychopathol*, vol. 17, no. 3, pp. 715–734, Jul. 2005, doi: 10.1017/S0954579405050340.
- [48] “(PDF) Smart Techniques for Emotional Status Detection of Students During Classroom Attendance.” https://www.researchgate.net/publication/309155399_Smart_Techniques_for_Emotional_Status_Detection_of_Students_During_Classroom_Attendance#pf2 (accessed Jun. 11, 2022).
- [49] S. Poria, E. Cambria, R. Bajpai, and A. Hussain, “A review of affective computing: From unimodal analysis to multimodal fusion,” *Information Fusion*, vol. 37, pp. 98–125, Sep. 2017, doi: 10.1016/J.INFFUS.2017.02.003.
- [50] “Multimodal Interaction with W3C Standards: Toward Natural User Interfaces to ... - Google Llibres.” https://books.google.es/books?id=VNaGDQAAQBAJ&pg=PA65&lpg=PA65&dq=EmotionML+Felix+Burkhardt,+Catherine+Pelachaud,+Bj%E2%82%ACorn+W.+Schuller,+and+Enrico+Zovato&source=bl&ots=2A7EsROAXT&sig=ACfU3U2y0AgS3lpoMZTeliwJCA33A_vK_A&hl=ca&sa=X&ved=2ahUKEwjf1PaduZT3AhUSzYUKHcFCAIoQ6AF6BAgCEAM#v=onepage&q=EmotionML%20Felix%20Burkhardt%2C%20Catherine%20Pelachaud%2C%20Bj%E2%82%ACorn%20W.%20Schuller%2C%20and%20Enrico%20Zovato&f=false (accessed Apr. 14, 2022).
- [51] D. B. Geselowitz, “On the Theory of the Electrocardiogram,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 77, no. 6, pp. 857–876, 1989, doi: 10.1109/5.29327.
- [52] Z. Tong, X. Chen, Z. He, K. Tong, Z. Fang, and X. Wang, “Emotion Recognition Based on Photoplethysmogram and Electroencephalogram,” *Proceedings - International Computer Software and Applications Conference*, vol. 2, pp. 402–407, Jun. 2018, doi: 10.1109/COMPSAC.2018.10266.
- [53] “The Oxford Handbook of Affective Computing,” *The Oxford Handbook of Affective Computing*, Jan. 2015, doi: 10.1093/OXFORDHOB/9780199942237.001.0001.
- [54] P. Aspinall, P. Mavros, R. Coyne, and J. Roe, “The urban brain: Analysing outdoor physical activity with mobile EEG,” *British Journal of Sports Medicine*, vol. 49, no. 4, pp. 272–276, Feb. 2015, doi: 10.1136/BJSPORTS-2012-091877.

- [55] “Electromiografía y estudios de conducción nerviosa: Prueba de laboratorio de MedlinePlus.” <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/electromiografia-y-estudios-de-conduccion-nerviosa/> (accessed Jun. 14, 2022).
- [56] J. W. Tan *et al.*, “Facial electromyography (fEMG) activities in response to affective visual stimulation,” *IEEE SSCI 2011 - Symposium Series on Computational Intelligence - WACI 2011: 2011 Workshop on Affective Computational Intelligence*, pp. 45–49, 2011, doi: 10.1109/WACI.2011.5953144.
- [57] A. Greco, G. Valenza, L. Citi, and E. P. Scilingo, “Arousal and valence recognition of affective sounds based on electrodermal activity,” *IEEE Sensors Journal*, vol. 17, no. 3, pp. 716–725, 2017, doi: 10.1109/JSEN.2016.2623677.
- [58] R. Calvo, S. D’Mello, J. Gratch, A. Kappas, J. F. Cohn, and F. de La Torre, “Automated Face Analysis for Affective Computing,” *The Oxford Handbook of Affective Computing*, Jan. 2015, doi: 10.1093/OXFORDHB/9780199942237.013.020.
- [59] Ph. D. Paul Ekman, Ph. D. Wallace V. Friesen, and Ph. D. Joseph C. Hager, *Facial Action Coding System*. 2002.
- [60] E. Sariyanidi, H. Gunes, and A. Cavallaro, “The Role of Registration and Representation in Facial Affect Analysis,” *Emotions and Affect in Human Factors and Human-Computer Interaction*, pp. 289–309, Apr. 2017, doi: 10.1016/B978-0-12-801851-4.00012-4.
- [61] “Expresiones Faciales - Computación Afectiva.” https://ericfradera.github.io/computacion_afectiva/Monitoraje%20Pasivo/Expresiones%20faciales.html (accessed Jun. 15, 2022).
- [62] A. Chowanda, R. Sutoyo, Meiliana, and S. Tanachutiwat, “Exploring Text-based Emotions Recognition Machine Learning Techniques on Social Media Conversation,” *Procedia Computer Science*, vol. 179, pp. 821–828, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.PROCS.2021.01.099.

- [63] F. A. Acheampong, C. Wenyu, and H. Nunoo-Mensah, “Text-based emotion detection: Advances, challenges, and opportunities,” *Engineering Reports*, vol. 2, no. 7, p. e12189, Jul. 2020, doi: 10.1002/ENG2.12189.
- [64] “NRC Emotion Lexicon.” <https://saifmohammad.com/WebPages/NRC-Emotion-Lexicon.htm> (accessed Jun. 11, 2022).
- [65] F. Burkhardt, C. Pelachaud, B. W. Schuller, and E. Zovato, “EmotionML,” *Multimodal Interaction with W3C Standards: Toward Natural User Interfaces to Everything*, pp. 65–80, Jan. 2016, doi: 10.1007/978-3-319-42816-1_4.
- [66] S. Poria, E. Cambria, R. Bajpai, and A. Hussain, “A review of affective computing: From unimodal analysis to multimodal fusion,” *Information Fusion*, vol. 37, pp. 98–125, Sep. 2017, doi: 10.1016/J.INFFUS.2017.02.003.
- [67] S. Poria, E. Cambria, R. Bajpai, and A. Hussain, “A review of affective computing: From unimodal analysis to multimodal fusion,” *Information Fusion*, vol. 37, pp. 98–125, Sep. 2017, doi: 10.1016/J.INFFUS.2017.02.003.
- [68] “Emotion Markup Language (EmotionML) 1.0.” <https://www.w3.org/TR/emotionml/> (accessed Apr. 16, 2022).
- [69] “Emotion Markup Language (EmotionML) 1.0.” <https://www.w3.org/TR/emotionml/> (accessed Jun. 14, 2022).
- [70] C. Reynolds and R. W. Picard, “Evaluation of Affective Computing Systems from a Dimensional Metaethical Position”.
- [71] “A Surveillance Net Blankets China’s Cities, Giving Police Vast Powers - The New York Times.” <https://www.nytimes.com/2019/12/17/technology/china-surveillance.html> (accessed Jun. 13, 2022).
- [72] “China uses AI software to improve its surveillance capabilities | Reuters.” <https://www.reuters.com/world/china/china-uses-ai-software-improve-its-surveillance-capabilities-2022-04-08/> (accessed Jun. 13, 2022).

- [73] “Facebook prioritized ‘angry’ emoji reaction posts in news feeds - The Washington Post.” <https://www.washingtonpost.com/technology/2021/10/26/facebook-angry-emoji-algorithm/> (accessed Jun. 13, 2022).
- [74] I. D. Raji, T. Gebru, M. Mitchell, J. Buolamwini, J. Lee, and E. Denton, “Saving Face: Investigating the ethical concerns of facial recognition auditing,” *AIES 2020 - Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, vol. 7, pp. 145–151, Feb. 2020, doi: 10.1145/3375627.3375820.
- [75] “Material for MkDocs.” <https://squidfunk.github.io/mkdocs-material/> (accessed Jun. 12, 2022).
- [76] “Basic Syntax | Markdown Guide.” <https://www.markdownguide.org/basic-syntax/> (accessed Jun. 12, 2022).
- [77] “About GitHub Pages - GitHub Docs.” <https://docs.github.com/en/pages/getting-started-with-github-pages/about-github-pages> (accessed Jun. 14, 2022).
- [78] D. C. Rachevsky, V. C. de Souza, and L. Nedel, “Visualization and interaction in immersive virtual reality games: A user evaluation study,” *Proceedings - 2018 20th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2018*, pp. 89–98, Oct. 2018, doi: 10.1109/SVR.2018.00024.
- [79] “Nevermind on Steam.” <https://store.steampowered.com/app/342260/Nevermind/> (accessed Jun. 12, 2022).
- [80] “(151) Black Mirror: Bandersnatch | Featurette: Consumer [HD] | Netflix - YouTube.” https://www.youtube.com/watch?v=VNw9DAwp2Kk&ab_channel=Netflix (accessed Jun. 14, 2022).
- [81] “¿Perdido en ‘Black Mirror: Bandersnatch’? Este diagrama muestra todos los finales de la película | N+1: artículos científicos, noticias de ciencia, cosmos, gadgets, tecnología.” <https://nmas1.org/news/2019/01/01/bandersnatch-finales-tecnologia> (accessed Jun. 14, 2022).
- [82] “DoesTheDogDie.com.” <https://www.doesthedogdie.com/> (accessed Jun. 14, 2022).

- [83] “Gamephobias.” http://www.gamephobias.com/index.php?title=Main_Page
(accessed Jun. 14, 2022).
- [84] “Design - Material Design.” <https://material.io/design> (accessed Jun. 14, 2022).
- [85] “Firebase | Flutter.” <https://docs.flutter.dev/development/data-and-backend/firebase>
(accessed Jun. 14, 2022).