

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN



PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL PARA SEGUIMIENTO DE ESTADOS ANÍMICOS MEDIANTE LA RESISTIVIDAD DE LA PIEL

TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA

MARCELO SEBASTIÁN AGUILAR MARZÁN

JULIO, 2022

La presente Memoria de Titulación ha sido aprobada con la siguiente calificación:
Marcelo Sebastián Aguilar Marzán

Trabajo de Título :
Examen de Título :
Nota Final :

Sr. Eduardo Peña Jaramillo
Director(a) Departamento

JULIO, 2022

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL PARA SEGUIMIENTO DE ESTADOS ANÍMICOS MEDIANTE LA RESISTIVIDAD DE LA PIEL

TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA

AUTOR MARCELO SEBASTIÁN AGUILAR MARZÁN
PROFESOR GUÍA EDUARDO PEÑA JARAMILLO

JULIO, 2022

Resumen

Este trabajo de título muestra el desarrollo y software de una aplicación móvil asociado a un sensor de resistencia galvánica (GSR) de mano para el seguimiento y análisis de variaciones en los estados de ánimo de un paciente, como pueden ser el estrés y relajación, o episodios de euforia y disforia.

El común de los pacientes diagnosticados con enfermedades neurodegenerativas presentan alteración de memoria debido a que se presentan cuadros de estrés, en donde las funciones cognitivas se ven afectadas, como la atención o la integridad de las funciones ejecutivas, y de la alteración de estas últimas se produzcan las quejas de memoria.

Por lo tanto, el software en cuestión, está creado tanto para entrenamiento como para rehabilitación, ya sea para el terapeuta como para el paciente, éste contiene una interfaz gráfica en la cual el usuario final se registra para poder realizar distintas actividades a modo de juegos, con la finalidad de medir distintas emociones y detectar cambios en los distintos estados de ánimo.

El común de los pacientes diagnosticados con enfermedades neurodegenerativas, en este caso Alzheimer y Parkinson, presenta cuadros de estrés, ya sea previo al diagnóstico o durante este.

Las actividades a modo de juegos planteadas en el trabajo de título se basan en el Test de Stroop [26], permitiendo así, probar la retentiva y funciones cognitivas de pacientes diagnosticados con Alzheimer y la enfermedad del Parkinson.

Toda la información mencionada en este trabajo de título fue consultada con el Kinesiólogo Patricio Barría Aburto y con la Psicóloga Karim Baleta Abarza, ambos miembros de la Unidad de Investigación de la Corporación de Rehabilitación Club de Leones Cruz del Sur.

Índice general

Resumen	I
1. Introducción	1
1.1. Introducción	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Relevancia y Aportes del Proyecto de Título	3
2. Marco Teórico	4
2.1. Estado Emocional	5
2.2. El Sistema Nervioso Autónomo (ANS)	6
2.3. El Sistema Nervioso Simpático	6
2.4. El Sistema Nervioso Parasimpático	6
2.5. Captura de Estados Emocionales	7
2.5.1. ¿Qué es un Sensor Fisiológico?	7
2.5.2. Temperatura Corporal	7
2.5.3. Electrocardiograma	8
2.5.4. Actividad Electrodermica	9
2.5.5. Actividad Electrodermica en Psicología y Fisiología	9
2.5.6. Electromiografía	10
2.6. La Piel	12
2.6.1. Epidermis	12
2.6.2. Dermis	12
2.6.3. Glándulas Sudoríparas	13
2.7. Sistema Cardíaco	14

2.7.1. Actividad del Sistema Cardiovascular	15
2.7.2. Valores Máximos y Mínimos	16
2.7.3. Frecuencia Cardíaca y las Emociones	16
2.8. Demencia	17
2.8.1. Demencias Corticales	17
2.8.2. Demencias Subcorticales	17
2.9. Enfermedades Neurodegenerativas	18
2.10. Test Stroop	19
2.11. Entorno de Desarrollo	21
2.12. Microcontroladores	22
2.12.1. Arduino	23
2.12.2. Módulo Bluetooth	24
2.13. Sensor GSR	25
3. Estado del Arte	26
3.1. Estado del Arte	27
4. Esquema y Caso de Uso	29
4.1. Esquema de Conexiones	30
4.2. Caso de Uso	32
5. Sistema de Captura de Datos	33
5.1. Arduino IDE	34
6. Aplicación Android	37
6.1. Descripción de la Aplicación Móvil	38
6.2. Nivel de API Utilizado	39
6.3. Estructura de la Aplicación Móvil	40
6.3.1. Activities	40
6.3.2. Adapters	40
6.3.3. Dialogs	40
6.3.4. Fragments	40
6.3.5. View	40
6.4. Base de Datos	42

6.5. Interfaz de Usuario	43
7. Conclusiones	53
7.1. Conclusiones	54
7.2. Trabajos Futuros	55
Bibliografía	56

Índice de figuras

2.1. Modelo Valencia-Excitación de Lang	5
2.2. Colocación del sensor	10
2.3. Electrodo de referencia	10
2.4. Partes de la piel	12
2.5. Glándulas sudoríparas	13
2.6. Partes del Corazón	14
2.7. Electrodo ECG	15
2.8. Test Stroop	19
2.9. Android Studio	21
2.10. Arduino IDE	21
2.11. Arduinos más Utilizados	23
2.12. Módulo Bluetooth HC-06	24
2.13. Sensor GSR	25
4.1. Conexiones Módulo GSR - Módulo Bluetooth HC-06 - Arduino . . .	30
4.2. Caso de Uso Terapeuta - Paciente	32
6.1. Porcentaje de usos	39
6.2. Estructura del Proyecto	41
6.3. Estructura del Proyecto	41
6.4. Tabla Jugador	42
6.5. Tabla Puntaje Jugador	42
6.6. Interfaz de Inicio de la Aplicación	43
6.7. Interfaz Gestión de Jugador	44
6.8. Interfaz registro de Jugador	45

6.9. Interfaz Selección de Nivel	46
6.10. Interfaz Nivel 1	47
6.11. Interfaz Nivel 2	48
6.12. Interfaz Ranking de Puntos	49
6.13. Interfaz Ajustes	50
6.14. Gráfica Resultante Paciente con Alzheimer	51
6.15. Gráfica Resultante Adulto “Sano”	51

Índice de tablas

2.1. Valores normales de temperatura corporal	7
2.2. Especificaciones Sensor GSR	25
4.1. Tabla de Conexiones Módulo GSR - Arduino	31
4.2. Tabla de Conexiones Módulo Bluetooth - Arduino	31

Índice de códigos

5.1. Sketch Sensor GSR	34
5.2. Sketch Sensor GSR + Bluetooth	35
5.3. Recepción de Datos Bluetooth	36

Capítulo 1

Introducción

1.1. Introducción

Durante la vida cotidiana existen diferentes situaciones que nos impactan de forma positiva o negativa, causando que nuestro estado emocional sufra cambios, lo que conlleva a que el análisis de las emociones y estados de ánimo sean de gran interés para la realización de investigaciones en distintas ramas.

Las emociones de las personas pueden manifestarse por medio de tres tipos de señales, fisiológicas, expresivas y cognitivas. Las emociones manifestadas en respuestas fisiológicas son acompañadas de una reacción proveniente de los comportamientos de los sistemas nerviosos simpáticos y parasimpáticos frente a situaciones específicas, es posible el reconocimiento de éstas, identificando las características fisiológicas presentes en el cuerpo humano cuando éste puede expresar una emoción a través de respuestas fisiológicas [35].

Teniendo en cuenta el como las emociones son manifestadas, se utilizan biosensores, que tienen como función capturar las señales fisiológicas emitidas por el cuerpo.

Por lo tanto, este proyecto muestra el desarrollo de un software asociado a un sensor GSR para el análisis de las variaciones fisiológicas de un paciente de avanzada edad con alguna enfermedad neurodegenerativa frente distintas pruebas que ponen a prueba sus funciones cognitivas.

1.2. Objetivos

Objetivo General

- Realizar un seguimiento de estados anímicos de un paciente mediante un sensor GSR.

Objetivos Específicos

- Identificar estados de estrés y relajación mediante el análisis de la resistividad de la piel.
- Crear una aplicación para dispositivos android que sirva para realizar un seguimiento de estados de estrés y relajación mediante un sensor GSR.

1.3. Relevancia y Aportes del Proyecto de Título

El presente trabajo de título pretende fomentar el trabajo en esta disciplina y acceder a una rama poco explotada y necesaria para muchas personas, como lo es el área de la salud mental.

Uno de los beneficios importantes del proyecto es crear concientización del uso de la tecnología con fines terapéuticos y de rehabilitación, no solo como una herramienta más accesible al bolsillo del usuario final, sino como fuente de información principal, que al ser acompañada por profesionales de la salud, pueda ser mucho más objetiva y certera en su interpretación.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Estado Emocional

Las emociones se definen como un proceso inconsciente que emana desde una expresión de sentimientos y pensamientos [46]. Un problema mayor al tratar de entender las emociones, es la definición de una emoción. De hecho, los psicólogos no están de acuerdo en cuanto a qué es considerado una emoción ni a cuántos tipos de emociones existen [30]. En general, se acepta que las emociones son una combinación de un factor físico (emociones primarias o físicas) y un factor cognitivo (emociones mentales). Psicólogos y neurocientíficos han explicado diversas teorías de la emoción: las dos más utilizadas corresponden al modelo de emociones discretas, propuesto por Ekman y al modelo de dos dimensiones valencia-excitación, propuesta por Lang:

- El modelo de emociones discretas dice que existe un set de emociones básicas, universales a través de las culturas. Se han sugerido diferentes categorías de emociones, en las que se ha tenido más acuerdo son: felicidad, tristeza, sorpresa, enojo, disgusto y miedo.
- El modelo del plano valencia-excitación: la valencia define si la emoción es positiva o negativa y en qué grado; la excitación define la intensidad de la emoción, yendo desde calmado (valor bajo) a emocionado (valor alto). En la Figura 2.1 (obtenida traducida desde [40]) se muestra este plano y se ejemplifica dónde irían ciertas emociones.



Figura 2.1 Modelo Valencia-Excitación de Lang

2.2. El Sistema Nervioso Autónomo (ANS)

De todas las respuestas fisiológicas de interés para esta memoria, están controladas por el sistema nervioso autónomo.

El Sistema Nervioso Autónomo regula y coordina importantes actividades corporales como digestión, temperatura, presión sanguínea y muchos aspectos de comportamiento emocional. Estas actividades son realizadas independiente del control consciente del individuo. El objetivo principal del sistema es mantener los equilibrios en organismo, controlando aspectos tanto internos como externos. Inerva a tres tipos de células: Músculo liso, músculo cardíaco y glándulas [22].

Las glándulas sudoríparas son inervadas solo por el sistema nervioso simpático, lo que es una excepción dado que la mayoría de los órganos son inervados tanto por el sistema nervioso simpático como por el parasimpático [44].

2.3. El Sistema Nervioso Simpático

Controla las actividades en que se requiere movilidad, estrés o situaciones de emergencia. Puede provocar la aceleración del corazón, dilatación de la pupila, incrementar el volumen y el flujo sanguíneo a los músculos, incrementar el sudor, la tensión muscular, entre muchas otras [22].

2.4. El Sistema Nervioso Parasimpático

Controla las funciones relacionadas con el descanso, reparación y relajación del cuerpo. Entre las reacciones que provoca este sistema está el decremento del pulso cardíaco y de la presión sanguínea, estimulación del sistema digestivo, contracción pupilar, descanso y sueño [22].

2.5. Captura de Estados Emocionales

2.5.1. ¿Qué es un Sensor Fisiológico?

Los sensores fisiológicos son instrumentos biomédicos empleados para la adquisición de características presentes en el cuerpo humano. Los sensores fisiológicos permiten la monitorización de factores como el ritmo cardíaco o estimulación cerebral; de modo que es posible obtener información acerca de la experiencia que viven los usuarios a través del grado de nerviosismo, tensión o relajación que sientan [14].

2.5.2. Temperatura Corporal

La temperatura corporal [9] es una medida de la capacidad del organismo de generar y eliminar calor. El cuerpo es muy eficiente para mantener su temperatura dentro de límites seguros, incluso cuando la temperatura exterior cambia mucho. La temperatura corporal de una persona varía dependiendo de su edad, sexo, la actividad realizada recientemente, la cantidad de líquidos ingeridos, la hora del día y en el caso de las mujeres, la fase del ciclo menstrual en la cual se encuentren. Las zonas corporales adecuadas para la obtención de una persona son:

- Oral.
- Rectal.
- Axilar.
- En el oído.
- En la sien.

En la Tabla se presentan los valores normales de la temperatura corporal.

Edad	Grados celsius (C°)
Recién nacido	36,1 – 37,2
Lactante	37,2
Niños de 2 a 8 años	37,0
Adulto	36,0 – 37,0

Tabla 2.1 Valores normales de temperatura corporal

2.5.3. Electrocardiograma

El estudio del corazón presenta una gran importancia en la detección y prevención de enfermedades cardíacas e incapacitaciones por fallas en el sistema de conducción del corazón. El electrocardiograma (ECG) mide y registra la actividad eléctrica del corazón utilizando sensores colocados en la piel. El ECG es una herramienta muy utilizada puesto que se puede obtener información en tiempo real sobre el estado emocional en relación con la exposición a un estímulo. Además, es una técnica de bajo costo y poco intrusiva [12].

Entre los principales se encuentran los ECG de reposo, ECG de esfuerzo y el ECG ambulatorio.

- **ECG de reposo:** La práctica se realiza generalmente con el paciente recostado y en estado de reposo, es necesario que el paciente no realice esfuerzos musculares en la práctica. Esta actividad eléctrica se registra desde la superficie corporal del paciente mediante electrodos y se dibuja en un papel o se visualiza por computadora a través de una representación gráfica por ondas que representan los estímulos eléctricos [23].
- **ECG de esfuerzo:** El ECG de esfuerzo se realiza para evaluar la respuesta del corazón al esfuerzo o al ejercicio. Se vigila el ECG mientras la persona se ejercita en un andador mecánico o en una bicicleta estática. El ejercicio comenzará de manera lenta y gradualmente se irá aumentando la complejidad para dificultar un poco más el ejercicio de la persona que se está evaluando [2].
- **ECG ambulatorio:** Consiste de una prueba diagnóstica que permite, durante 24 horas, el registro continuo de la actividad eléctrica del corazón. El registro se lleva a cabo por medio de una cinta magnética que el paciente lleva conectada a distintos puntos del área del pecho mientras sigue su ritmo de vida cotidiano [1].

2.5.4. Actividad Electrodérmica

La actividad electrodermal (EDA) o respuesta galvánica de la piel (GSR) mide la conductividad que tiene la piel en cierto momento [17].

Es un método que mide y registra los cambios sutiles en las respuestas de la conductancia de la piel. Es decir, el GSR mide los cambios sutiles en la sudoración de la piel cuando ésta se convierte en un mejor conductor de la electricidad, que puede ocurrir por el aumento de la actividad de las glándulas endocrinas (sudor) después de la exposición a un estímulo fisiológicamente excitante [12].

Ésta ha sido relacionada fuertemente con la excitación, atención, estado emocional, estrés y ansiedad. También, se ha demostrado que esta medida puede indicar los niveles cognitivos del usuario, la dificultad de la tarea y distinguir entre carga cognitiva y estrés [29].

En cuanto a la detección de emociones, esta señal se asocia a la excitación del sistema nervioso autónomo simpático, lo que implica que no puede ser controlada de manera consciente. Por lo mismo, esta señal es un reflejo de la excitación emocional, dado que ofrece un avistamiento a los procesos fisiológicos y psicológicos de la persona [11].

2.5.5. Actividad Electrodérmica en Psicología y Fisiología

La actividad electrotérmica se asocia con cambios en el estado de ánimo, es decir, el nivel de activación cerebral de una persona, la atención o el rendimiento óptimo a nivel mental y fisiológico y la capacidad de atención de la persona que realiza la actividad. En particular, la actividad electrodérmica se utiliza como herramienta para detectar cambios cognitivos y emocionales debido a su gran sensibilidad de medición [32].

2.5.6. Electromiografía

La electromiografía (EMG), es la captación de las señales eléctricas producidas por los músculos durante una contracción muscular, los cuales proporcionan información sobre el estado fisiológico y los nervios activos [20]. Un electromiograma es utilizado para diagnosticar una variedad de problemas musculares y nerviosos, permite saber si los músculos responden correctamente a las señales nerviosas [3]. Un estudio neurofisiológico, empleando electromiografía puede variar su duración oscilando entre 30 y 90 minutos, y pueden dar indicaciones sobre problemas musculares tales como; parálisis o estimulación muscular tardía [45]. En las Figuras 2.2 y 2.3 un sensor EMG de referencia.



Figura 2.2 Colocación del sensor



Figura 2.3 Electrodo de referencia

Instrumentación en Electromiografía

- **Electrodos:** Pueden estar conformados por una superficie metálica, recubiertos de espuma sólida de gel o de goma. Son los encargados de transmitir las cargas iónicas producidas por el cuerpo transformadas en corrientes eléctricas [38].

Se pueden aplicar dos tipos de electrodos en esta práctica, superficiales o por vía de inserción, a su vez, estos se dividen en mono polares y coaxiales [27].

- **Amplificadores:** Se encargan de amplificar la señal recogida de los potenciales eléctricos producidos por la actividad muscular, llegando a

aumentar la señal hasta en 60 dB (decibeles) para una posterior visualización en los elementos de instrumentación médica. Estos deben tener la capacidad de captar con precisión señales comprendidas entre los 40 y 10.000 Hz (Hercios) [27].

2.6. La Piel

La piel [24] es un órgano que desempeña una gran variedad de funciones, entre las que se encuentran la protección, impermeabilización, termorregulación, producción de vitamina D, absorción de radiación ultravioleta y la detección de estímulos sensoriales. Desde el punto de vista embriológico, la piel se compone de la epidermis y anexos cutáneos.

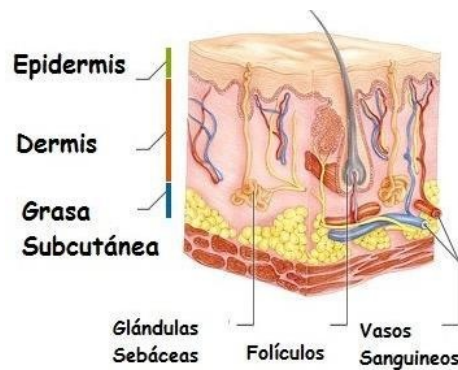


Figura 2.4 Partes de la piel

2.6.1. Epidermis

La palabra epidermis proviene del griego “epi”, que significa “sobre”, es decir, esta es la capa mas superficial de la piel, que tiene la función de barrera contra el agua y regula la temperatura corporal [24].

2.6.2. Dermis

Esta es la capa mas espesa de la piel y esta unida a la dermis por fibras de elastina y de colágeno. Su función principal es unir la piel con el hueso y músculo, cabe indicar que es la fuente de vasos sanguíneos y nervios [24].

2.6.3. Glándulas Sudoríparas

El propósito de la sudoración es mantener la temperatura corporal, la hidratación de la piel y el equilibrio hidroelectrolítico. Además, ayudan a mantener el calor del cuerpo en la llamada función de termorregulación [47]. El sudor también permite conocer cuando un individuo está atravesando por situaciones de estrés, el miedo, el dolor, la ansiedad e inseguridades que sentimos o tenemos, como se observa en la Figura 2.5.

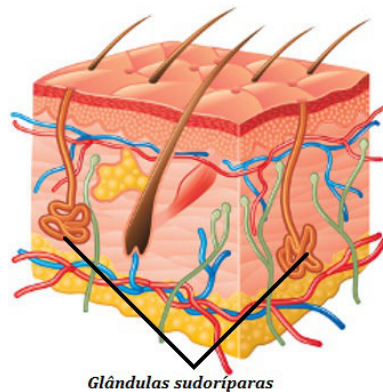


Figura 2.5 Glándulas sudoríparas

Las glándulas sudoríparas se encuentran repartidas por toda la piel, principalmente en la frente, las palmas y las plantas. Existen aproximadamente cuatro millones de glándulas, a partir de ellas se forma el sudor que regula la temperatura del cuerpo.

2.7. Sistema Cardíaco

Definición

El corazón adulto humano se asemeja a un puño [4] y un peso aproximado entre 200 a 425 gramos. Está ubicado en la cavidad torácica, detrás y levemente a la izquierda del esternón, entre los pulmones y por encima del diafragma [7].

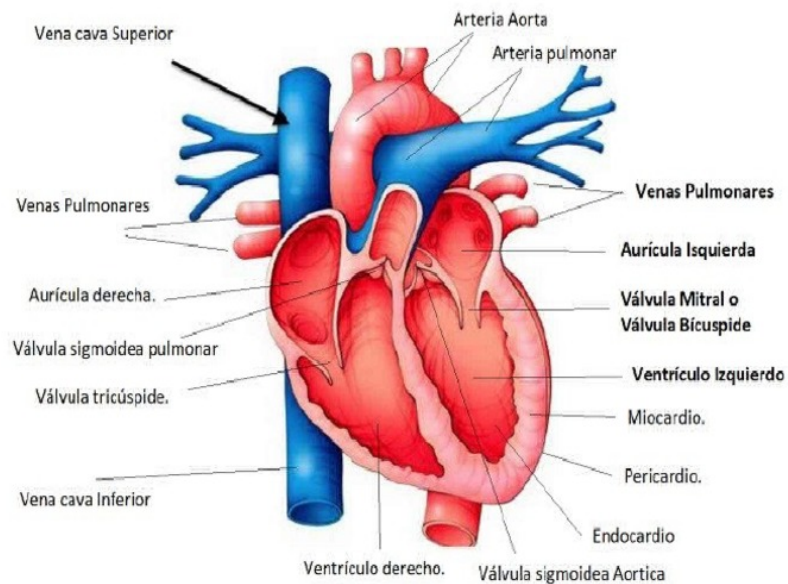


Figura 2.6 Partes del Corazón

La función principal del corazón es bombear sangre a través de los vasos hacia todas las partes del cuerpo. Las arterias reciben esta sangre a alta presión y velocidad para conducirla por todo el cuerpo [7].

2.7.1. Actividad del Sistema Cardiovascular

El sistema cardiovascular consiste del corazón, una bomba, y la vasculatura. El corazón provee con un flujo constante de sangre oxigenada, enviando sangre a los pulmones (circulación pulmonar) y luego al resto del cuerpo (circulación sistémica) [19].

Para medirlo se utiliza un electrocardiograma (ECG), que consiste en un sistema que mide la actividad eléctrica del corazón [4]. Para esto, se disponen 3 o más electrodos que se pegan en el dorso del sujeto - como se observa en la Figura 2.7 - y que recopilan los datos necesarios para obtener las ondas que describen el ciclo cardíaco.



Figura 2.7 Electrodos ECG

De esta señal se pueden sacar varias medidas:

- **Periodo cardíaco:** Tiempo en milisegundos entre dos beats adyacentes. Esta medida es reciproca al ritmo cardíaco (HR) [bpm], que es la cantidad de latidos por minuto [31].
- **Variación del ritmo cardíaco (HRV):** Se refiere a la oscilación en el intervalo temporal entre dos beats consecutivos del corazón. Se mide de distintas maneras, las que incluyen análisis en el dominio del tiempo y de la frecuencia [31].
- **Arritmia del seno respiratorio (RSA):** El ritmo cardíaco aumenta durante la inspiración y decrece durante la exhalación, por lo que esta

medida se utiliza como un índice del control automático del sistema nervioso en el corazón [31].

- **Intervalo entre beats (IBI).**

Se ha demostrado que para tareas que involucran la manipulación de información, existe un aumento en el ritmo cardíaco [18].

En particular, la variación del ritmo cardíaco (HRV), es útil para diferencias entre estrés y esfuerzo mental en adultos.

2.7.2. Valores Máximos y Mínimos

Los valores de la frecuencia cardíaca varían considerablemente con el ejercicio, los niveles de condición física y con la edad, es así que un recién nacido en reposo puede ser de 120 latidos por minuto. A medida que una persona envejece, la capacidad de generar tasas máximas disminuye [21].

Esto se puede estimar tomando el valor máximo de 220 latidos por minuto y restando la edad del individuo.

Normalmente, el corazón late entre 60 y 100 veces por minuto. En las personas que hacen ejercicio habitualmente o que toman medicamentos para reducir el ritmo cardíaco, la frecuencia puede caer por debajo de 60 latidos por minuto [6].

2.7.3. Frecuencia Cardíaca y las Emociones

Las emociones afectan directamente la actividad del sistema nervioso autónomo:

- Requieren diferentes patrones de actividad autónoma para adaptarse a diferentes situaciones.
- Reaccionar de manera más adecuada.

En consecuencia, afectan los parámetros de la frecuencia cardíaca y muchos estudios científicos afirman dicha relación [36].

Normalmente, el corazón tiene intervalos ligeramente diferentes entre los latidos, esto se puede expresar como la manera que nuestro cuerpo “responde” a los estímulos y se adapta a ellos.

2.8. Demencia

La demencia se define como una alteración de múltiples capacidades cognitivas que interfieren en el cuidado personal, en el trabajo o en las relaciones sociales. Este déficit aparece sin que se altere el nivel de conciencia y puede o no ser reversible[37]. Las demencias se pueden diferenciar como corticales y subcorticales, en función de la asociación de características con la neuropatología.

2.8.1. Demencias Corticales

Son las denominadas degenerativas o primarias e incluyen las Enfermedades de Alzheimer y de Pick[15].

Estas pueden presentarse como un síndrome frontotemporal, temporoparietal o una combinación de ambos. Esto quiere decir que los signos y síntomas de cada enfermedad van a depender del grado de afección de la corteza frontal, temporal y parietal, según sea el caso[39].

2.8.2. Demencias Subcorticales

Con patología inicial en el tálamo, ganglios basales, región superior del tronco del encéfalo, y sus proyecciones frontales, se solapan sintomáticamente con las demencias frontales, pero también suelen implicar trastornos motores y del habla[39].

Los síntomas principales involucran trastornos del movimiento, alteraciones cognitivas y compromiso de las relaciones sociales y estado de ánimo.

Un ejemplo representativo lo incluye la enfermedad de Parkinson, una patología muy común en la población general y que, al igual que la enfermedad de Alzheimer, suele afectar a individuos mayores.

2.9. Enfermedades Neurodegenerativas

Las enfermedades neurodegenerativas se caracterizan por provocar un deterioro neurológico progresivo, que se acompaña de una disminución de la funcionalidad e independencia personal [13], como el equilibrio, movimiento, hablar, respirar y funciones del corazón. Muchas de estas enfermedades son genéticas.

Algunas enfermedades neurodegenerativas son:

- **Alzheimer:** La enfermedad de Alzheimer es la causa más frecuente de demencia, y una de las principales causas de morbilidad en el paciente anciano [16]. La demencia es un trastorno cerebral que afecta gravemente la capacidad de una persona de llevar a cabo sus actividades diarias.

El Alzheimer comienza lentamente con un deterioro progresivo e invariable de habilidades cognitivas, en especial de la memoria reciente, reduciendo gradualmente la independencia funcional [16]. Primero afecta las partes del cerebro que controlan el pensamiento, la memoria y el lenguaje. Con el tiempo, los síntomas del Alzheimer empeoran, pueden tener dificultades para hablar, leer o escribir, olvidar cómo cepillarse los dientes o peinarse el cabello. Más adelante, pueden volverse ansiosos o agresivos.

- **Parkinson:** La enfermedad de Parkinson es una enfermedad neurodegenerativa progresiva relacionada con el envejecimiento [43], es un tipo de trastorno del movimiento. Ocurre cuando las células nerviosas no producen suficiente cantidad de dopamina, noradrenalina y acetilcolina y comprenden: síntomas neuropsiquiátricos, cognitivos, disautonómicos, trastornos del sueño y fatiga y trastornos afectivos [43].

Los síntomas comienzan lentamente, en general, en un lado del cuerpo. Luego afectan ambos lados. Algunos son [43]:

- Temblores (manos, brazos, piernas, mandíbula y cara).
- Lentitud de los movimientos
- Rigidez e inestabilidad postural y coordinación

2.10. Test Stroop

El test de Stroop [26] es un test psicológico vinculado especialmente a la neuropsicología que permite medir el nivel de interferencia generada por los automatismos en la realización de una tarea. Esta prueba psicológica sirve para detectar problemas de interferencia en los procesos mentales.

También llamado Test de Colores y Palabras, fue elaborada por Golden con la intención de valorar aspectos como la atención selectiva y de control inhibitorio, al observarse que las personas que sabían leer tendían a tardar más tiempo el color en el que estaban escritas las palabras que en leer el nombre de dichos colores (debido a que tenían más automatizada la lectura). Asimismo permite valorar la velocidad de procesamiento.

VERDE	VERDE	ROJO	AZUL
AZUL	ROJO	AZUL	VERDE
VERDE	AZUL	ROJO	ROJO
ROJO	ROJO	VERDE	AZUL
AZUL	VERDE	AZUL	VERDE
ROJO	AZUL	VERDE	AZUL
AZUL	VERDE	ROJO	VERDE
VERDE	ROJO	AZUL	ROJO

Figura 2.8 Test Stroop

La duración de la aplicación de este test es relativamente corta, de alrededor de cinco minutos, y está ideada para personas situadas entre los siete y los ochenta años de edad.

Concretamente es frecuente su uso para observar los efectos de una lesión cerebral o valorar si existe afectación de determinadas áreas cerebrales como el lóbulo frontal. Además de lesiones puede valorar las funciones ejecutivas de pacientes con demencias como el Alzheimer.

Aunque no es tan habitual como en los casos anteriores, también puede usarse en la

valoración de las capacidades de personas con diferentes trastornos mentales, como por ejemplo la esquizofrenia o, más frecuentemente, el TDAH.

2.11. Entorno de Desarrollo

Un entorno de desarrollo integrado (IDE) es un paquete de software que consolida las herramientas básicas necesarias para escribir y probar software.

Un IDE generalmente contiene un editor de código, un compilador o intérprete y un depurador, al que se accede a través de una única interfaz gráfica de usuario (GUI). El usuario escribe y edita el código fuente en el editor de código. El compilador traduce el código fuente a un lenguaje legible que sea ejecutable para una computadora. Y el depurador prueba el software para resolver cualquier problema o error.

Para efectos de este proyecto se optó por utilizar Andorid Studio en conjunto con Arduino para el desarrollo del software.



Figura 2.9 Android Studio



Figura 2.10 Arduino IDE

2.12. Microcontroladores

Los microcontroladores están cada vez más presentes en la mayoría de los productos electrónicos que utilizamos en nuestro día a día. Aprender de ellos puede ser algo confuso, debido a que existe una gran variedad de modelos existentes en el mercado y sus diferentes aplicaciones.

Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene componentes como una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria, puertos de entrada y salida, entre otros. Este dispositivo funciona como una pequeña computadora, sus principales funciones son automatizar procesos y procesar información.

Hoy en día podemos ver microcontroladores en toda clase de inventos y productos donde se requiere automatizar y controlar procesos en base a condiciones de entrada y salida.

2.12.1. Arduino

Arduino [10] es una plataforma de hardware y software de código abierto, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, está diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Si bien el software es común para cualquier arduino, existen diferentes tipos de placas, las cuales se diferencian principalmente en el tamaño y la cantidad de pines de control.

Dentro de los mas utilizados podemos encontrar el Arduino Mega y Arduino Nano.

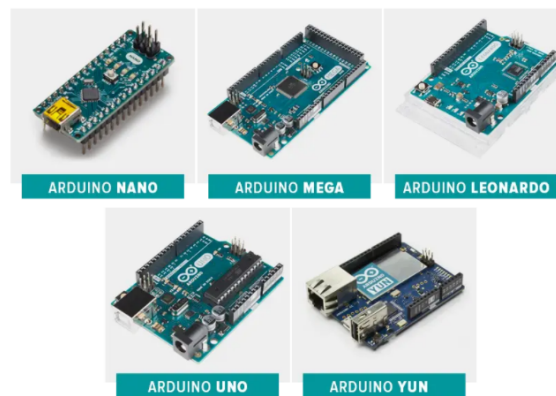


Figura 2.11 Arduinos más Utilizados

2.12.2. Módulo Bluetooth

El módulo Bluetooth HC-06 [5] permite conectar proyectos con Arduino a un smartphone, celular o PC de forma inalámbrica (Bluetooth), con la facilidad de operación de un puerto serial.

La transmisión se realiza totalmente en forma transparente al programador, por lo que se conecta en forma directa a los pines seriales del microcontrolador, en este caso, un Arduino Uno.



Figura 2.12 Módulo Bluetooth HC-06

2.13. Sensor GSR

GSR significa respuesta galvánica de la piel, es un método para medir la conductancia eléctrica de la piel.

Se puede utilizar para reflejar la actividad emocional humana, las emociones fuertes pueden estimular el sistema nervioso simpático, lo que hace que las glándulas sudoríparas secreten más sudor lo que aumenta la conductividad eléctrica de la piel. El sensor GSR permite detectar emociones fuertes colocando dos electrodos en dos dedos de una mano.

En algunos dispositivos de respuesta galvánica de la piel, como los detectores de mentiras, también se aplica este principio científico.

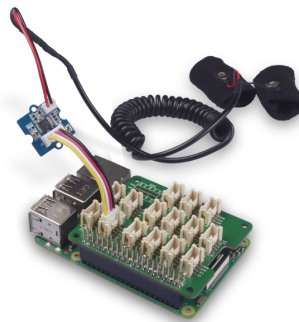


Figura 2.13 Sensor GSR

Especificaciones

Parámetro	Rango de Valores
Tensión de funcionamiento	3,3 V/5 V
Sensibilidad	Ajustable a través de un potenciómetro
Señal de entrada	Resistencia, NO Conductividad
Señal de salida	Voltaje, lectura analógica
Material de contacto con los dedos	Níquel

Tabla 2.2 Especificaciones Sensor GSR

Capítulo 3

Estado del Arte

3.1. Estado del Arte

Hoy en día, no se puede negar el impacto que la tecnología ha tenido en el área de las ciencias de la salud. El exponencial desarrollo de hardware cada vez mas potente y asequible esta permitiendo el desarrollo de nuevas herramientas que facilitan y optimizan procesos. En el último tiempo, se ha investigado bastante sobre la medición de carga cognitiva utilizando medidas psico-fisiológicas.

A continuación, se presenta una revisión de distintos trabajos que tratan este tema.

- C. Ikehara and M. Crosby [33]
 - **Objetivo:** Evaluar carga cognitiva
 - **Sensor psico-fisiológicos:** Eyetracker, presión del mouse, GSR, pulso, oxímetro.
 - **Experimento:** Seleccionar en la pantalla las fracciones cuyo valor es mayor a $1/3$. Dos grados de dificultad (varía la velocidad de aparición de las fracciones, la dificultad de resolución de las fracciones, cantidad de fracciones en la pantalla y cantidad de tiempo disponible).
 - **Resultados:** GSR y eyetracker tienen la mayor significancia para detectar la dificultad de una tarea.
- A. Haag, S. Goronzy, P. Schaich, and J. Williams [28]
 - **Objetivo:** Reconocer emociones mediante la utilización de bio-sensores. Buscan medir valencia y excitación.
 - **Sensor psico-fisiológicos:** Electromiograma, ECG, actividad electrodermal (GSR), temperatura de la piel, pulso de volumen sanguíneo (BVP) y respiración.
 - **Experimento:** Se muestran 6 sets de 5 fotos que inducen la misma emoción. Se utiliza una red neuronal para la clasificación.
 - **Resultados:** Se obtienen precisión de 96.6 % y 89.9 % para el reconocimiento de excitación y valencia, respectivamente.

- P. Rani, C. Liu, N. Sarkar, y E. Vanman [41]
 - **Objetivo:** Comparación de distintas técnicas de machine learning para clasificación de emociones (ansiedad, aburrimiento, compromiso, frustración, enojo).
 - **Sensor psico-fisiológicos:** Características del sistema cardiovascular, actividad electrodermal (GSR) y electromiograma.
 - **Experimento:** Participantes deben resolver anagramas y jugar pong. Se varía la dificultad de cada tarea.
 - **Resultados:** SVM da la mejor clasificación, aunque todos los métodos utilizados entregan resultados competitivos. El árbol de regresión da el segundo mejor resultado.
- K. Kim, S. Bang and S. Kim [34]
 - **Objetivo:** Buscan clasificar el estado emocional entre 4 emociones: tristeza, enojo, estrés y sorpresa; utilizando sensores poco invasivos para el sujeto.
 - **Sensor psico-fisiológicos:** Actividad electrodermal (GSR), variación de la temperatura corporal y actividad cardiovascular.
 - **Experimento:** Crean 4 escenarios distintos que inducen la emoción buscada. Para esto, utilizan estímulos visuales, auditivos y cognitivos.
 - **Resultados:** Para 50 sujetos, encuentran un clasificador con 78.4% de clasificaciones correctas para 3 emociones y 61.8% para 4 emociones.

Capítulo 4

Esquema y Caso de Uso

4.1. Esquema de Conexiones

En la Figura 6.14 se muestran las conexiones realizadas para el funcionamiento de este proyecto.

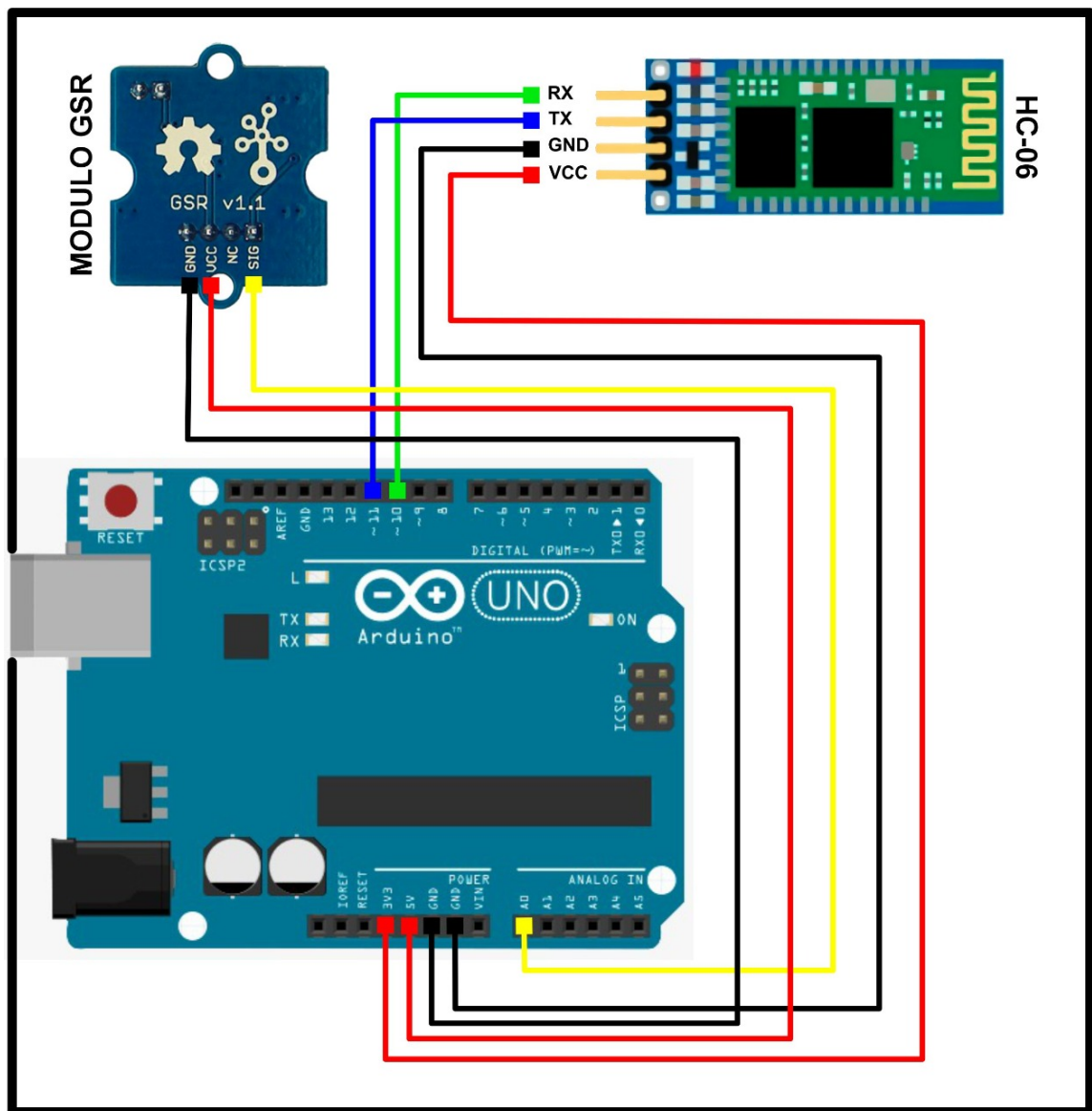


Figura 4.1 Conexiones Módulo GSR - Módulo Bluetooth HC-06 - Arduino

Color	Módulo GSR	Pin Arduino
NEGRO	GND	GND
ROJO	VCC	VCC (5V)
AMARILLO	SIG	A0

Tabla 4.1 Tabla de Conexiones Módulo GSR - Arduino

Color	Módulo Bluetooth	Pin Arduino
NEGRO	GND	GND
ROJO	VCC	3.3V
VERDE	RX	10
AZUL	TX	11

Tabla 4.2 Tabla de Conexiones Módulo Bluetooth - Arduino

4.2. Caso de Uso

En la Figura 6.15 se observan los puntos de vista de los usuarios a los cuales esta dirigida la aplicación móvil.

El rectángulo representa los límites del sistema que contiene los casos de uso. Los actores se ubican fuera de los límites del sistema.

En este caso, se observa que el **TERAPEUTA** interactúa con todos los casos de usos presentes; en cambio el **PACIENTE**, teniendo en cuenta su condición, solo interactúa con un caso de uso.

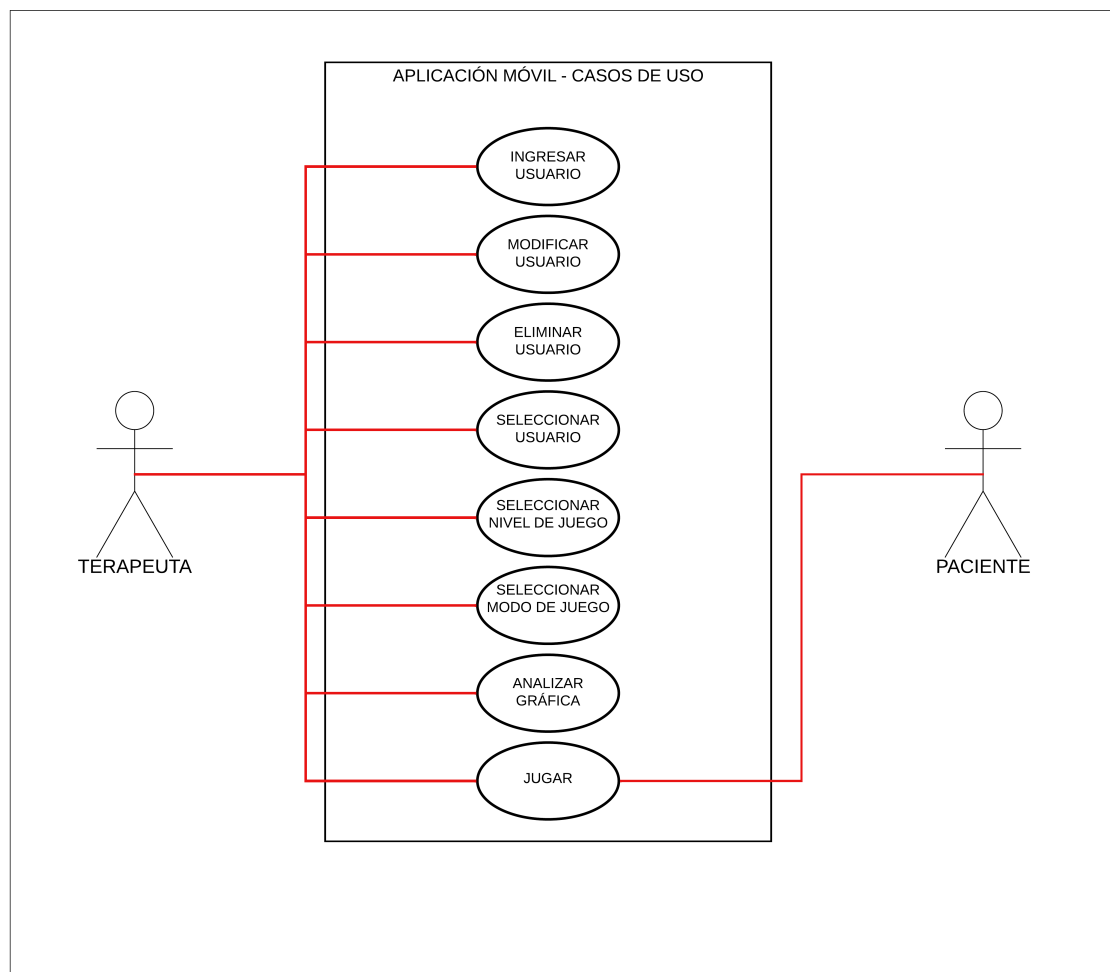


Figura 4.2 Caso de Uso Terapeuta - Paciente

Capítulo 5

Sistema de Captura de Datos

5.1. Arduino IDE

Lo primero para determinar el funcionamiento básico de control del sensor GSR, es realizar pruebas directamente en el software de Arduino (IDE) y programar un sketch para determinar los rangos de resistividad en la piel, esto además de determinar la conexión física necesaria. El siguiente Sketch es uno de los ejemplos que se encuentran en la documentación oficial del sensor Grove el cual se puede encontrar en [48] .

Código 5.1: Sketch Sensor GSR

```
1
2  const int GSR = A0;
3  int sensorValue = 0;
4  int gsr_average = 0;
5
6  void setup()
7  {
8      Serial.begin(9600);
9  }
10
11 void loop()
12 {
13     long sum = 0;
14     for(int i=0; i<10; i++)
15     {
16         sensorValue = analogRead(GSR);
17         sum += sensorValue;
18         delay(5);
19     }
20     gsr_average = sum/10;
21     Serial.println(gsr_average);
22 }
```

Luego para determinar el funcionamiento de la transmisión de datos a través del módulo bluetooth HC-06 hacia la aplicación móvil, se realiza una modificación al primer sketch, en donde se utiliza la librería **SoftwareSerial**.

Código 5.2: Sketch Sensor GSR + Bluetooth

```
1  #include <SoftwareSerial.h>
2  SoftwareSerial BT(10,11);
3  #define gsr A0
4
5  int sensorValue = 0, gsr_prom = 0, Human_Resistance = 0;
6  char dateRx;
7
8  void setup(){
9      Serial.begin(9600);
10
11 }
12 void loop(){
13     if(Serial.available() > 0){
14         dateRx = Serial.read();
15
16         if(dateRx == 't'){
17             for(int i=0; i<10; i++){
18                 {
19                     sensorValue = analogRead(gsr);
20                     sensorValue += sensorValue;
21                     delay(5);
22                 }
23                 gsr_prom = sensorValue/10;
24                 Human_Resistance = (((1024 + (2*gsr_prom) * 10000))) / (512-gsr_prom);
25                 Serial.print(Human_Resistance);
26             }
27         }
28     }
```

- La línea 2 del sketch define los pines 10 y 11 para recepción y envío de datos respectivamente.
- En la línea 13 del sketch se pregunta si hay un dispositivo listo para conectarse.
- En la línea 16 si la variable **dateRx** recibe el valor **t** desde android, se promedian 10 mediciones del sensor para eliminar el fallo de éste.
- En la línea 28 del sketch se utiliza la instrucción `Serial.print(Human_Resistance);` para hacer el envío de datos mediante Bluetooth.

Para la recepción de datos del módulo bluetooth HC-06, desde la aplicación móvil se utiliza la librería **BluetoothJHR**.

Código 5.3: Recepción de Datos Bluetooth

```
1  while (!initConexion && !offHilo){  
2      try {  
3          Thread.sleep(500);  
4      } catch (InterruptedException e){  
5          e.printStackTrace();  
6      }  
7  }  
8  
9  while (!offHilo){  
10     final String mensaje = blue.mRx()  
11 }
```

- En la línea 1 existe una condición doble, es decir, mientras las variables **initConexion** y **offHilo** sean falsas, se esperan 500 milisegundos y se vuelve a preguntar si algún dispositivo se conectó vía bluetooth. Si alguna de estas variables o ambas son verdaderas, se procede a la línea 10.
- En la línea 10 se crea una variable **mensaje** que almacena los datos recibidos a través de la conexión bluetooth.

Capítulo 6

Aplicación Android

6.1. Descripción de la Aplicación Móvil

Durante este capítulo, se muestra el desarrollo del software asociado a un sensor GSR que permite el análisis y seguimiento de las variaciones fisiológicas de un paciente frente al Test de Stroop en forma de juegos para poner a prueba sus funciones cognitivas.

El software en cuestión es una Aplicación Móvil para el Sistema Operativo Android, el cual fue escrito en lenguaje Java, utilizando distintas herramientas proporcionadas por el entorno de desarrollo utilizado, en este caso, Android Studio. En cuanto a la Aplicación Móvil, ésta cuenta con la opción de personalizar la forma de juego, es decir, seleccionar la cantidad de palabras que aparecerán por pantalla, la velocidad de cambio de la palabra, la duración de la partida y la cantidad de intentos que se pueden realizar por juego.

La aplicación cuenta con una base de datos que permite el ingreso de nuevos usuarios los cuales cuentan con un avatar personalizado, así mismo la aplicación cuenta con un apartado de Ranking, en donde se pueden consultar los puntajes obtenidos, ya sea por nivel, modo de juego o consultar por toda la lista de usuarios registrados.

6.2. Nivel de API Utilizado

Para la realización de este proyecto se toma en cuenta el Nivel Mínimo del API, en este caso se trabaja con el API 23 con la finalidad de abarcar la mayor cantidad de dispositivos posibles. Como se observa en la Figura 6.1, la versión 6.0 Marshmallow API 23, cuenta con un porcentaje de uso del 94.1 % correspondiente al uso del SO Android en dispositivos actuales.

ANDROID PLATFORM VERSION	API LEVEL	CUMULATIVE DISTRIBUTION
4.1 Jelly Bean	16	
4.2 Jelly Bean	17	99,8%
4.3 Jelly Bean	18	99,5%
4.4 KitKat	19	99,4%
5.0 Lollipop	21	98,0%
5.1 Lollipop	22	97,3%
6.0 Marshmallow	23	94,1%
7.0 Nougat	24	89,0%
7.1 Nougat	25	85,6%
8.0 Oreo	26	82,7%
8.1 Oreo	27	78,7%
9.0 Pie	28	69,0%
10. Q	29	50,8%
11. R	30	24,3%

Figura 6.1 Porcentaje de usos

6.3. Estructura de la Aplicación Móvil

La aplicación creada cuenta con diferentes elementos como el uso de Activities, Adapters, Dialogs, Fragments y View.

6.3.1. Activities

La clase Activity es un componente clave de una aplicación para Android, y la forma en que se inician y se crean las actividades es una parte fundamental del modelo de aplicación de la plataforma.

6.3.2. Adapters

Un objeto Adapter actúa como un puente entre un **AdapterView** y los datos subyacentes para esa vista. El adapter proporciona acceso a los elementos de datos y es responsable de hacer una **view** para cada elemento del conjunto de datos.

6.3.3. Dialogs

La clase Dialog es la clase de base para los diálogos, se debe evitar crear instancias de Dialog directamente, en su lugar se usa una subclase como **AlertDialog**.

6.3.4. Fragments

Un Fragment representa una parte reutilizable de la IU de la aplicación. Un fragment define y administra su propio diseño, tiene su propio ciclo de vida y puede administrar sus propios eventos de entrada.

6.3.5. View

La clase View representa el bloque de creación básico para los componentes de la interfaz de usuario, es responsable del dibujo y el manejo de eventos. View es la clase base de los widgets, que se utilizan para crear componentes interactivos de la interfaz de usuario como botones o campos de texto.

En las figuras 6.2 y 6.3 se puede ver la estructura del proyecto.

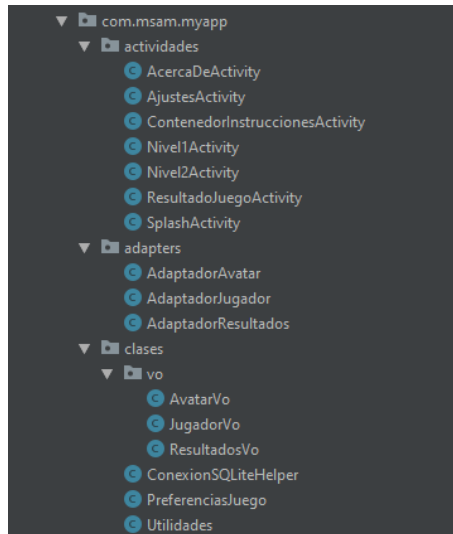


Figura 6.2 Estructura del Proyecto

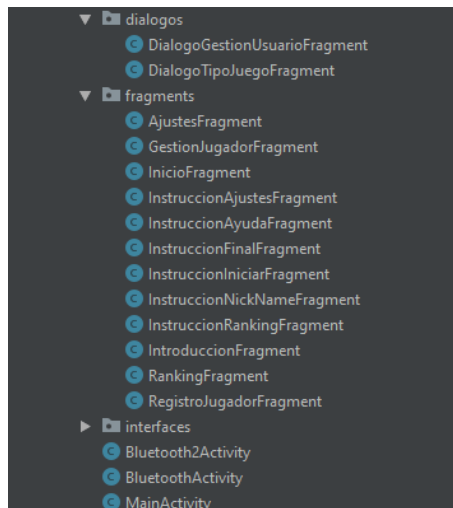


Figura 6.3 Estructura del Proyecto

6.4. Base de Datos

Para este proyecto se utilizará SQLite, una herramienta que Android trae incorporada para trabajar con bases de datos.

En las figuras 6.4 y 6.5 se puede observar la estructura de la Base de Datos.

Nombre Campo	Tipo Campo
 id	INTEGER
 nombre	TEXT
 edad	TEXT
 avatar	INTEGER

Figura 6.4 Tabla Jugador

Nombre Campo	Tipo Campo
 id	INTEGER
 puntos	INTEGER
 correctas	INTEGER
 incorrectas	INTEGER
 nivel	TEXT
 modo	TEXT

Figura 6.5 Tabla Puntaje Jugador

6.5. Interfaz de Usuario

Al iniciar la aplicación, la primera pantalla con la que se puede interactuar muestra las diferentes acciones que pueden realizar.

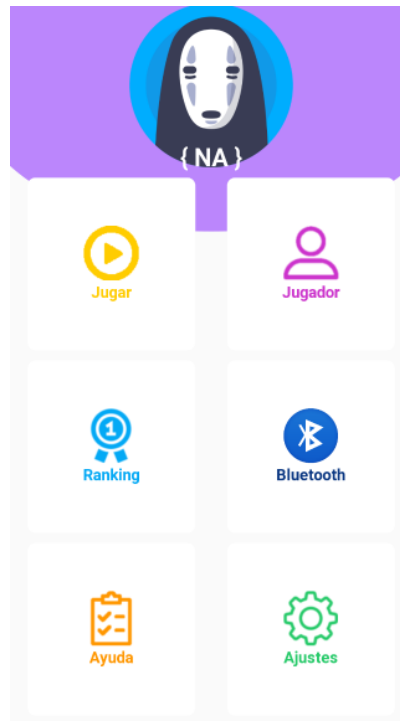


Figura 6.6 Interfaz de Inicio de la Aplicación

Al ingresar en la opción **Jugador**, el usuario tiene la facultad de ingresar un nuevo jugador o seleccionar uno existente.

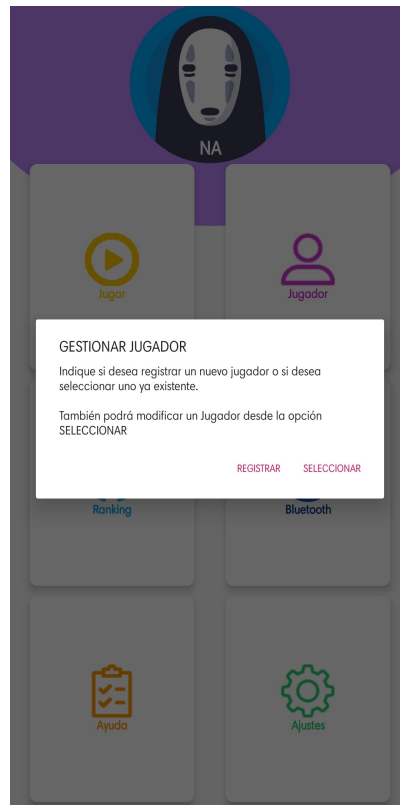


Figura 6.7 Interfaz Gestión de Jugador

En esta sección el usuario puede registrarse utilizando su nombre, edad y un avatar. Esto le permite jugar y acumular puntos en el ranking.

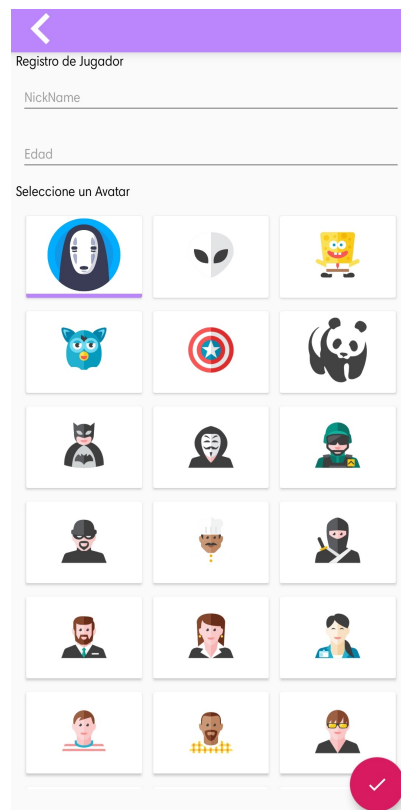


Figura 6.8 Interfaz registro de Jugador

En esta interfaz, el paciente puede seleccionar el juego que desea jugar, teniendo como opciones el **Nivel 1** y **Nivel 2**.

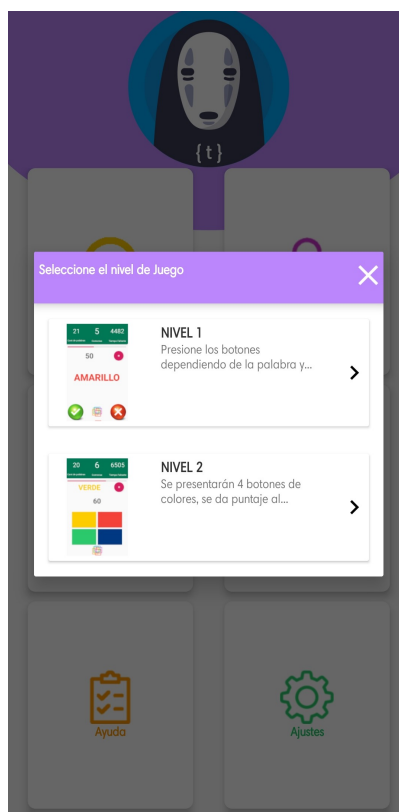


Figura 6.9 Interfaz Selección de Nivel

Esta interfaz muestra el **Nivel 1**, que consta en presionar los botones dependiendo de la palabra y el color presentado.



Figura 6.10 Interfaz Nivel 1

Esta interfaz muestra el **Nivel 2**, que consta en presionar el color que coincida con el color de la palabra presentada en pantalla.

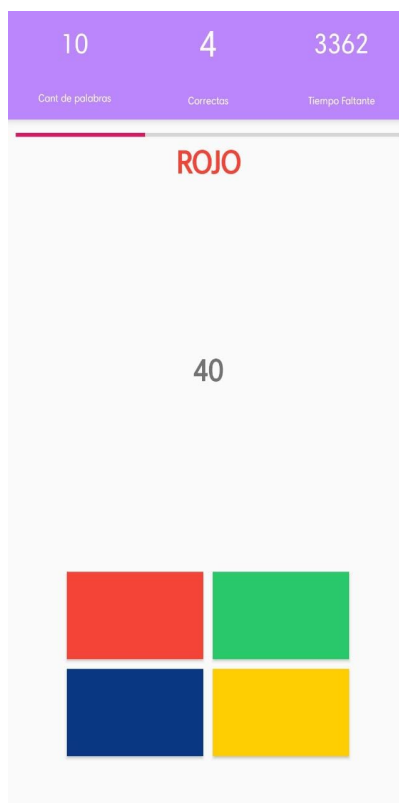


Figura 6.11 Interfaz Nivel 2

En esta sección se puede consultar el ranking de puntos de cada uno de los jugadores registrados, ya sea **todos los jugadores o uno en especial, nivel, modo de juego** (Intentos, Tiempo). En la Figura 6.12 se muestra una consulta de todos los jugadores con puntaje en el Nivel 1.

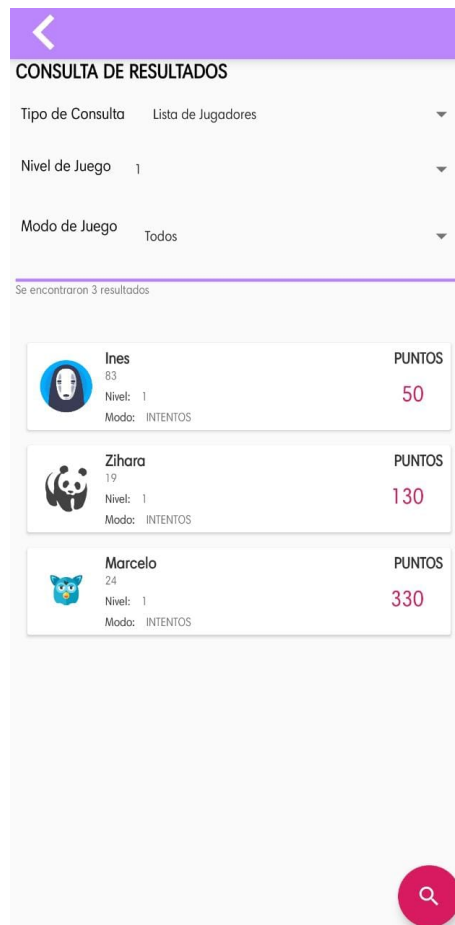


Figura 6.12 Interfaz Ranking de Puntos

La sección **Ajustes** permite seleccionar el **Modo de Juego**, **Duración del Juego**, **Duración de la Palabra** en pantalla y el **Número de Intentos**. También cuenta con la opción **Acerca de**.

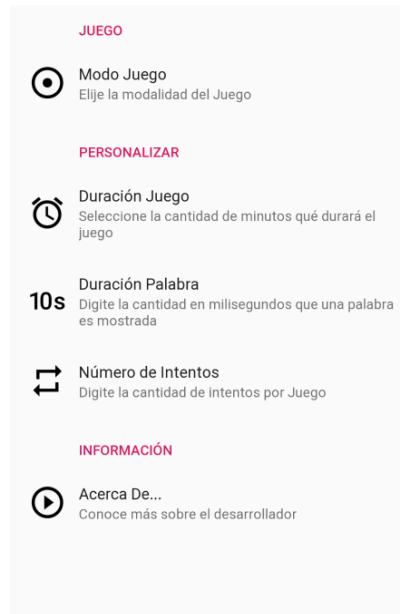


Figura 6.13 Interfaz Ajustes

En las Figuras 6.14 y 6.15 se muestran las gráficas resultantes luego de que un paciente con principios de Alzheimer y un adulto sin ninguna enfermedad o trastorno realice una de las actividades para poner a prueba sus funciones cognitivas.

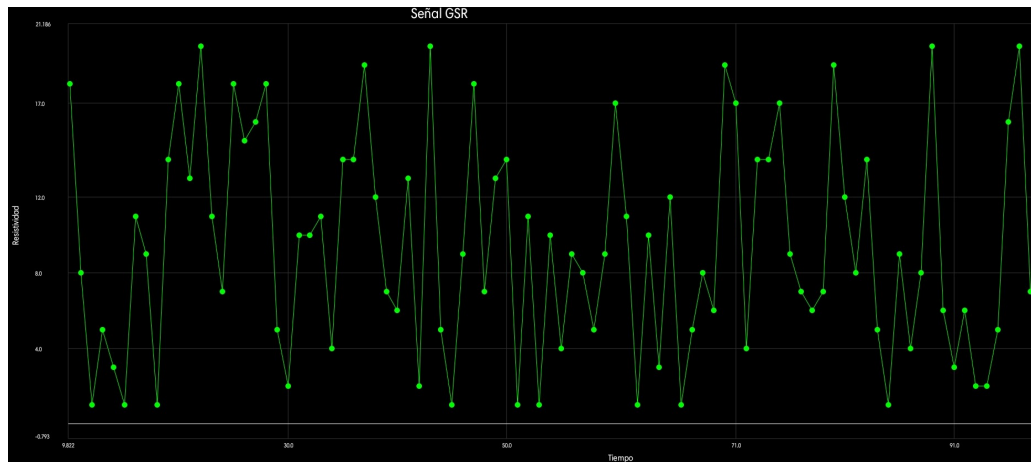


Figura 6.14 Gráfica Resultante Paciente con Alzheimer

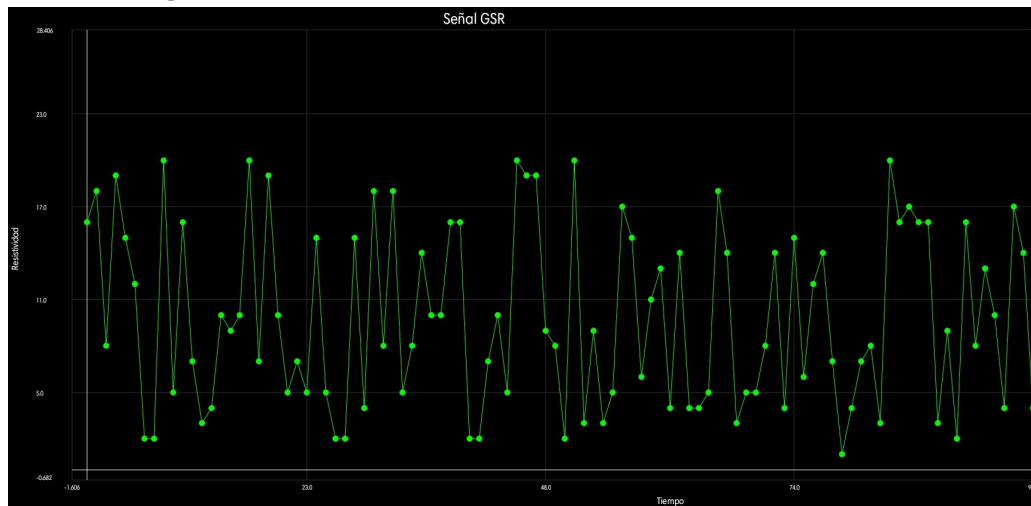


Figura 6.15 Gráfica Resultante Adulto "Sano"

Al observar la Figura 6.14 perteneciente al adulto mayor con principios de Alzheimer, se pueden notar los diferentes **peaks** en varias secciones, éstos pueden ser causados por cuadros de estrés, al ser sometido a uno de los niveles propuestos en la Aplicación Móvil.

En cambio, al observar la Figura 6.15 perteneciente al adulto sin ninguna enfermedad o trastorno, no se observan cambios bruscos en la gráfica al ser sometido al mismo nivel que el adulto mayor con principios de Alzheimer.

Capítulo 7

Conclusiones

7.1. Conclusiones

Se logra cumplir con los objetivos propuestos al iniciar este proyecto, ya que:

- Se logró diseñar e implementar un primer prototipo de aplicación móvil para dispositivos con SO Android completamente funcional, el cual también es acompañado de un software asociado a un sensor de resistencia galvánica (GSR) de mano para el seguimiento en las variaciones de estados de ánimo relacionados a estados de estrés y relajación.
- Así mismo, junto a la gráfica resultante de realizar las actividades propuestas, se logran identificar peaks en los valores entregados por el sensor GSR.
- Al tener la posibilidad de guardar la gráfica resultante de realizar las actividades propuestas, se logra realizar un seguimiento del paciente con el pasar del tiempo.

Respecto al software, si bien se desarrolló sin presentar mayores inconvenientes, lo complejo fue determinar librerías, lenguajes de programación y diseño de una interfaz gráfica.

Respecto al control de Arduino y el módulo Bluetooth utilizado, no se entregaba información de control sobre el microprocesador, sino que entregaba un método de comunicación serial en donde el control se resume en una cadena de caracteres enviada desde Arduino hacia el software, por lo que hubo que programar no solamente el software de control, sino que también la placa desde su IDE Arduino. Por otra parte, las actividades implementadas a modo de juegos basadas en el Test de Stroop tienen en cuenta que la lectura de palabras es un proceso más automático debido a la práctica de la tarea y que las personas tardan más tiempo en identificar los colores que en leer los nombres de estos.

Si bien debido a la pandemia del Covid-19¹ el dispositivo no alcanzó a ser debidamente puesto a prueba de forma clínica, éste cumple con la función de realizar un seguimiento de estados anímicos de un paciente mediante la resistividad de la piel a través de un sensor GSR.

¹Año 2020-2022

7.2. Trabajos Futuros

Un proyecto como este posee posibilidades altas de ser mejorado, por un lado existe el desarrollo del software, que es altamente escalable en términos de incorporar nuevos sensores psico-fisiológicos para conseguir una clasificación más amplia y certera de estados anímicos, sino que también implementar el proyecto en los dos grandes Sistemas Operativos restantes que dominan el mercado actual, iOS y Windows Phone.

Por otro lado, la inclusión de más actividades en forma de juego, en donde el paciente además de probar su retentiva, pueda medir su tiempo de reacción, reflejos y la coordinación mano-ojo, memoria a corto plazo, memoria visual y su memoria de trabajo.

Así mismo, el proyecto permite profundizar en el análisis de características para GSR, tanto en carga cognitiva como en estado emocional. Esto integrando niveles de dificultad o creando un entorno que genere en el paciente algún tipo de reacción para obtener emociones marcadas de manera más fuerte.

Bibliografía

Bibliografía

- [1] Electrocardiograma ambulatorio (holter): qué es, síntomas y tratamiento.
- [2] Electrocardiograma de esfuerzo.
- [3] Electromiografía y estudios de conducción nerviosa.
- [4] Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA.
- [5] Modulo bluetooth HC-06.
- [6] Palpitaciones cardíacas.
- [7] Salud cardiovascular: Anatomía del corazón.
- [8] Serial - Arduino Reference <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/serial/>.
- [9] Temperatura corporal
<https://www.cigna.com/es-us/individuals-families/health-wellness/hw/pruebas-mdicas/temperatura-corporal-hw198785>.
- [10] ¿Qué es Arduino? <https://arduino.cl/que-es-arduino/>.
- [11] Galvanic Skin Response (GSR): The Complete Pocket Guide, 01 2021.
- [12] Laboratorios y técnicas de neuromarketing habituales: EEG,, 02 2022.
- [13] M.A. Abril Carreres, N. Tico Falguera, and R. Garreta Figuera. Enfermedades neurodegenerativas. *Rehabilitación*, 38(6):318–324, 2004.

-
- [14] Beatriz Aguas Luzón and Sandra Silvia Baldassarri Santa Lucia. Sensores fisiológicos para la evaluación de aplicaciones interactivas. 2016.
- [15] Gustavo Pradilla Ardila. Demencia: La epidemia silenciosa del III Milenio | Salud UIS, 09 2004.
- [16] D. Barragán Martínez, M.A. García Soldevilla, A. Parra Santiago, and J. Tejeiro Martínez. Enfermedad de alzheimer. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 12(74):4338–4346, 2019.
- [17] BrainSigns. GSR - Brainsigns, 04 2016.
- [18] John T. Cacioppo and Curt A. Sandman. Physiological differentiation of sensory and cognitive tasks as a function of warning, processing demands, and reported unpleasantness. *Biological Psychology*, 6(3):181–192, 1978.
- [19] John T Cacioppo, Louis G Tassinary, and Gary Berntson. *Handbook of psychophysiology*. Cambridge university press, 2007.
- [20] Alexis Meneses ArÃ©valo Daissy Carola Toloza Cano. ElectromiografÃa (EMG) - dalcame.
- [21] JosÃ© Antonio CasajÃºs and GermÃ¡n Vicente-RodrÃ­guez. Ejercicio fÃ­sico y salud en poblaciones especiales. exernet. *ColecciÃ³n ICD*, pages 2172–2161, 2011.
- [22] Sergio MuÃ±oz Collado. El Sistema Nervioso AutÃ³nomo: Sistema SimpÃ¡tico y ParasimpÃ¡tico. DefiniciÃ³n y funciones.
- [23] ErgodinÃ¡mica. Electrocardiograma en reposo - CardiologÃa | ErgodinÃ¡mica.
- [24] RenÃ© GarduÃ±o. Dermatologia-Pielpdf - J. SERNA M. VITALES M. C. LÃ PEZ A. MOLINA 4. DermatologÃa4. DermatologÃa.
- [25] Jesus Tomas Girones. *EL GRAN LIBRO DE ANDROID*. ALFAOMEGA, 2017.
- [26] C.J Golden. *Test de colores y palabras (Stroop)*. TEA Ediciones, 2005.

-
- [27] J J Gárate. Instrumentación en Electromiografía JJ Gárate. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. - PDF Descargar libre.
- [28] Andreas Haag. Emotion Recognition Using Bio-sensors: First Steps towards an Automati, 2004.
- [29] Seyyed Abed Hosseini, Mohammad Khalilzadeh, and Sahar Changiz. Emotional stress recognition system for affective computing based on bio-signals. *Journal of Biological Systems*, 18:101–114, 11 2011.
- [30] Seyyed Abed Hosseini, Mohammad Ali Khalilzadeh, and Sahar Changiz. Emotional stress recognition system for affective computing based on bio-signals. *Journal of Biological Systems*, 18(spec01):101–114, 2010.
- [31] Heikki V Huikuri, Timo Mäkikallio, KE Juhani Airaksinen, Raul Mitrani, Agustin Castellanos, and Robert J Myerburg. Measurement of heart rate variability: a clinical tool or a research toy? *Journal of the American College of Cardiology*, 34(7):1878–1883, 1999.
- [32] Felix Guillén i Robles, Antonio Cosculluela Mas, and Joan M Malapeira Gas. Actividad electrodérmica (eda), personalidad y estrés. *Anuario de psicología/The UB Journal of psychology*, pages 107–116, 1988.
- [33] C.S. Ikehara and M.E. Crosby. *Assessing Cognitive Load with Physiological Sensors*. 2005.
- [34] K. Kim. Emotion recognition system using short-term monitoring of physiological signals, 2004.
- [35] Mariano Chóliz Montañés. Psicología de la emoción: el proceso emocional. *Universidad de Valencia*, 3, 2005.
- [36] Cristiaan Ochoa. Fundamentos de fisiología: implicaciones cardiovasculares endoteliales | Medicina UPB.
- [37] María Eugenia Domínguez Orozco. Revisión teórica sobre las demencias de tipo cortical. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 15(1):40, 2012.

-
- [38] Xavier Pardell. Electromiografo - Apuntes de Electromedicina.
- [39] Diego Pereira. Demencia cortical y subcortical, ¿qué las caracteriza?, 06 2018.
- [40] Rafael Ramirez and Zacharias Vamvakousis. Detecting emotion from eeg signals using the emotive epoc device. In Fabio Massimo Zanzotto, Shusaku Tsumoto, Niels Taatgen, and Yiyu Yao, editors, *Brain Informatics*, pages 175–184, Berlin, Heidelberg, 2012. Springer Berlin Heidelberg.
- [41] Pramila Rani, Changchun Liu, Nilanjan Sarkar, and Eric Vanman. An empirical study of machine learning techniques for affect recognition in human–robot interaction. *Pattern Analysis and Applications*, 9(1):58–69, 2006.
- [42] Ramos Carmelo Serrano. *APRENDE DESARROLLO DE APLICACIONES ANDROID NATIVO CON JAVA EN 2021: CON LAS MEJORES FUNCIONES DEL SISTEMA (Edicion en Español)*. 2021.
- [43] Marta González Touya. Complicaciones motoras en la enfermedad de parkinson. abordaje de las limitaciones funcionales y papel del tratamiento rehabilitador. *FMC - Formación Médica Continuada en Atención Primaria*, 28(4):237–241, 2021.
- [44] T.S.C.G. SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO.
- [45] Super User. Electromiografía y Electroneurografía.
- [46] Camilo E. Valderrama and Giovanna Abarca Ulloa. Spectral analysis of physiological parameters for emotion detection. *2012 XVII Symposium of Image, Signal Processing, and Artificial Vision (STSIVA)*, pages 275–280, 2012.
- [47] Janeth Villanueva. Biología de las glándulas sudoríparas ecrinas. *Revista de la Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica*, 12(1):49–60, abr. 2004.
- [48] Baozhu Zuo. Grove - GSR Sensor
https://wiki.seeedstudio.com/Grove-GSR_Sensor/.