

**Modelo de Medición Emocional en Niños con Autismo,
Utilizando Sensores Biométricos.**



Monografía para optar al título de Ingenieros en Electrónica y
Telecomunicaciones

Isabella Omen Rengifo

Andrés Felipe Facundo Jamioy

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas
Línea de Investigación en Interacción Humano-Computador
Popayán, Marzo de 2023

Modelo de Medición Emocional en Niños con Autismo, Utilizando Sensores Biométricos.



Monografía para optar al título de Ingenieros en Electrónica y
Telecomunicaciones

Isabella Omen Rengifo

Andrés Felipe Facundo Jamioy

**Director: Doctor Cesar Alberto Collazos Ordóñez (Departamento de Sistemas -
FIET)**

**Codirector: Magíster Delio Eduardo Enríquez Cabrera (Departamento de
Electrónica, Instrumentación y Control - FIET)**

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas
Línea de Investigación en Interacción Humano-Computador
Popayán, Marzo de 2023

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Agradecimientos

A mis padres, Raul y Patricia, por su apoyo, amor infinito y enseñarme que los sueños se pueden convertir en realidad con empeño y dedicación;
A mis abuelos, Heber y Nelly, y Juan y Elpidia, por acompañarme en cada paso que doy y demostrarme el valor de estudiar y formarse académicamente;
A mi hermana, Laura, por enseñarme que la mente de un niño te enseña mas cosas de las que piensas;
A mis compañeros de carrera, por haber sido un apoyo constante en todo el camino, enseñarme de resiliencia y a hacer muchos recuerdos;
A mis maestros, por enseñarme no solo la academia sino lo más importante, el cómo debemos ser como personas y aportar con nuestra carrera a la sociedad;
A la Rama Estudiantil IEEE de la Universidad, por enseñarme habilidades blandas muy importantes para mi futuro;
A todos mis familiares, amigos y personas que han estado ahí a lo largo de mi vida, por vivir experiencias conmigo y ayudarme a ser quien soy.

Isabella Omen Rengifo

A mis padres, por ser los guías de mi vida, por toda su dedicación, apoyo y compromiso con mi formación académica y personal;
A mis hermanos, por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa y por motivarme a convertirme en un ejemplo a seguir;
A mis compañeros de carrera, por ser un apoyo en todo momento y convertirse en esa segunda familia que forja la universidad;
A mis maestros, por compartir sus conocimientos y experiencias con nosotros a lo largo de toda la carrera;
A todos mis familiares y personas que me aportaron su ayuda de alguna manera y han estado presentes en mi vida;
A Dios, por bendecir mi vida, brindarme paciencia, sabiduría y ser la fortaleza en momentos de dificultad.

Andrés Felipe Facundo Jamioy

Agradecimientos especiales

Gracias a César y a Delio por sus sabios consejos y dirección en el desarrollo del proyecto, por su disposición en cualquier momento bueno o malo en la investigación, desarrollo y conclusión del proyecto, por la confianza en nosotros, y más importante ayudarnos cada día más a mejorarnos y aprender que las oportunidades dadas son únicas y nos ayudan a cumplir metas de vida al poder tener comunicación y colaboración en diferentes áreas de investigación a nivel nacional e internacional;
A todos los investigadores cuyas investigaciones nos ayudaron en el desarrollo del proyecto, compartiendo así hallazgos e ideas;
Al grupo IDIS por permitirnos tener experiencias únicas al podernos comunicar con personas de diferentes partes del mundo;
A la fundación CENIDI por su apoyo en el proceso de investigación, pruebas y resultados en todo el proyecto, en especial a los usuarios del proyecto con los cuales esta investigación fue posible;
A la facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, y la Universidad del Cauca en general, por las vivencias en el crecimiento profesional, académico y personal.

Tabla de contenido

Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	vii
Lista de acrónimos.....	viii
Capítulo 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1. Planteamiento del Problema	2
1.2. Pregunta de Investigación.....	5
1.3 Objetivo General.....	5
1.4 Objetivos Específicos	5
1.5 Metodología	5
1.5.1. Fase de Formulación del Problema de Investigación.....	6
1.5.2. Fase de Análisis de Trabajos Relacionados.....	6
1.5.3. Fase de Exploración	7
1.5.4. Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual.....	7
1.5.5. Fase de Validación del Modelo Conceptual.....	7
1.5.6. Fase de Entrega	8
1.5.7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	8
1.6 Aportes del Proyecto	8
1.7 Estructura del Documento.....	9
Capítulo 2.....	11
2. Revisión de Literatura y Trabajos Relacionados	11
2.1. Marco Teórico.....	12
2.1.1. Sensores Biométricos.....	12
2.1.2. Autismo	13
2.1.3. Emociones	14
2.1.4. Diseño y Codiseño.....	14
2.1.5. Empathy Map.....	15
2.1.6. Modelo de medición.....	16
2.1.7. Utilidad	17
2.1.8. Usabilidad	17
2.1.9. Caracterización de los usuarios	18
2.1.10. Contexto.....	18
2.1.11. Prototipo.....	19
2.2. Trabajos Relacionados.....	20

2.2.1. Modelos de medición y análisis emocional con sensores biométricos	20
2.2.2. Herramientas para el apoyo de personas con TEA.....	22
2.2.3. Análisis de comportamiento de personas con TEA.....	23
2.3. Brechas Existentes.....	23
Capítulo 3.....	25
3. Fase de Exploración	25
3.1 Planeación de la Fase de Exploración.....	26
3.1.1 Metodología de trabajo con niños con TEA	26
3.1.2 Dispositivos de prueba	27
3.1.3 Actividades a Realizar	28
3.2 Ejecución de la Fase de Exploración.....	29
3.2.1 Observación.....	29
3.2.2 Entrevista	30
3.2.3 Interacción con Tecnología	31
3.3 Análisis de Resultados de la Fase de Exploración.....	32
3.3.1 Caracterización del niño por medio de la observación	32
3.3.1.1 Caracterización niño TEA	32
3.3.1.2 Caracterización niño no TEA.....	34
3.3.2 Emociones a medir	36
3.3.3 Limitaciones a considerar	36
Capítulo 4.....	37
4. Desarrollo del Modelo Conceptual	37
4.1 Marco conceptual general.....	38
4.1.1 Configuración del Diseño	38
4.1.2 Selección de dispositivos	41
4.2 Desarrollo del modelo conceptual.....	43
4.2.1 Esquemas de conexión	43
4.2.2 Desarrollo Software	44
4.2.3 Actividades de Validación.....	46
Capítulo 5.....	51
5. Validación del Modelo Conceptual	51
5.1 Validez de Contenido por Panel de Expertos	52
5.1.1 Validación CENIDI	53
5.1.2 Validación del Prototipo.....	53
5.2 Prueba de concepto vía construcción de un prototipo funcional.....	54
5.2.1 Prototipo funcional MMENA	54

5.2.2 Toma de datos	56
5.2.3 Análisis de resultados.....	58
Capítulo 6.....	62
6. Conclusiones y Trabajos Futuro.....	62

Índice de tablas

Tabla 1. Toma de datos con MMENA en niño con TEA.....	57
Tabla 2. Toma de datos con MMENA en niño sin TEA.....	58

Índice de figuras

Figura 1. Mapa mental capítulo 1.....	1
Figura 2. Fases de la metodología del trabajo de grado.....	6
Figura 3. Cronograma de actividades.....	8
Figura 4. Estructura del documento.....	10
Figura 5. Mapa mental capítulo 2.....	11
Figura 6. Modelo Empathy Map.....	16
Figura 7. Proceso de un prototipo (idea original tomada de [44]).....	20
Figura 8. Mapa mental Capítulo 3.....	25
Figura 9. Apple Watch SE [54].....	27
Figura 10. Pulsera goma [56].....	28
Figura 11. Dibujo muestra hecho por el niño.....	31
Figura 12. Caracterización con Empathy Map niño con TEA.....	33
Figura 13. Caracterización con Empathy Map niño sin TEA.....	35
Figura 14. Mapa mental Capítulo 4.....	37
Figura 15. Neurosky Mindwave Mobile [59].....	39
Figura 16. Dispositivo utilizado en [47].....	39
Figura 17. Dispositivos utilizados en [60].....	40
Figura 18. Arduino Uno [61].....	41
Figura 19. Sensor GSR [64].....	41
Figura 20. Electrodo.....	42
Figura 21. Sensor de Frecuencia Cardíaca [66].....	42
Figura 22. Esquema de conexión del sensor GSR.....	43
Figura 23. Esquema de conexión sensor de Frecuencia Cardíaca.....	44
Figura 24. Monitor serial sensor GSR.....	45
Figura 25. Monitor serial sensor de frecuencia cardíaca.....	46
Figura 26. Geometry Dash Lite [70].....	48
Figura 27. Subway Surfers [71].....	48
Figura 28. Stack [72].....	49
Figura 29. Color Switch [73].....	49
Figura 30. Rise up [74].....	50
Figura 31. Mapa mental Capítulo 5.....	51
Figura 32. Dibujo descriptivo gustos niño.....	54
Figura 33. Disposición de sensores MMENA.....	55
Figura 34. MMENA.....	55
Figura 35. Gráfica medición de Alegría con sensor de ritmo cardiaco.....	59
Figura 36. Gráfica medición de Tristeza con sensor de ritmo cardiaco.....	59
Figura 37. Gráfica medición de Alegría con sensor GSR.....	60
Figura 38. Gráfica medición de Tristeza con sensor GSR.....	61
Figura 39. Mapa mental Capítulo 6.....	62

Lista de acrónimos

DC	Direct Current Corriente Directa
EEG	Electroencefalograma
ER	Emotion Regulation Regulación de las Emociones
GSR	Galvanic Skin Response Respuesta Galvánica de la Piel
HCI	Human-Computer Interaction Interacción Humano-Computadora
HMM	Hidden Markov Model Modelo de Markov Oculto
IDE	Integrated Development Environment Entorno de Desarrollo Integrado
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IoT	Internet of Things Internet de las Cosas
IWS	Individual Work System Sistema de Trabajo individual
ISO	International Organization for Standardization Organización Internacional de Normalización
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport Cola de mensajes telemetría y transporte
OMS	Organización Mundial de la Salud
RAE	Real Academia Española
SAR	Spatial Augmented Reality Realidad Aumentada Espacial.
TDAH	Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad
TEA	Trastorno del Espectro Autista

V	Voltaje
VR	Virtual Reality Realidad Virtual

Capítulo 1

1. Introducción

En el presente capítulo se da una introducción del tema de investigación planteado para el trabajo de grado, de igual manera se expondrá el planteamiento del problema, los objetivos propuestos a cumplir, la presentación de la metodología usada en la investigación, los aportes que presenta el proyecto y la estructura del documento a entregar.

Contenido

- 1.1 Planteamiento del Problema
- 1.2 Pregunta de Investigación
- 1.3 Objetivo General
- 1.4 Objetivos Específicos
- 1.5 Metodología
- 1.6 Aportes del Proyecto
- 1.7 Estructura del Documento

En resumen, la información definida en este capítulo se puede evidenciar en la Figura 1 a continuación:

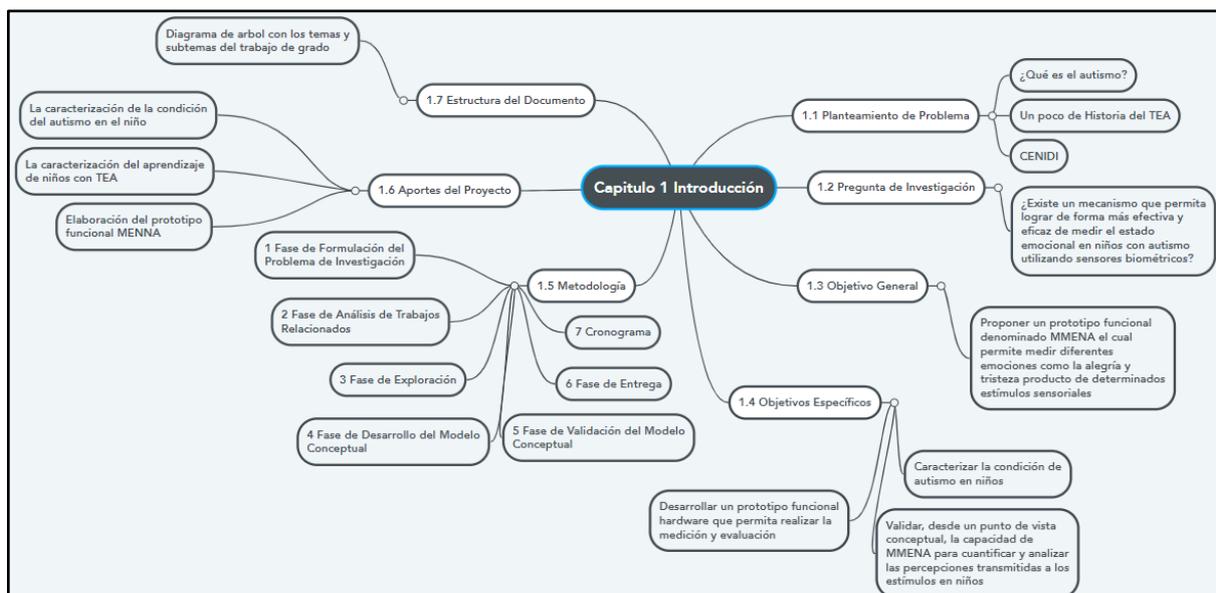


Figura 1. Mapa Mental Capítulo 1

1.1. Planteamiento del Problema

El autismo es una alteración en el neurodesarrollo que da sus primeros vistazos en la etapa de infancia continuando en todas las etapas de la vida de la persona y los síntomas más vistosos son las alteraciones en la comunicación ya sea parcial o completa [1]. Esto se explica en la manera de que en algunos casos las personas pueden hablar de determinadas maneras y frases específicas, pero no más allá en vocabulario, a pesar de tener la capacidad de hablar biológicamente sana. En el caso de comunicación completa se refiere al no poder comunicar ideas de ninguna manera, pero sin el diagnóstico de mudez ya sea con familiares o personas con las que el individuo se podría sentir cómodo coloquialmente hablando [1]. Otro de los diagnósticos más comunes es la imposibilidad o complejidad de interacción social con personas a su alrededor ya sean familiares o personas conocidas, dando así una problemática de no poder demostrar una molestia a una acción en específica y, unido a esto, la comunicación donde no pueden expresar si están molestos, felices o tristes respecto a algo que otra persona le diga o demuestre [1]. El comportamiento es otra de las observaciones que permite un diagnóstico del niño, al realizar movimientos involuntarios y repetitivos según ciertas reacciones a diferentes estímulos que puedan presentarse y, en la mayoría de los casos los comportamientos que se presentan son más comunes en el movimiento de las extremidades como manos y piernas como aplausos, golpes en el piso, etc. (cabe aclarar que cada uno de las personas que presenta este trastorno tiene diferentes comportamientos a las demás, convirtiéndolos en lo que se podría llamar mundos a parte a cada uno; “cada uno tan diferente y especial”) [1]. Los intereses que presentan son únicos, pero en su mayoría pueden verse llevados por los sentidos, los cuales serían de interés dependiendo de lo que observen, escuchen, olfateen, palpen y saboreen. Lo mencionado anteriormente define qué tipo de actividades realizarán cada uno de ellos, las cuales pueden ser observadas también en niños sin el trastorno pero que en el caso de ellos no se efectúan de la manera en que ellos definen o gustan y eso llevaría a comportamientos en los cuales ya debe tenerse acompañamiento de personas con formación académica de cómo tratar este tipo de lo que comúnmente conocemos como “crisis” pero ellos los definen con términos más amigables para así saber de qué manera tratar o manejar este tipo de casos [1].

Según las cifras de la OMS (Organización Mundial de la Salud) hasta el año 2021, 1 de cada 160 niños en el mundo tiene un trastorno del espectro autista [2]. Esto permite determinar en cifras no tan exactas que el 1% de la población podría estar dentro del espectro autista, y que la presencia según el género es de una mujer por cada cuatro hombres y presentando algunos comportamientos diferenciados los unos de los otros, dando así que la evaluación de corroboración del diagnóstico no sea tan exacta como se espera por los especialistas, ya que al no tener sino un solo patrón al cual apuntar deben tener mayor manejo de todo lo que rodea al niño y así diagnosticar que el infante está en el espectro del trastorno autista; siguiendo con esto y un poco de historia sobre este trastorno, los primeros casos documentados datan del año 1943 donde Leo Kanner usa por primera vez la palabra autismo, con la cual definió ciertos comportamientos particulares de la comunicación y acciones repetitivas sin finalidad específica del individuo [1].

Una de las muchas formas de diagnóstico es por medio de manuales como por ejemplo el “Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales” [3] el cual es una guía para el diagnóstico correcto del autismo. Sin embargo, ¿qué sucede con este tipo de documentos? que, a pesar de estar siendo continuamente actualizados por expertos en estos temas no es lo suficientemente rápido y seguro de diagnosticar y a veces es un poco laborioso para el especialista seguir todos los pasos y así no cometer errores u obviar cierta información que puede ser importante. Este tipo de diagnósticos es de vital importancia que se lleven a cabo correctamente ya que esto determina de qué manera el niño vivirá su vida de ahí en adelante, su forma de conocer personas, vivir su día a día y su aprendizaje será llevado de manera diferente a las personas que no tienen el diagnóstico. En el caso de este trabajo de grado se hace un mayor énfasis en el aprendizaje en personas con TEA y se da porque se puede ver afectado de formas muy diferentes dependiendo del grado del trastorno, o bien, con base en el deterioro de la comunicación social o de patrones de comportamiento y, por esto, se debe requerir asistencia parcial o total dependiendo de la severidad que se presente. Las emociones se convierten en una lengua universal y se vuelven cruciales en las formas de comunicación en las que expresamos pensamientos, estados de ánimo o sentimientos de una manera más efectiva [4] y éstas influyen en la vida diaria y en las decisiones que se tomen, como también en el grado de atención a detalles ya sean académicos o personales.

Debido a que algunas personas con TEA tienen ciertas dificultades para expresar sus emociones, es complejo conocer los sentimientos fuera de los procedimientos comunes como la Psiquiatría y Psicología con las implicaciones sociales y económicas que estas consultas conllevan, ya que como muchos conocemos esta área de la salud no siempre está disponible en los cuidados médicos básicos dados por el estado y en su mayoría deben ser de pago o servicio privado [5]. Fuera de esto, el conocimiento de estos temas en la cultura social del país es bastante limitado dando así una estigmatización hacia las personas que tienen esta condición, dando una mayor falta de adaptación al trastorno y, sumado a esto, el mal manejo que puede darse a los niños con TEA con los tratamientos o pasos seguidos con el fin de evitar incomodar o generar ansiedad social a la persona.

El sin número de problemáticas reconocidas en la inmersión del tema y comportamiento de niños con TEA permite tener una imagen más clara de la forma de interacción que se da en un ámbito académico o de formación como es el instituto CENIDI [6] de la ciudad de Popayán. Este instituto busca dar una ayuda y acompañamiento a 60 niños con diferentes diagnósticos que no pueden estar en una institución tradicional ya que requieren cuidados especiales y un ambiente un poco más tranquilo para ellos. Al ser una Institución en su mayoría financiada por el Estado, cuenta con muy pocos recursos tanto para realizar un proceso de aprendizaje práctico y rápido que incluya los hogares, como para brindar un acompañamiento largo y personalizado a niños con TEA, que les permita interactuar entre ellos mismos y el mundo que los rodea; la educación se da por grupos según las características con las que el niño llega al instituto, la ubicación de los niños es con los siguientes parámetros:

- *Chiquitines*: regularidad de la conducta, límites y normas, actividades diarias, explorando conocimiento lo cual ayuda en la motricidad.

- *Geempa*: método creado por Esther Grossi el cual como lo dice sus siglas en un “Grupo de estudios sobre educación, metodología de investigación y acción” “el método se basa en por medio de actividades lúdicas poder enseñar escritura, lectura comprensiva, pensamiento lógico matemático y convivencia pacífica” [7].
- *Creando sueños*: vocal e instrumental, empezó desde el 2016 como una chirimía, hacen uso de dibujos de animales o lo que el niño reconozca para definir cada una de las notas; cantan en 6 idiomas entre ellos el alemán, inglés, hebreo, italiano, español y nativo bolivariano; les toma una semana montar una canción.

La unión con la Institución es el acercamiento de niños con diagnóstico de autismo y en el Centro se presenta el caso de un niño con TEA de manejo controlado, con el cual se busca interactuar a fin de desarrollar el dispositivo acorde a las necesidades y la caracterización que se hace por medio de la observación; después de determinados espacios de entrevista por medio de actividades y juegos las principales problemáticas presentadas son la examinación limitada para evaluación del individuo, la concentración por tiempo limitado, la interacción por medio de juegos de interés y cero acercamiento a lo tecnológico.

En primer lugar, por la observación limitada para la evaluación del individuo referida al no poder hacer uso de tecnologías como cámaras o dispositivos celulares para documentar los diferentes comportamientos que muestra el niño según las actividades presentadas para estimular qué acciones realiza según los estímulos presentados en relación a las interacciones que se le presentan, se reconoce que las cámaras harían una toma de respuestas más programas, que harían fallar al niño, al saber o intuir que está siendo probado o evaluado, dando así que ya no sea una entrevista con metodología no invasiva sino por el contrario invasiva e incómoda para el usuario del cual se busca caracterizar y determinar cuáles son las necesidades específicas reales que necesita.

Actualmente se tienen diferentes dificultades en la enseñanza de habilidades sociales a niños con TEA debido a que no existen muchas herramientas para tratar de individualizar el aprendizaje y las interacciones con la sociedad, por consiguiente se ha considerado de fundamental importancia, recurrir al apoyo de las tecnologías donde se puedan utilizar biosensores que capturen señales cerebrales y permitan medir, analizar y almacenar los estímulos a través de las respuestas fisiológicas del cuerpo humano [8] y suministrar una respuesta aproximada, a las emociones presentadas en un momento específico.

La Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, con la colaboración del Departamento de Sistemas y del Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control, asumen la investigación presentada con base en el específico caso de los niños de la fundación CENIDI. El desarrollo de este trabajo de grado permitirá contar con un prototipo funcional hardware denominado MMENA que realice una medición aproximada de las emociones presentadas a diferentes tareas en niños con TEA de la fundación CENIDI. Además, esta herramienta debe constituirse en un importante

apoyo para generar procesos de enseñanza y aprendizaje más adecuados, según los resultados obtenidos por el prototipo funcional.

1.2. Pregunta de Investigación

De acuerdo con lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Existe un mecanismo que permita lograr de forma más efectiva y eficaz de medir el estado emocional en niños con autismo utilizando sensores biométricos?.

1.3 Objetivo General

Proponer un prototipo funcional denominado MMENA el cual permite medir diferentes emociones como la alegría y tristeza producto de determinados estímulos sensoriales como son la sudoración corporal y pulso cardíaco en niños con autismo, con el fin de conocer la respuesta que tiene su cuerpo a las emociones presentadas en determinados escenarios de prueba emocional con ayuda de sensores biométricos.

1.4 Objetivos Específicos

1. Caracterizar la condición de autismo en niños y conocer las características de aprendizaje en ellos con ayuda de la respuesta presentada en los sensores.
2. Desarrollar un prototipo funcional hardware que permita realizar la medición y evaluación de diferentes emociones producto de estímulos definidos en niños con TEA.
3. Validar, desde un punto de vista conceptual, la capacidad de MMENA para cuantificar y analizar las percepciones transmitidas a los estímulos en niños con autismo de la fundación CENIDI a través de un panel de expertos.

1.5 Metodología

Para el desarrollo de este trabajo de grado se utilizó el Método de Investigación Conceptual, el cual tiene un gran valor científico por sus contribuciones al desarrollo de teorías, modelos y esquemas conceptuales que, posteriormente, deben ser validados usando otros métodos de investigación [9]. En conocimiento de las características que se deben tener en cuenta en el trabajo de grado se hace una breve adaptación de la metodología a utilizar ya que al ser una proyecto de investigación sobre un tema no tan documentado y que cada caso que está en el trastorno del espectro autista es diferente se plantea una metodología la cual servirá de apoyo en la investigación conceptual a realizar, sin embargo cabe aclarar que este modelo no es un manual detallado de cómo se aborda cada aspecto sino una ayuda para el correcto desarrollo de la investigación. Para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo de grado y teniendo en cuenta la metodología seleccionada fue necesario realizar las siguientes fases: Fase de Formulación del Problema de Investigación,

Fase de Análisis de Trabajos Relacionados, Fase de Exploración, Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual, Fase de Validación del Modelo Conceptual y Fase de Entrega. El flujo de estas fases se muestra en la Figura 2.

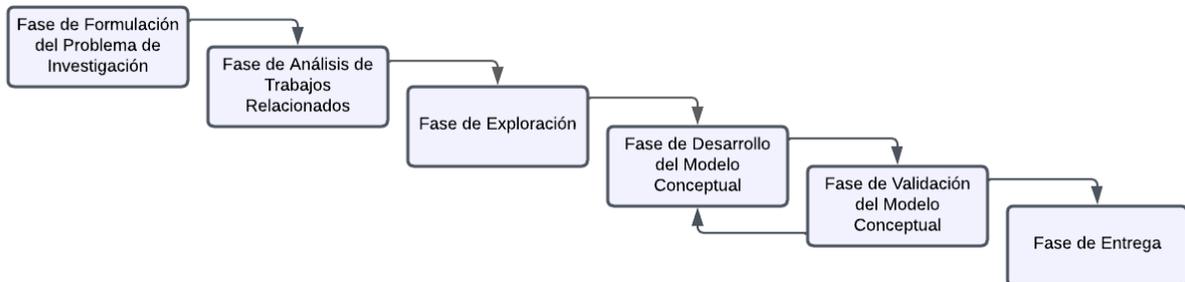


Figura 2. Fases de la metodología del trabajo de grado

1.5.1. Fase de Formulación del Problema de Investigación

En esta fase se identificó el contexto y los antecedentes generales del problema, la situación problemática, el tipo y propósito, la relevancia y se describen las preguntas e hipótesis de la investigación.

Actividad 1: Identificación del contexto y antecedentes generales del problema de investigación.

Actividad 2: Identificación de la situación problemática.

Actividad 3: Identificación del tipo y propósito de investigación.

Actividad 4: Identificación de la relevancia del proyecto.

Actividad 5: Descripción de las preguntas e hipótesis de la investigación.

Actividad 6: Retroalimentación sobre la fase de formulación del problema de investigación.

1.5.2. Fase de Análisis de Trabajos Relacionados

En esta fase se realizó una revisión detallada de los trabajos relacionados con la problemática a investigar con el objetivo de fortalecer y establecer una base de conocimiento sobre el tema tratado.

Actividad 7: Revisión de las teorías bases en relación con la problemática tratada.

Actividad 8: Revisión de los estudios relacionados con la problemática tratada.

Actividad 9: Estudio de las contribuciones y limitaciones de investigaciones relacionadas.

Actividad 10: Análisis de la bibliografía sobre sensores biométricos y su uso en el diagnóstico de emociones.

Actividad 11: Retroalimentación sobre la fase de análisis de trabajos relacionados.

1.5.3. Fase de Exploración

La construcción de la Fase de exploración tiene como objetivo contextualizar la información previamente consultada con determinadas evaluaciones en el entorno de exploración seleccionado, esto permite tener una confirmación sobre el por que es importante la realización del trabajo de grado. De igual manera permite caracterizar correctamente al usuario, y saber cuáles son los posibles inconvenientes que se deben tener en cuenta y así plantear el diseño a desarrollar.

Actividad 12: Planeación Fase de Exploración.

Actividad 13: Ejecución de las actividades a realizar.

Actividad 14: Análisis de Resultados de la Fase de Exploración.

Actividad 15: Retroalimentación sobre la Fase de Exploración.

1.5.4. Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual

La construcción de la Fase del desarrollo del modelo conceptual está soportada por el marco teórico desarrollado en la Fase 2. En esta Fase se debe generar primero el marco conceptual general en donde se sugieren las relaciones entre teorías, modelos y esquemas conceptuales y, por último, el modelo conceptual desarrollado en donde el investigador realiza el análisis y síntesis [9].

Actividad 16: Marco conceptual general.

Actividad 17: Desarrollo del modelo conceptual.

Actividad 18: Retroalimentación sobre la fase de desarrollo del modelo conceptual.

1.5.5. Fase de Validación del Modelo Conceptual

En esta fase se validaron los criterios del estudio para el desarrollo del modelo de prototipo funcional propuesto en relación a la problemática tratada. Los estudios conceptuales pueden ser validados por uno o varios de los 4 procedimientos siguientes: (a) Validez de Contenido por Panel de Expertos, (b) Argumentación Lógica, (c) Prueba del Concepto vía Construcción de un Artefacto y/o (d) Prueba de Concepto por Estudio Piloto de Encuestas [9].

Para el caso específico de este trabajo de investigación se hizo uso de los procedimientos (a) y (c). Con el procedimiento (a) se busca determinar por medio de un panel de expertos si el modelo es apropiado y cumple los criterios establecidos. Con el procedimiento (c) se busca materializar el modelo propuesto por medio de la construcción de un artefacto con el fin de validar su funcionamiento.

Actividad 19: Validación de contenido por panel de expertos.

Actividad 20: Prueba de concepto vía construcción de un prototipo funcional.

Actividad 21: Retroalimentación sobre fase de validación del modelo conceptual.

1.5.6. Fase de Entrega

Esta fase se compone de la elaboración y entrega de la monografía de trabajo de grado, la elaboración de un artículo de investigación de acuerdo con los resultados obtenidos, entrega del prototipo final desarrollado y finalmente, la sustentación del trabajo de grado ante los respectivos jurados de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.

Actividad 22: Elaboración del documento final de trabajo de grado el cual incluye el desarrollo y resultados del mismo.

Actividad 23: Elaboración del artículo de investigación en formato IEEE.

Actividad 24: Entrega del documento final de grado impreso y en memoria USB con la respectiva información, junto con el prototipo final.

Actividad 25: Sustentación del trabajo de grado.

1.5.7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El tiempo de desarrollo definido para el trabajo de grado es de 36 semanas o 9 meses como se evidencia en la Figura 3 a continuación:

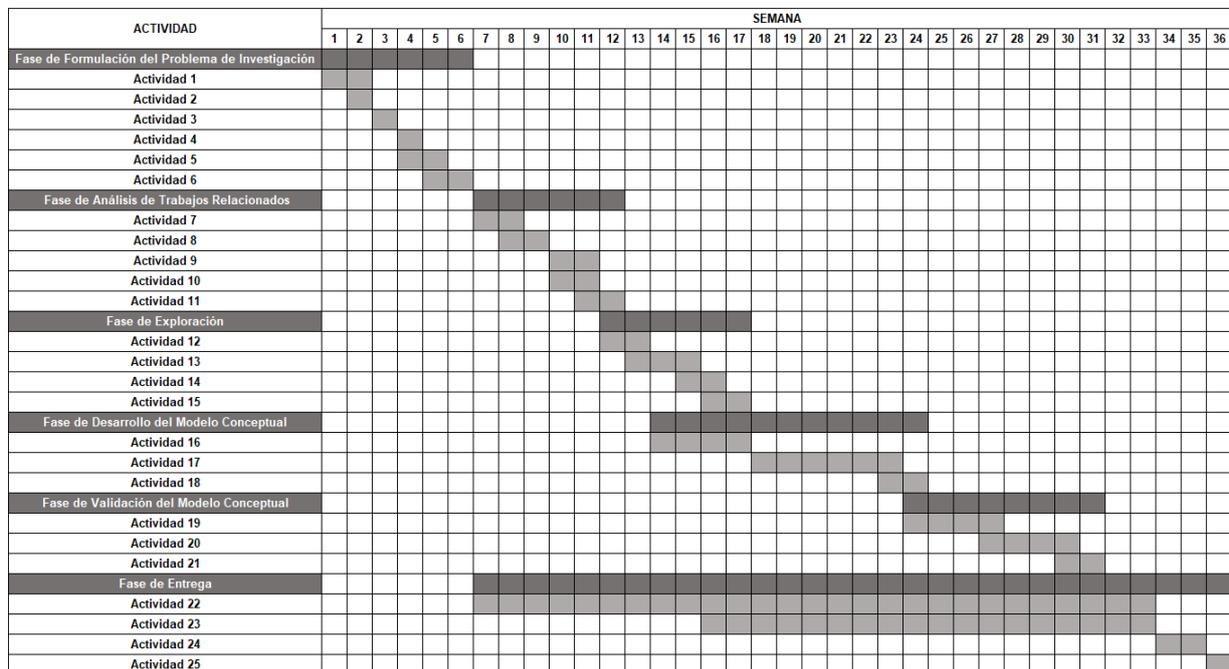


Figura 3. Cronograma de actividades.

1.6 Aportes del Proyecto

De acuerdo a lo mencionado en el Planteamiento del Problema, el presente proyecto de grado sugiere un modelo de medición emocional en niños con autismo utilizando sensores biométricos que sirva como herramienta para que se realicen procesos de enseñanza y aprendizaje más adecuados en niños con TEA y de esta forma lograr

generar mejores condiciones en su vida cotidiana. Esta afirmación se basa en literatura consultada [10] en la cual se describe el cómo al tener conocimiento o manejo de las emociones es necesaria por consiguiente se debe encaminar a tener maneras con las cuales se pueda entender de mejor manera que siente el sujeto (en este caso el niño) con el cual se está llevando a cabo la investigación.

Los principales aportes que se consideran incluyen (i) la caracterización de la condición del autismo en el niño de la fundación CENIDI teniendo en cuenta su entorno social, (ii) la caracterización del aprendizaje de niños con TEA dada la metodología de enseñanza aplicada actualmente, y (iii) la elaboración del prototipo funcional MENNA para medir con ayuda de sensores biométricos la respuesta aproximada a las emociones presentadas en un momento específico siguiendo las recomendaciones de expertos y la información existente sobre el tema durante el proceso de investigación; temas de interés en la línea de investigación de Interacción Humano-Computador (HCI).

1.7 Estructura del Documento

El documento para entregar está compuesto por 6 capítulos los cuales se describen brevemente a continuación:

Capítulo 1: En este capítulo se da una introducción del tema de investigación planteado para el trabajo de grado, de igual manera se expondrá el planteamiento del problema, los objetivos propuestos a cumplir, la presentación de la metodología usada en la investigación, los aportes que presenta el proyecto y la estructura del documento a entregar.

Capítulo 2: En este capítulo se describen las bases teóricas con las cuales se vio basada la investigación y previa ejecución del trabajo de grado. En esta sección se puede apreciar el marco teórico, los trabajos relacionados y las brechas que aún existen respecto al tema de investigación presentado.

Capítulo 3: En este capítulo se aprecia de qué manera se realiza la planeación, ejecución y análisis de la fase de exploración con la cual se busca caracterizar y saber las limitaciones que se cuentan para el desarrollo del trabajo de grado.

Capítulo 4: En este capítulo se realiza la explicación de la metodología seleccionada y utilizada en el proyecto con el fin de realizar el prototipo funcional de la investigación.

Capítulo 5: En este capítulo se presenta la validación del prototipo funcional, de esta manera se realiza la validación de contenido por el Panel de Expertos y la Prueba de Concepto para la construcción de un prototipo funcional.

Capítulo 6: En este capítulo se da la respectiva conclusión del proyecto y la propuesta de trabajos futuros a realizar, los cuales fueron obtenidos en la fase de desarrollo de la investigación.

En la Figura 4 se representa de qué manera es la estructura del documento.

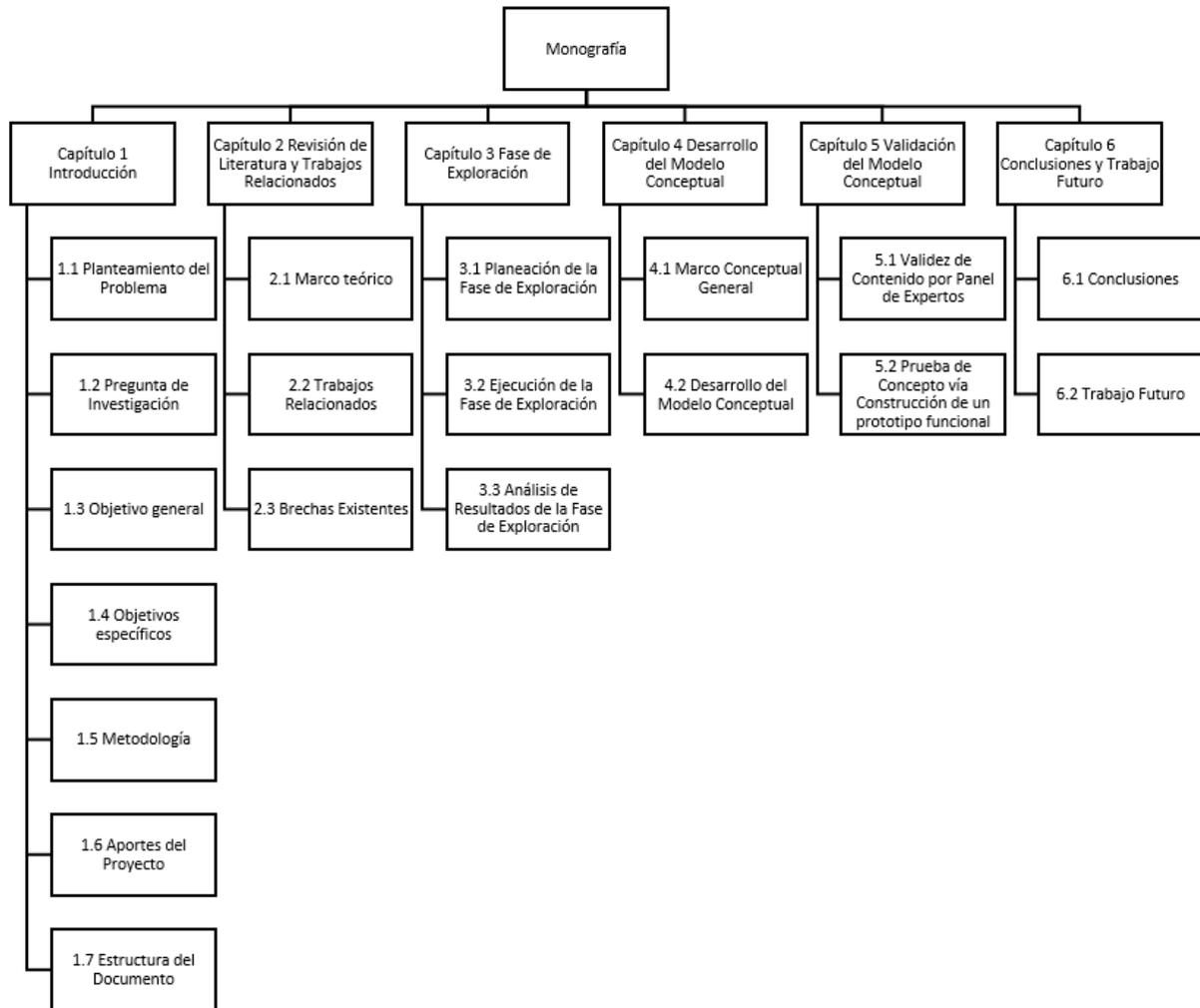


Figura 4. Estructura del documento

Capítulo 2

2. Revisión de Literatura y Trabajos Relacionados

En el presente capítulo se describen las bases teóricas con las cuales se vio basada la investigación y previa ejecución del trabajo de grado. En esta sección se puede apreciar el marco teórico, los trabajos relacionados y que brechas aún existen respecto al tema de investigación presentado.

Contenido

- 2.1 Marco Teórico
- 2.2 Trabajos Relacionados
- 2.3 Brechas Existentes

En resumen, la información definida en este capítulo se puede evidenciar en la Figura 5:

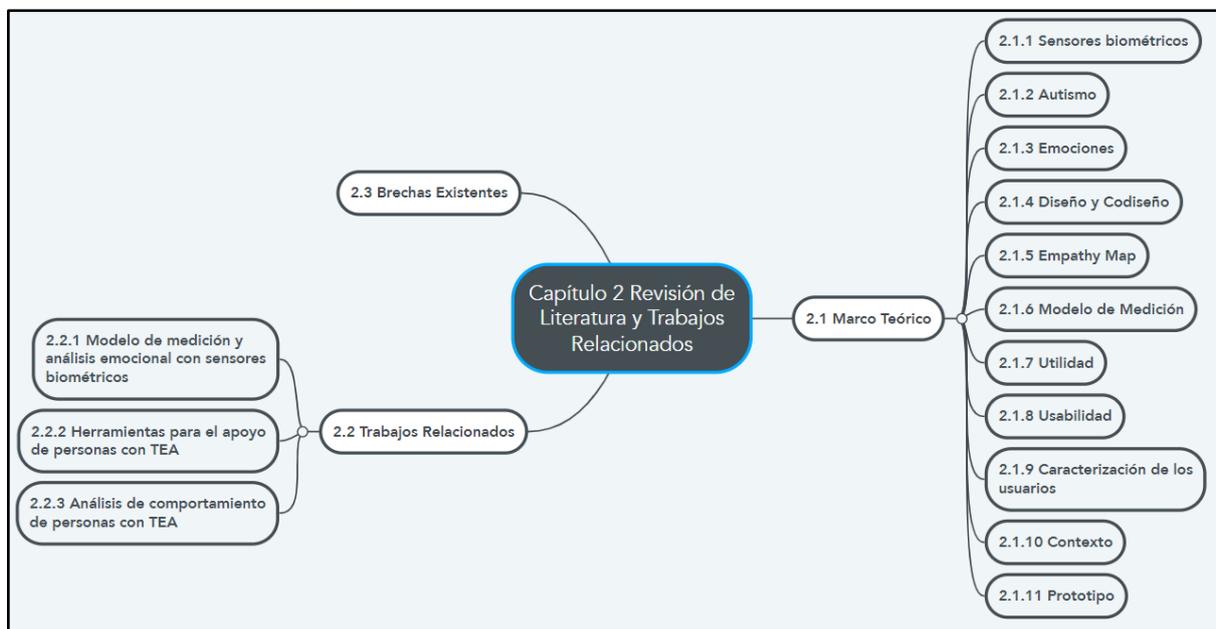


Figura 5. Mapa mental Capítulo 2

2.1. Marco Teórico

En esta sección se presenta una recopilación de consideraciones teóricas y diversos temas que soportan el contexto bajo el cual se despliega el trabajo realizado.

2.1.1. Sensores Biométricos

Los sensores biométricos son dispositivos que miden, codifican, comparan, almacenan, transmiten y/o identifican características personales utilizando diferentes tipos de sistemas biométricos, por ejemplo, huellas dactilares, cara, iris/retina, geometría de los dedos o mano, autenticación de voz y reconocimiento de firma [11]. Estos sensores utilizan algoritmos avanzados para analizar y comparar las características capturadas y se implementan comúnmente en sistemas de seguridad, como sistemas de acceso a edificios o dispositivos móviles, con el fin de asegurar que solo las personas autorizadas posean acceso. Sin embargo, existen más aplicaciones como el control de asistencia, bancos en línea, el seguimiento de la salud, etc.

Este tipo de sensores en el área de la salud analizan y estudian las señales biológicas del cuerpo humano y ha llegado a ser un importante indicador en el diagnóstico médico, el tratamiento y la monitorización pasiva de la salud [12]. Estos se utilizan para mejorar la eficiencia y la precisión de los tratamientos médicos. En esta aplicación se utilizan para recopilar datos sobre la salud de un paciente, como el ritmo cardíaco, la presión arterial, la frecuencia respiratoria y la actividad física; estos datos se utilizan posteriormente para monitorear la salud del paciente, detectar cualquier cambio que pueda indicar un problema de salud y crear modelos predictivos para mejorar la precisión de los diagnósticos.

Hay varios tipos de sensores biométricos, cada uno con sus propias ventajas y desventajas: los sensores de huellas dactilares, por ejemplo, son muy populares debido a su baja tasa de dar falsas mediciones y su capacidad para resistir la suplantación de identidad mediante el uso de réplicas, ya que, es muy poco probable que dos personas puedan llegar a tener el mismo patrón en sus huellas dactilares [13]. Sin embargo, estos sensores pueden ser engañosos si la huella dactilar está dañada o si el usuario tiene ciertas afecciones de la piel. Por otro lado, los sensores de reconocimiento facial son muy fáciles de usar ya que no requieren que el usuario toque nada; estos sensores utilizan características únicas del rostro de un individuo, como la distancia entre los ojos, la forma de la nariz y la posición de la boca, nuestra cara es una parte intrincada y altamente diferenciada de nuestro cuerpo y es uno de los sistemas de señales más complejos que existen en el ser humano [10]. Sin embargo, estos sensores pueden ser no confiables si el usuario utiliza una fotografía o una máscara para engañar al sistema. Por último, los sensores electrodérmicos que se utilizan para medir la actividad eléctrica de la piel y se basan en la teoría de que estas señales contienen información fisiológica que reflejan el bienestar humano y su salud [12] y varían según la respuesta emocional, fisiológica y conductual de un individuo. Sin embargo, es importante mencionar que esta tecnología aún no está completamente desarrollada y que sus resultados pueden ser influenciados por factores externos como la humedad y la temperatura.

En casi todo el mundo se están utilizando los sensores biométricos para brindar mayor seguridad al autenticar y realizar seguimientos a las personas. En Colombia no ha sido la excepción en donde la biometría comenzó a utilizarse principalmente por la Registraduría Nacional para la identificación de las personas, seguido a esto se exigió a las entidades financieras como los bancos que utilizan estas tecnologías para garantizar un grado de seguridad y confiabilidad más alto en las transacciones [14]. La tecnología de sensores biométricos continúa evolucionando, y se espera que en el futuro se desarrollen sensores que combinan varios tipos de características biométricas para aumentar la precisión, recopilar más datos y reducir el riesgo de fallo.

2.1.2. Autismo

El autismo es un trastorno del desarrollo neurológico que se caracteriza por dificultades en las habilidades sociales, de comunicación y comportamiento. El autismo está presente aproximadamente en una de cada 700 a 1000 personas; una de cada 1,000 personas presenta un cuadro de autismo clásico [15], con un claro predominio en el género masculino, con una proporción promedio de 4 a 1, esto puede explicarse por una base genética, aunque se cree que en las mujeres no se realiza tan frecuente el diagnóstico para determinar si se padece el trastorno y por consiguiente hay un subregistro de estos [16]. La manifestación concreta del autismo también variará en función de la edad, las capacidades cognitivas y de aprendizaje, así como la experiencia vital de la persona [17]. Los síntomas pueden variar ampliamente en gravedad y tipo, y pueden incluir dificultad para establecer contacto visual, comprender el lenguaje no verbal, interactuar socialmente, desarrollar intereses y habilidades restringidas y/o repetitivas.

En la actualidad el autismo ha adquirido una nueva concepción, dándose a conocer como Trastorno del Espectro Autista (TEA). Éste término fue propuesto por la psiquiatra británica Lorna Wing (1928-2014) quien refiere que el autismo es un trastorno de espectro, es decir, cubre una amplia gama de síntomas, habilidades y grados de discapacidad que una persona con este trastorno puede tener [18]. La característica común en todas estas condiciones como ya se mencionó es la dificultad para interactuar socialmente y comunicarse con los demás. Hasta la fecha no se han identificado marcadores biológicos específicos para los trastornos del espectro del autismo (en lo sucesivo denominados simplemente "autismo"). Es por ello que el autismo sigue definiéndose en virtud de los síntomas comportamentales [17].

Para mejorar las condiciones de vida de la persona que padece autismo su diagnóstico temprano es muy importante y actualmente se basa en la observación de los síntomas y comportamientos de la persona. Aunque no hay pruebas de laboratorio específicas para el autismo, los profesionales de la salud pueden utilizar herramientas y escalas de evaluación para ayudar a determinar si una persona cumple con los criterios para el trastorno del espectro autista. Actualmente podemos considerar que alrededor del año de vida, ya se pueden identificar los signos de alarma que se correlacionan con este trastorno. Estos signos son: escaso o nulo interés por el contacto ocular, ausencia de respuesta de orientación cuando se nombra al niño, ausencia de la conducta de señalar y ausencia de la conducta de mostrar objetos [15].

El tratamiento del autismo es concreto y altamente estructurado. A mayores dificultades de la persona, más estructurado se vuelve el procedimiento, al menos en sus fases iniciales [19] y varía según las necesidades individuales. Puede incluir terapias conductuales, terapias de comunicación, y educación especial. Aunque no existe una cura para el autismo, es posible que los niños y adultos con autismo puedan mejorar significativamente sus habilidades sociales y de comunicación con el tratamiento adecuado y el apoyo constante.

2.1.3. Emociones

La definición del término emoción es un medio con el cual el ser humano reacciona hacia una acción o acontecimiento a su alrededor, preparando así al cuerpo para que se dé la reacción esperada al estímulo que se le presente [20]. En este sentido las emociones que más permiten ejemplificar esto son el miedo, ya que al ser una emoción muy observada en cuestiones de situaciones peligrosas el cuerpo se comporta alejándose del peligro; este tipo de reacciones es diferente en cada persona y se verán dependiendo de las experiencias, lo que han aprendido y cuál es su situación en su entorno o con quienes interactúa diariamente, ya que una de las formas directas de aprender emociones es la observación que da un niño desde sus primeros momentos de vida de los seres que están a su alrededor [20].

Una de las características más definidas en el diagnóstico de las personas con trastorno del espectro autista es presentar una dificultad en la autopercepción y entendimiento de las emociones, dando así que su interacción con personas o seres a su alrededor en algunas ocasiones se vea como algo que les genera cierta incomodidad o malestar [21]; generando así algo conocido como hiperexcitación o hiperactivo [22]. Esta característica fue la base para la creación del concepto mismo en el cual y según su raíz griega da como significado “en sí mismo”, esto se define así ya que el niño no tiene la facilidad de comunicarse con el exterior imposibilitando así reconocer emociones propias de las personas a su alrededor y de él mismo [23].

En base a la información de los artículos relacionados se evidencia que el análisis de las emociones de los niños con autismo es importante al tener de esta manera una base de cómo el niño está interactuando con su entorno y que tan cómodo está con las actividades, mensajes o reacciones a su alrededor con lo cual se puede presentar una recopilación de información sobre los patrones de las emociones presentadas según lo que el niño observa, escucha o interactúa. El artículo investigado fue el resultado de un estudio realizado de forma virtual abriendo así un gran espacio de análisis de las emociones dentro del hogar y de cómo la interacción con personas con las cuales el niño se siente cómodo y tranquilo [24].

2.1.4. Diseño y Codiseño

En la definición de diseño se establece que es un proceso en el cual se crea algo, pero basándose en un propósito el cual es dar una solución o una perspectiva más objetiva de algo que quizás no está en la correcta disposición o como se espera de la manera en que esté [25]. El diseño tiene dos áreas fundamentales de las cuales las

que se emplean son las cuestiones funcionales y técnicos donde se exige al diseñador estudiar, investigar y modelar respecto al tema a manejar [26].

El término co-diseño se define como el proceso de participación que tiene el usuario en el proceso de diseño de un proyecto interactuando con el equipo encargado, este concepto está basado en que los usuarios finales o usuarios que requieren el proyecto de diseño tienen sus propias experiencias y esto aporta un punto de vista que da un enfoque de innovación y especialidad en el tema que el equipo encargado del proyecto no tendría sin hacer una investigación bastante detallada y aun así no tendría la suficiente experiencia que se requiere [27].

De esta manera se determina que el planteamiento del diseño para el proyecto debe tener cuatro etapas en las cuales se entienden las necesidades del usuario, pensar en soluciones según el entorno o contexto de la situación, diseño de alternativas en conjunto con el cliente y por último la construcción de la solución [28]; de esta manera y en apoyo de las etapas se define qué estrategias y actividades se deben ir planteando y defendiendo según sea el caso y de cómo con ayuda de los expertos se puede llegar a una solución o un proyecto más exitoso en donde el cliente y el equipo den por finalizado el proyecto.

2.1.5. Empathy Map

Una de las características más importantes de hoy en día en el desarrollo de proyectos funcionales es hacer que el usuario tenga una experiencia amena con la herramienta [29]. Por consiguiente, se debe tener un grado de acercamiento al usuario que va a hacer uso de desarrollo, ya que si no se hace de esta manera podría desencadenar que no se tenga una buena experiencia del usuario: esto es lo que debe buscar un desarrollador. Otra forma de verlo es conocer o saber cuál es el nivel de aceptación que tiene un usuario respecto a lo que se le presenta [30]. De esta manera es como se define el aspecto en que se debe conocer de primera mano todas las necesidades y expectativas que tiene el usuario al iniciar el proyecto, esto es una de las bases para empezar con la implementación de diferentes técnicas con las cuales lo que se busca es poder tener el acercamiento necesario al usuario, con el fin de tener los objetivos y características del usuario final [30].

El modelo de Empathy Map, va más allá de ver sólo cuáles son las características generales de una población, sino que van más allá, al perfilar a personas dependiendo, en primer lugar, de una serie de preguntas con las cuales se debe de llenar la Figura 6 mostrada a continuación:

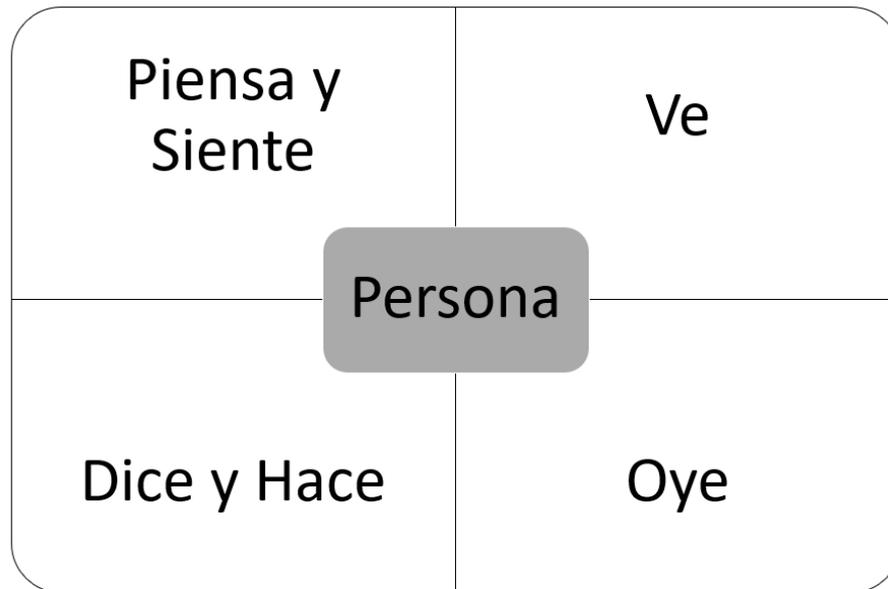


Figura 6. Modelo Empathy Map [46]

De igual manera esta información se da en base a los cuatro puntos descritos a continuación [46]:

- *Piensa y siente*: se debe tener en cuenta cuál es su comportamiento corporal, de qué manera habla y cómo es su interacción.
- *Ve*: lo que está a su alrededor y de qué forma lo ve.
- *Dice y Hace*: cómo se comunica con los demás a su alrededor.
- *Oye*: a quiénes escucha, quiénes son su ejemplo a las cuales va a seguir.

2.1.6. Modelo de medición

Un modelo de medición es un conjunto de reglas y procedimientos utilizados para medir una variable o conjunto de variables. Estos modelos proporcionan un marco para la recolección, análisis e interpretación de datos, y pueden ser utilizados para evaluar la calidad, el rendimiento, la productividad, la eficiencia, la satisfacción, entre otros aspectos [31-32].

En la actualidad, los modelos de medición se pueden basar en datos cuantitativos o cualitativos cada uno con diferentes objetivos y utilizados en diferentes ámbitos en el que su elección dependerá de lo que se quiera alcanzar y del contexto en donde se realice la medición. En un modelo de medición hay que tener en cuenta para evitar o minimizar errores que la precisión en las mediciones está influenciada por el que mide (observador), por aquello con lo que se mide (instrumento de medición); y por lo que es medido, o lo que es observado, ya sea sujeto o variables en estudio [31]. Es

importante además tener en cuenta que un modelo de medición debe ser válido y confiable para poder garantizar la precisión de los datos obtenidos y la validez, consistencia y confiabilidad de los datos medidos dependen, en buena parte, de la escala de medición que se adopte [32]. Se recomienda siempre definir la escala que se pretende utilizar en el modelo de medición debido a que a partir de ésta, depende el correcto análisis de los resultados para su posterior interpretación. Por lo general se distinguen cuatro escalas de medición: nominal, ordinal, de intervalo y de razones. Las escalas nominal y ordinal son no métricas y utilizadas para medir variables cualitativas. Entretanto, las de intervalos y de razones son métricas y se emplean para medir variables cuantitativas [32].

Los modelos de medición deben actualizarse, mejorarse y ajustarse continuamente de acuerdo con el contexto necesario para reflejar los cambios en el propósito, los objetivos y las condiciones de un dominio en particular, lo que garantiza que los datos recopilados brindan información precisa y relevante para la toma de decisiones y/o conclusiones válidas.

2.1.7. Utilidad

Según el diccionario de Cambridge, la utilidad se puede definir como la “*capacidad para satisfacer una necesidad concreta*” [33], esto se refiere a la medida en la que un producto o servicio pueden cubrir las necesidades y deseos de una persona.

La utilidad de un producto depende totalmente de su capacidad para satisfacer la necesidad o la demanda de un consumidor [34], este es un concepto subjetivo y personal, ya que depende de las preferencias individuales de cada consumidor y juega un papel importante en la toma de decisiones de los clientes para determinar cuáles productos o servicios son más deseables y cuáles les brindarán más satisfacción.

2.1.8. Usabilidad

Según el estándar ISO 9241-11:2018, se define la usabilidad como el “*grado en que un sistema, producto o servicio puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico*” [35], estas tres cualidades ayudan a identificar qué factor de usabilidad puede tener para una persona al utilizar un sistema, producto o servicio; eficacia y eficiencia significan que el producto responde a la necesidad del usuario de alcanzar un objetivo con precisión y rapidez [36], esto con el objetivo de que el producto le posibilite al usuario una ayuda para mejorar un requerimiento o problema que se tenga. Sin embargo, el criterio determinante para evaluar la usabilidad es la satisfacción debido a que esta se deriva totalmente de la percepción del usuario [36].

Este concepto entonces hace referencia a la facilidad de uso y comprensión de un producto, y es esencial para garantizar la satisfacción del usuario y el éxito del mismo. La usabilidad es el resultado de un proceso de diseño centrado en el usuario. Se trata de un proceso que examina cómo y por qué un usuario adoptará un producto y trata

de evaluar ese uso [37]. Si se tiene una usabilidad mala en lo que se ofrece, es probable que el usuario decida reemplazar por otro sistema, producto o servicio para lograr conseguir lo que se esperaría alcanzar.

Existen pruebas de usabilidad que se pueden implementar para determinar qué tan buena usabilidad puede tener un producto, el usuario debe realizar actividades reales y lo suficientemente completas con el producto que sirva de punto de partida para analizar en qué aspectos se encuentren las deficiencias del producto y en qué aspectos están las fortalezas. En [36] se definen dos tipos de pruebas de usabilidad las cuales dependen del momento que se realicen y el objeto del estudio, la primera se denomina como “pruebas formativas” en esta se realizan las pruebas mientras el producto está siendo desarrollado con el fin de encontrar errores y corregirlos, este tipo de prueba no requiere estudios tan grandes para ser aplicados. La segunda son las “pruebas sumativas” en donde se realizan las pruebas cuando el producto está por ser terminado con el fin de fijar métricas para validar que el producto cumple con lo esperado, este tipo de prueba si necesita estudios con muestras más grandes para alcanzar una validez suficiente.

En conclusión, para conseguir un buen nivel de usabilidad es primordial que se realice una correcta investigación y análisis de las necesidades, requerimientos y comportamientos que tenga usuario, además que se considere un correcto diseño en todo el desarrollo para lograr obtener una apropiada experiencia del interesado.

2.1.9. Caracterización de los usuarios

Según la Real Academia Española (RAE) el concepto caracterizar se define como: *“Determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás”* [38]. Entonces, la caracterización puede ayudar a definir cómo es la descripción de un individuo basada en características propias de este (la apariencia, su forma de ser, la manera en que se expresa, etc.). Al intentar caracterizar una persona se pueden tener diferencias en los puntos de vista debido a que esto se realiza de una manera subjetiva y depende completamente de las opiniones y percepciones de la persona que realice la caracterización.

En una investigación es importante definir muy bien las características del individuo o del objeto a estudiar, para esto se deben establecer los métodos, las técnicas y los instrumentos que se utilizan para la recolección de la información [39], con la finalidad de comprender de mejor manera con quien se está trabajando ya que esto puede ayudar a acortar el estudio y definir unas métricas claras a seguir para obtener los resultados más apropiados al tener cómo referencia dicha caracterización previamente realizada.

2.1.10. Contexto

La definición de contexto según la RAE es un *“entorno físico o de situación, político, histórico, cultural o de cualquier otra índole, en el que se considera un hecho”* [40], esto se refiere a la situación en que sucede algún acontecimiento y estas

particularidades pueden incluir el lugar en donde sucede, el tiempo, el entorno y las personas implicadas.

El contexto es bien definido y además cambia por los participantes en una situación específica, en [41] se refieren cuatro clases de contextos: el primero es el contexto situacional en el cual se hace referencia al entorno físico en donde se encuentra u ocurre la interacción; el segundo, es el contexto sociocultural donde, se hace referencia al “*conocimiento de fondo*”, es decir, a la información que viene dada por la sociedad y la cultura dentro del entorno en que se encuentre; el tercero es el contexto cognitivo que se hace referencia a “*inferencias y otras formas de razonamiento*”, en este tipo se tiene en cuenta la noción propia que se tenga al momento de realizar la interacción y de la cual sacamos primeras impresiones del contexto y, por último, es el contexto lingüístico en el que se hace alusión a la “*información lingüística que sigue a un enunciado*”, esto quiere decir que el contexto depende, por ejemplo, de lo que se haya hablado en el momento de interacción.

El contexto de uso de un producto tiene que ver con las condiciones o el lugar en donde se va a ser utilizado [42] y es importante identificar este contexto para obtener una usabilidad aceptable que brinde una buena experiencia al usuario con la finalidad de conseguir los objetivos propuestos con dicho producto.

2.1.11. Prototipo

En [42] se define el concepto de prototipo como “*una representación física o digital de elementos críticos del diseño y una herramienta iterativa para mejorar la comunicación, permitir el aprendizaje y fundamentar la toma de decisiones en cualquier punto del proceso de diseño*”. Un prototipo se puede utilizar para probar y evaluar objetivos o ideas en una primera instancia antes de tener un producto final, es importante para ayudar a entender de mejor manera el cumplimiento de los requerimientos o necesidades de los usuarios para mejorar en los puntos débiles del diseño o del funcionamiento. Los prototipos ayudan a responder a preguntas relacionadas con la deseabilidad, la viabilidad y la factibilidad del proyecto en cuestión [43].

Un prototipo puede ser tanto un modelo en tres dimensiones como de igual forma modelos no físicos como bocetos o representaciones digitales; se tiene la particularidad que los prototipos se pueden realizar ágilmente con presupuesto limitado para ayudar a identificar problemas y retroalimentar su implementación y construcción [44]. La elección del prototipo a utilizar depende de lo que se quiera conseguir en el proyecto teniendo en cuenta además el factor de tiempo y dinero que se pueda implementar en el desarrollo del mismo, en [45] se da una representación para la construcción de un prototipo y se mencionan tres pasos principales: 1) la elaboración de un patrón, modelo o propuesta, 2) revisión por parte de los usuarios y 3) se pregunta si cumple con lo esperado, a partir de este momento si hay observaciones se vuelve a una etapa de diseño y se vuelve al mismo ciclo, cuando no existan observaciones se evalúa si se alcanzaron los objetivos. En la Figura 7 se puede observar de mejor manera lo expresado anteriormente:

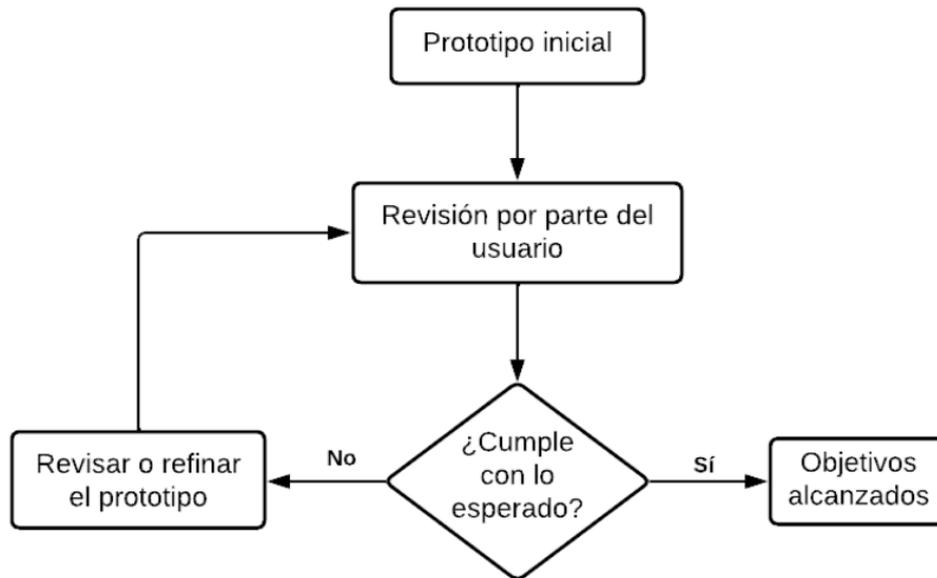


Figura 7. Proceso de un prototipo. (Fuente: Propia tomada de [45])

Con un prototipo se puede dar validez a un proyecto por la capacidad de probar, demostrar y mejorar la idea o el planteamiento por medio de este, para garantizar que el objetivo propuesto se alcanzó y que el prototipo es válido o exitoso, es importante que tanto el diseñador como el usuario deban estar implicados en la parte del proceso de diseño [44].

2.2. Trabajos Relacionados

En este apartado se define cuáles son los trabajos en los cuales se realiza la base para conocer qué recomendaciones y directrices han dado diferentes autores a nivel global con el fin de que se reconozca que tecnologías y análisis han realizado anteriormente, de igual manera se describen trabajos destacados acerca de medición de emociones en personas con TEA.

2.2.1. Modelos de medición y análisis emocional con sensores biométricos

En la búsqueda de trabajos relacionados, se destacan algunas investigaciones recientes acerca de diferentes formas o modelos de medición de emociones con diferentes objetivos propuestos por los autores.

Los autores Z. Fadhil y A. Mandeel presentan en su investigación [47] la implementación de un sistema de monitoreo de diferentes emociones de niños con autismo con el objetivo de brindar a los especialistas una herramienta para realizar el seguimiento de sus pacientes de forma remota usando el concepto de IoT (Internet of Things). Los autores utilizan un sensor GSR (Galvanic Skin Response) para recolectar la información biométrica de la conductividad eléctrica en la piel y a través

de un módulo ESP8266 mediante el protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) se registran los datos vía internet en un servidor para su posterior visualización en un dispositivo final. Los autores evalúan el desempeño de la implementación comparando los resultados obtenidos a diferentes reacciones emocionales con catorce niños con autismo y sin autismo en un rango de edad de seis a diez años. Como conclusión se observa que, comparando los resultados, los niños sin autismo presentan patrones regulares y repetitivos en los datos captados por el sensor a diferentes emociones y que en el caso de los niños con autismo los resultados obtenidos varían en cuanto presentan patrones irregulares en las emociones presentadas.

El autor C. Manso [48] presenta un trabajo que expone el diseño de una aplicación en un reloj inteligente con sistema operativo Android, el cual recolecta información biométrica como el pulso cardíaco y el movimiento del sujeto con ayuda de los sensores integrados de estos dispositivos y los envía a un dispositivo móvil por medio de Bluetooth, al identificar una alteración emocional en personas con TEA como el estrés, se presenta una estrategia por medio de pictogramas para dar finalización a este episodio. El autor muestra el proceso de estudio, diseño y problemas obtenidos a lo largo del trabajo tanto de la aplicación, como también de la estrategia que se implementó para lograr la regulación emocional en momentos de crisis. El autor desarrolla un plan de pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación en diferentes entornos.

En el trabajo presentado por W. Montoya [49] se plantea una solución tecnológica tanto de hardware como de software para dar alertas en tiempo real en cambios emocionales de niños con TEA en sesiones terapéuticas con ayuda de señales biométricas. El autor desarrolla este sistema con una diadema auricular Mindwave Mobile 2 que sensa las ondas cerebrales y posteriormente se procesa la información por medio de un software en forma de aplicación móvil en un sistema operativo Android. El autor desarrolla un plan de evaluación del desempeño por medio de un plan de pruebas funcionales y compara el rendimiento con el planteamiento teórico para obtener como resultado que se cumplen con las necesidades expuestas a lo largo del documento.

Finalmente, se presenta un artículo de investigación en el cual los autores A. Abril, S. Pérez y H. Facchini [10], presentan un documento estructurado por secciones en donde se tratan temas conceptuales sobre las emociones y su influencia en el trastorno del espectro autista, interfaces afectivas, se realiza una revisión del estado del arte de las plataformas biométricas de la afectividad, por último, se describe la propuesta del experimento y se establecen las conclusiones. Los autores presentan el proyecto piloto que se encarga de reconocer y clasificar patrones de señales biométricas con una interfaz cerebro-computadora no invasiva *InterAxon Muse* de cuatro electrodos para ayudar a determinar patrones del estado emocional en donde se utilizaron diferentes estímulos para que el sujeto tenga distintas emociones y así entrenar modelos de aprendizaje automático, con el fin de tratar pacientes con trastornos de atención y que sirva como base para una plataforma más compleja que ayude en la atención a pacientes con TEA.

2.2.2. Herramientas para el apoyo de personas con TEA

Por otro lado, en la búsqueda de literatura de herramientas que sirvan de apoyo o de regulación (ya sea emocional o física) en personas con autismo, sobresalen algunas investigaciones realizadas en los últimos años:

Los autores C. Gallardo, A. Rodríguez y M. Caurcel en [50] presentan un artículo de investigación donde se analiza una evaluación sobre las aplicaciones desarrolladas y distribuidas en la Play Store, tanto en idioma inglés como español con el fin de saber que tan acertadas son en su funcionamiento y finalidad para el uso que se les requiere que es el apoyo a los profesionales del autismo. La evaluación realizada por los autores es por medio del *“Sistema de indicadores e instrumentos para la Evaluación y Selección de Apps para personas con TEA”*, en el cual la principal medida o punto de partida es los diferentes estímulos dados a los niños en el espectro que hacen uso de este tipo de aplicativo, esto se realiza por medio del análisis de la calidad, diseño, contenido y pedagogía utilizada. Como resultado de la investigación se puede comprobar que de los 150 aplicativos probados solo 14 de ellos cumplen con los estándares planteados por los autores [50].

Los autores A. Hassan, N. Pinkwart y M. Shafi [51] exponen una evaluación de cuarenta juegos desarrollados entre el año 2000 y 2019 creados para mejorar el comportamiento social de individuos con TEA haciendo énfasis en niños con la finalidad de saber qué tan bien diseñados están, como podrían ser mejorados y qué tanta relación tienen a solucionar la falencia en el reconocimiento de las emociones humanas, el estudio se formula haciendo uso de la escala Cannolly con la cual se evaluaron juegos en categoría de serios (quiere decir que son en base a investigación y genera un bien en el usuario que haga uso de él), de esta manera se reconoce que al menos 7 de ellos cumplen con la especificaciones presentadas y pueden dar un apoyo a los niños [50]. Finalmente, como conclusión se observa que los juegos serios han demostrado ser de gran utilidad en la formación de los individuos, mejorando así sus habilidades sociales y emocionales.

El trabajo realizado en el artículo de investigación en [52], se presenta una solución por medio de una plataforma denominada Neurohab para el entrenamiento de actividades cotidianas en un ambiente controlado por medio de juegos serios altamente interactivos y activos a personas con TEA, donde no solo se ve un enfoque en dar apoyo al proceso de educación sino al proceso de tareas diarias con las cuales el individuo debe sentirse cómodo y poder realizar por sí solo, esto con el fin de permitirle cierta autonomía en su rutina diaria. Esta plataforma está dirigida tanto para pacientes con TEA como también para terapeutas que quieran dar un seguimiento al desarrollo de las habilidades de sus pacientes.

En la investigación presentada por J. Sevilla, L. Vera, G. Herrera y M. Fernández en [12], se plantea un sistema mediante uso de tecnologías como realidad virtual (VR) y realidad aumentada espacial (SAR) para ayudar en el desarrollo personal en diferentes áreas a personas con TEA siguiendo el IWS (Individual Work System). Los autores desarrollan un sistema que cuenta con diferentes tipos de sensores que realizan un seguimiento de la mirada, señales biométricas y estado emocional

mediante análisis facial en las dos versiones (VR y SAR) para evaluar el nivel de concentración y el estado general de la persona con TEA realizando un trabajo en específico. Los autores evalúan el desempeño y comparan la implementación apoyada en la realidad virtual y el sistema de trabajo individual con 4 personas con TEA por un periodo de 5 semanas.

2.2.3. Análisis de comportamiento de personas con TEA

Finalmente, se destacan algunas investigaciones recientes acerca del análisis del comportamiento en personas con TEA.

En la investigación presentada por S. Cibralic, J. Kohlhoff, N. Wallace, C. McMahon y V. Eapen en [53] se expone una revisión sistemática de la documentación existente sobre la capacidad de regulación de las emociones (ER: Emotion Regulation) en niños con TEA de un rango de edad de 12 a 72 meses. Los autores identifican de un limitado número de estudios un total de 15 artículos acorde con el tema, en donde encontraron que los niños con TEA tienen maneras distintas de regular las emociones y existe una dependencia de otras personas para este propósito, también, encontraron que los tratamientos en conjunto con los padres y los niños mejoran notablemente las habilidades de ER en los niños.

El autor C. Min [54] presenta una infraestructura que detecta y registra patrones de comportamiento de niños con TEA. El autor plantea dos plataformas, la primera se basa en un dispositivo tipo wearable que tiene como sensor principal un acelerómetro que detecta patrones del comportamiento autista, y la segunda, un sistema de cámaras y micrófonos que se encargan de registrar y almacenar cuando se detectan los comportamientos del sujeto en una habitación. El autor realiza las muestras con cuatro niños con TEA y se analiza cuatro patrones de autoestimulación los cuales fueron alejarse, golpear, tamborear y mecerse. Para clasificar los datos del acelerómetro, se utilizó un sistema basado en el modelo de Markov oculto (HMM), además, se utiliza la frecuencia y velocidad del movimiento del brazo debido a que generan diferentes valores DC (Corriente Directa) en los datos del acelerómetro y de este modo se puede entender y distinguir las posiciones del brazo y las actividades implicadas. El autor analiza y almacena más de cuarenta horas de datos y a partir de esos resultados logró detectar los patrones autoestimulatorios autistas con una precisión del 91,5% [54].

2.3. Brechas Existentes

La revisión de literatura previamente mencionada en la sección 2.2 evidencia escasa documentación existente sobre el tema tratado en este trabajo de grado. Sin embargo, las investigaciones encontradas para la medición de emociones con sensores biométricos, el apoyo y el análisis del comportamiento de personas con TEA se observa que la mayoría de los estudios son generalizados y no se enfatiza o se enfoca únicamente en niños. Además, es importante mencionar que cada persona tiene necesidades con características propias por lo que un estudio en estas condiciones puede tener resultados favorables en el contexto que se implemente, pero no

garantiza que se obtengan esos mismos resultados en otras circunstancias y con diferentes personas.

El enfoque que actualmente se implementa en terapias de niños con TEA ya sea para la regulación emocional o en el desarrollo de una habilidad social se da por medio de sesiones presenciales con un terapeuta lo que conlleva a un costo adicional que no todas las personas pueden asumir. Hay algunas investigaciones que utilizando tecnologías biométricas y de IoT puedan facilitar a médicos o terapeutas el seguimiento de sus pacientes con TEA de forma remota [47], sin embargo, aunque en este tipo de investigaciones se logren obtener resultados válidos no están siendo implementados y se opta por seguir con los tratamientos convencionales.

Aunque en algunas de las investigaciones consultadas [47] [48] [52] se logren resultados favorables, aún estas tecnologías biométricas que se utilizan no son tan efectivas y utilizadas debido a variaciones en sus mediciones por diferentes factores externos ajenos a los sensores. Por otro lado, en otros trabajos [10] [12] [49] [54] utilizan dispositivos costosos, de difícil adquisición y/o con una complejidad alta en su manejo en lo que resulta complicada su implementación a gran escala.

Capítulo 3

3. Fase de Exploración

En este capítulo se expone de qué manera se realiza la planeación, ejecución y análisis de la fase de exploración con la cual se busca caracterizar y saber las limitaciones que se cuentan para el desarrollo del trabajo de grado pero, a la vez, identificar, valorar, cuantificar y resaltar los elementos favorables al desarrollo óptimo del objetivo del trabajo propuesto.

Contenido

3.1 Planeación de la Fase de Exploración

3.2 Ejecución de la Fase de Exploración

3.3 Análisis de Resultados de la Fase de Exploración

En resumen, la información definida en este capítulo se puede evidenciar en la Figura 8:

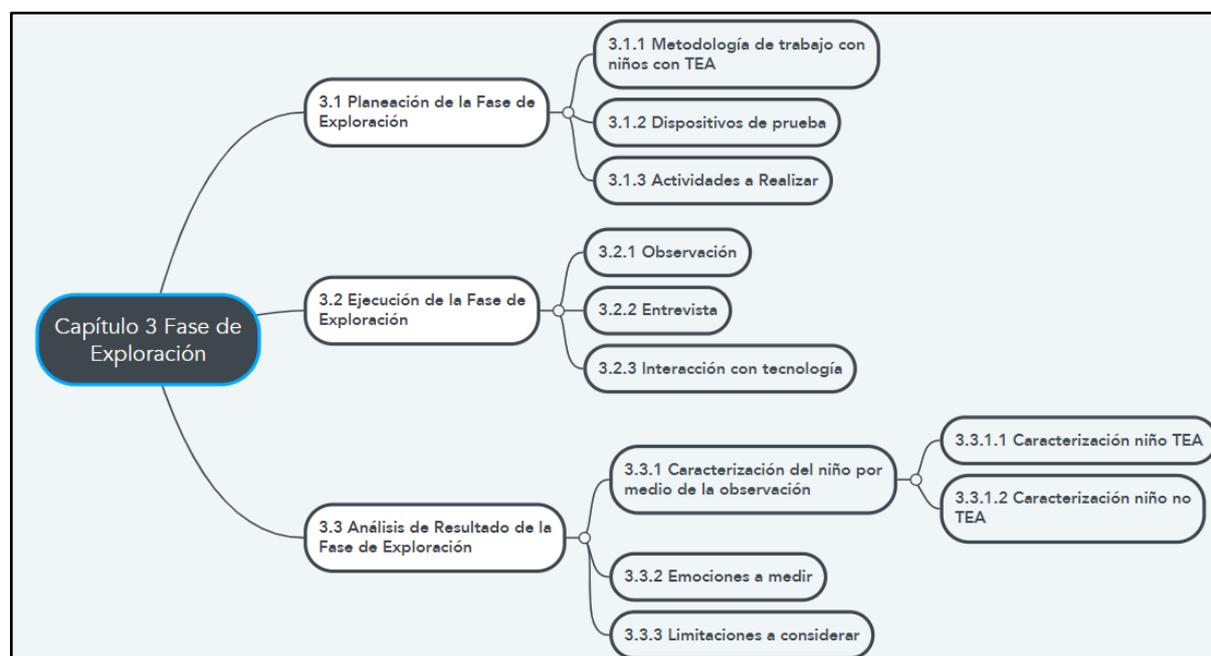


Figura 8. Mapa mental Capítulo 3

En el capítulo 2 del presente trabajo se estableció una base de conocimiento del tema tratado y se evidenciaron algunas brechas existentes en la documentación, tecnologías y costos de los dispositivos utilizados. En esta fase se busca un punto de referencia y/o apoyo que permita abordar y caracterizar de manera efectiva el tema y dar inicio al desarrollo del modelo de medición emocional en niños con autismo con ayuda de sensores biométricos propuesto y que se ajuste a las necesidades y características del niño con TEA de la fundación CENIDI, además, garantizar que los datos recopilados por los sensores sean lo más precisos y confiables posibles.

La Fase de Exploración propuesta en este capítulo tuvo una duración aproximada de seis semanas y se divide en tres etapas cómo son: primera, ***Etapa de Planeación:*** su propósito es fundamental y en ella se consideran todos los posibles escenarios y variables relacionadas en el trabajo en conjunto a realizar con el niño con TEA y las personas relacionadas con él y la investigación, con el fin de tener una visión clara del proceso y definir los objetivos y actividades a desarrollar en las siguientes etapas; segunda, ***Etapa de Ejecución:*** aquí, se da inicio al desarrollo de las actividades y objetivos planteados en la primera etapa; tercera, ***Etapa de Análisis de Resultados:*** donde se recolecta la información obtenida durante la etapa de ejecución y se interpretan los resultados realizando las evaluaciones correspondientes para validar la efectividad de los datos.

3.1 Planeación de la Fase de Exploración

La base en la investigación del trabajo de grado consiste en cómo se puede lograr entender de qué manera se sienten los niños con TEA en un entorno escolar según los diferentes estímulos presentados, donde no se tiene manejo o conocimiento del campo a tratar o, bien, se debe considerar que es un área donde las oportunidades de aprendizaje son infinitas. Además, no se cuenta con el suficiente interés general en estos temas y, al seguir un orden con estas ideas, se inicia la fase de exploración para así conocer, en primera instancia, el contexto y el entorno en el que los niños se encuentran.

3.1.1 Metodología de trabajo con niños con TEA

En primer lugar, se define el proceso que se debe seguir para trabajar con algunos niños con TEA y se fundamenta en diferentes experiencias del personal administrativo, en docentes y de acompañamiento en el instituto CENIDI, logrando así la población en la fundación. Esto se hace con el debido acercamiento directo con los directivos de la entidad para exponer los objetivos del proyecto y obtener su aceptación e interés. De esta manera la retroalimentación y experiencia con la que ellos cuentan, permitirá tener una visión más clara de qué cosas se pueden realizar y de qué temas ellos tienen conocimiento de primera mano para saber que hacer o no hacer y no tener la reacción contraria a lo que se busca: que el niño o los niños rechacen la interacción que se plantea para realizar. Esto podría ocasionar tanto la no realización de la debida caracterización como la no continuación del co-diseño y pruebas del prototipo MMENA que se ha planteado.

El paso para seguir es hablar con los padres, acudientes o personas a cargo del niño, garantizando que los objetivos del trabajo pueden lograrse y cuyo acercamiento se da gracias a la fundación. De esta manera se comunica cuáles son los objetivos, metodologías y pruebas que se plantea realizar con el niño en aras de tener la aprobación y recomendación del acudiente, ya que al ser la persona que más tiempo y espacio interactúa con el niño se tiene aún más apreciaciones de cómo poder tener un buen acercamiento al infante; la interacción con el adulto a cargo se confirma al obtener un consentimiento firmado con el fin de tener el permiso de que se pueda seguir con el debido proceso. Este documento se encuentra en el Anexo A donde se evidencia a detalle lo entregado a los padres.

La metodología para emplear es realizar visitas cada semana en el mismo horario antes de quedarse a solas con el niño con el fin de que él perciba que se hace parte de su rutina escolar y no le sea extraño interactuar en solitario con los autores de este trabajo. Esto permitirá que no haya distracción en el salón de clase y que a su vez el infante siga en las instalaciones de la fundación la cual es un espacio seguro y tranquilo para él. Mediante un documento se lleva un control de asistencia y se llena en cada visita que se realiza en la fundación, este documento se puede encontrar en el Anexo B.

3.1.2 Dispositivos de prueba

En los diferentes momentos de acompañamiento o visitas a la fundación se percibe el acercamiento o interés del niño con el reloj inteligente, el cual debe estar próximo a él. Además, como se conoce de primera mano, por las palabras de los docentes, que manifiestan que el niño tiene gustos hacia la tecnología y es bueno haciendo uso de ella. Por consiguiente, primero se procede a acercar el dispositivo en una persona diferente y después se acerca a la mesa de trabajo en la cual él recibe sus clases. De esta manera se evidencia el interés que tiene el niño al dispositivo observado en la Figura 9.



Figura 9. Apple Watch SE [55]

El dispositivo cuenta con varias aplicaciones para medir el pulso cardiaco, el tiempo de actividades, entre otras. Además de las características de software amigable y fácil de usar, tiene un hardware cómodo y sencillo para que el niño pueda hacer uso de él y le llame la atención. Después de lo detallado anteriormente se selecciona el dispositivo para realizar pruebas de acercamiento y para saber el tipo de sensor biométrico que se puede utilizar con base a los estímulos con los cuales el niño está más cómodo y así plantear las pruebas de validación posteriores al diseño.

3.1.3 Actividades a Realizar

Según las recomendaciones recibidas de todas las personas que interactúan con el niño, se definen diferentes actividades con las cuales se realizará la etapa de ejecución de la fase de exploración que será definida en 3.2, y está compuesta de las siguientes actividades:

- Visitas continuas en el horario permitido por la fundación, las cuales constan de dos horas por semana específicamente el día lunes. El horario se da con el fin de no distraer al niño mucho tiempo y no incurrir en que su proceso de educación tenga fallas o que falte a muchas actividades realizadas por el maestro.
- Prueba de acercamiento y, observar qué tanta tolerancia tiene el niño, al tener cosas sobre su cuerpo más concretamente en el brazo, muñeca o mano; con este fin, se usan las pulseras de goma, como se observa en la figura 10, las cuales son fáciles de poner y no generan molestia en la persona al ser flojas y suaves al tacto.



Figura 10. Pulsera goma [56]

- De la misma manera que en la anterior actividad se procede a poner el reloj inteligente en el brazo del niño y observar sus reacciones a un dispositivo con pantalla táctil con la cual él pueda interactuar.
- ¡Observar las diferentes reacciones del niño es esencial! Esto, para reconocer cualquier signo de incomodidad durante la investigación y, de manera apropiada, asegurarse que se sienta cómodo y tranquilo en presencia de los autores de este trabajo. Al prestar atención a las expresiones faciales, el

lenguaje corporal y las respuestas verbales del niño, el equipo podrá identificar cualquier señal que el infante esté experimentando: estrés o incomodidad, lo que nos permitirá ajustar el enfoque y garantizar el mejor ambiente posible.

3.2 Ejecución de la Fase de Exploración

Al contar con los permisos necesarios se empieza con ayuda de los terapeutas y profesores de la institución a realizar acercamientos, en sesiones síncronas y cortas con los niños candidatos de la investigación. Se tienen evidencias de dos niños con TEA. El primero, tiene un nivel de trastorno menos pronunciado ya que está más familiarizado con el ambiente de la fundación; además, no presenta problemas tan relevantes en su desarrollo personal. Por otro lado, el segundo niño, tenía muchas dificultades para tolerar el entorno donde se labora y muestra serias dificultades y complicaciones para prestar atención y para hacer caso a las indicaciones hechas por el profesor en el aula de clase. Además, y esto es de fundamental importancia, es que su estancia como la asistencia a la fundación fueron muy irregulares, y conllevando complicaciones para acordar las sesiones con el niño. Otro tema importante fue el grado de tolerancia al acercamiento con el niño, el cual era muy limitado al no permitir que personas desconocidas interactúen con él. Tras evaluar las opciones, se decidió enfocar la investigación en el primer niño mencionado debido a las dificultades previamente mencionadas que se tuvo con el segundo niño.

3.2.1 Observación

En algunas sesiones se plantea la idea de realizar las actividades de acercamiento al niño en su aula de clase mientras el profesor dicta su temática para ver el comportamiento y analizar sus emociones en diferentes momentos de la clase. Se encontró que el ambiente es muy adecuado y personalizado para cada niño por lo que no se sufre mayores alteraciones en el estado emocional si la clase continúa con normalidad. Por otra parte, en momentos cuando se presentaba mucho ruido o que otros niños no hicieran lo que les pedía el profesor, el niño con TEA se sentía agobiado por tanto ruido e información. Él procedía a alterarse y mostraba como resultado, golpear continuamente la mesa o aplaudir y luego, empezar a hablar en un tono de voz más alto para intentar ser escuchado por los otros compañeros en el aula de clase.

En estas sesiones el niño siempre estuvo acompañado por un terapeuta debido a diferentes crisis que se pueden presentar según el día y las molestias del niño. Por todos estos motivos se concluye que lo mejor es trabajar fuera del salón en donde se pueda tener comunicación más directa y sin distracciones para el niño, después de haber estado un tiempo a su alrededor y cuando el terapeuta y el docente vieran pertinente que el acercamiento podría darse sin tener riesgo a que el niño no estuviera cómodo.

Por medio de este acercamiento y las diferentes visitas se puede definir, personalmente, el contexto en el que se encuentra y así determinar la sección del Empathy Map en el qué “ve” y en el qué “oye”.

3.2.2 Entrevista

Al poder comunicarse libremente con el niño después de algunas visitas se procede a hacer los primeros pasos de la caracterización personal, o como en el Empathy Map se define lo que él “dice y hace” y “piensa y siente”, el proceso se realiza ya por medio del método de entrevista, como por medio de ciertas preguntas definidas con las que se puedan obtener respuestas sencillas. De igual manera, él puede entender a qué se refiere la pregunta al ser puntual. Esta actividad se realiza de manera presencial con el niño y tiene como contenido las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es tu nombre completo?
2. ¿Puedes escribirlo?
3. ¿Cuántos años tienes?
4. ¿Te gusta la música?
5. ¿Cuál es tu juguete favorito?
6. ¿Te gustan los celulares?
7. ¿Qué observas en youtube?
8. ¿Cuál es tu comida favorita?
9. ¿Te gustan los animales?, ¿Tienes mascotas?
10. ¿Te gusta dibujar?

En el proceso de entrevista se procede a sentar al niño en un espacio fuera del salón de clases para así evitar posibles perturbaciones producto del ruido de los otros niños. Las respuestas obtenidas, por pregunta, se pueden apreciar a continuación:

1. El niño reconoce su nombre y apellido.
2. El niño puede escribir su nombre correctamente con una letra grande.

La respuesta a estas dos preguntas por cuestiones de seguridad no pueden mostrarse ni ser presentadas en el documento, ya que se trata de información privada de un menor de edad.

3. 12 años.
4. Si.
5. Robot juguete.
6. Si, fly sl 400 M.
7. Muñequitos de Televisión.
8. Perros calientes, papas lays. Almuerzo, arroz y agua.
9. Patos, gansos, avestruces; mascota un gato llamado micha.
10. Si, juegos.

Las respuestas a estas preguntas fueron respaldadas por dibujos realizados por el niño que pueden observarse en la figura 11:

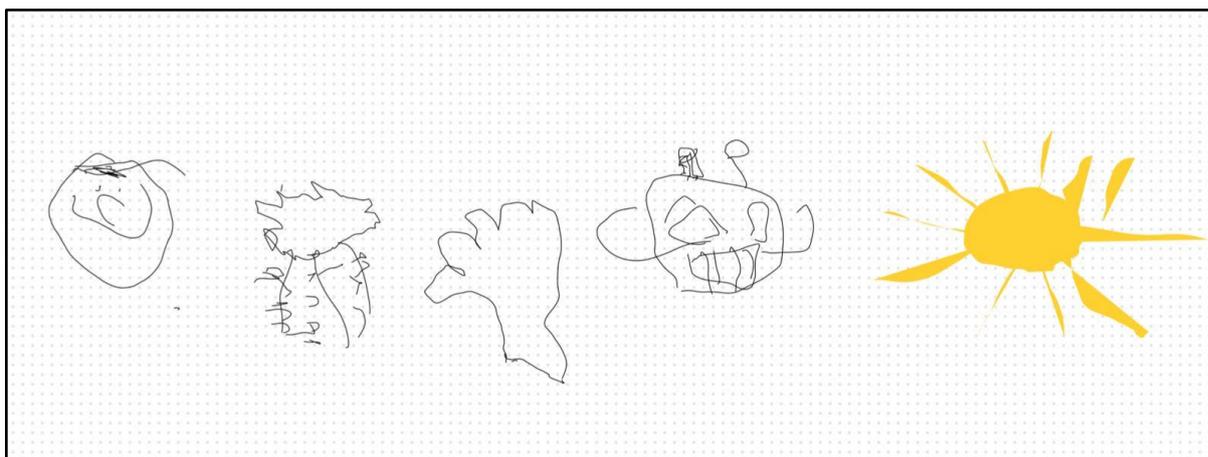


Figura 11. Dibujo muestra hecho por el niño con TEA

Luego de realizar la entrevista en el niño con TEA se obtuvieron algunas conclusiones principales:

- El niño tiene total conciencia de quien es generando así que él cuente con cierta autonomía de su persona.
- Siente y reconoce el afecto y gusto a sus cosas preferidas, como su comida favorita que al mencionarlo su rostro muestra total felicidad y se lame la boca con gusto; de igual manera a sus juegos favoritos o programas de preferencia el niño demuestra mucho interés y conocimiento sobre el tema, y lo comunica con total claridad y naturalidad.

3.2.3 Interacción con Tecnología

Luego de identificar la tolerancia e interés del niño con la puesta de la pulsera de goma, se procede a realizar el mismo ejercicio con el reloj inteligente Apple Watch SE [55]. Al contar con una pantalla táctil con la que el niño pueda interactuar se espera observar la reacción al llevarlo puesto y de esta manera poder identificar qué dispositivos utilizar para el posterior desarrollo del prototipo funcional MMENA que se expondrá más adelante en este documento.

La interacción con la tecnología que tiene el niño es tan vivida o vivaz que hasta se evidencia un interés al dispositivo de smart band y reconocimiento del modelo de celular que su memoria guarda, en sí mismo, como el dibujo que se observa en la Figura 11, dibujo que fue realizado en un dispositivo tipo Tablet, dándonos muestras que nos permitan reconocer qué tan relacionado está con el uso de este tipo de dispositivos portátiles. Enseguida de esto, se hace el acercamiento con computadores portátiles observando el interés del niño y mostrándonos, claramente, que tiene gustos por ver televisión, jugar videojuegos en el celular y reconoce el uso de tabletas, indicando que es un excelente candidato para utilizar el prototipo MMENA puede ser usado y no generaría rechazo alguno.

3.3 Análisis de Resultados de la Fase de Exploración

Mediante la recopilación de toda la información previamente descrita, se procede a realizar la caracterización del niño con TEA permitiendo, así, reconocer qué características se pueden aplicar para el diseño del dispositivo. De igual manera se realiza la descripción y previa caracterización de un niño con el mismo rango de edad con el fin de realizar una comparación de resultados.

3.3.1 Caracterización del niño por medio de la observación

La debida caracterización de los niños se hace por medio de la técnica de Empathy Map en la cual se hace la descripción de las características observadas o manifestadas por la persona, con el fin de conocer las necesidades y problemas del niño con la finalidad de hacer un prototipo funcional lo más amigable y personalizado posible en el usuario.

3.3.1.1 Caracterización niño TEA

El proceso de caracterización del niño de la Fundación, se da por medio de un tiempo determinado de observación el cual fue de aproximadamente un mes, en el cual, sólo se presta atención a la interacción con su entorno. En este período se observaron los comportamientos repetitivos del niño como aplausos, gritos y gestos específicos a las actividades de los docentes a cargo. Además de esto, se realizó un recorrido visual de cómo son los salones en los cuales pasa el tiempo de estudio y cómo se desenvuelve en ellos, así se puede definir el contexto visual del niño en el apartado de **Ve** en la Figura 12.

Las acciones que hace respecto a las personas que están a su alrededor se ven muy variadas, por ejemplo, con la terapeuta a cargo de su cuidado es muy cariñoso y respetuoso escuchando cada cosa que le dice y siguiendo las órdenes de inmediato, lo cual fue algo que genera asombro ya que en las instituciones tradicionales este tema en que el niño haga acciones inmediatas es un problema con el que los docentes lidian día a día, de igual manera muestra un respeto y acercamiento no tan cercano a los administrativos, su docente a cargo y sus compañeros de salón, esto se evidencia al no acercarse tanto a ellos y generando reacción si algo no le agrada como son si hacen ruidos raros con su voz o con objetos como por ejemplo llaves.

Después del espacio de reconocimiento y que el niño logra tener comodidad al acercamiento de personas extrañas a él se procede a hacer un espacio en solitario con él y el terapeuta a su cargo, esto se hace con el fin de reconocer qué tanta interacción se puede tener a su alrededor, qué objetos permite cerca de él y cuáles son un límite en temas de molestia, de esta manera se realiza la entrevista determinada en subíndice 3.2.2 del presente documento; con la información obtenida en este apartado se visualizan más características del niño con las cuales se puede ver de qué manera se comporta según las diferentes preguntas y qué tanto conocimiento o conciencia tiene de sí mismo, esto se hace con el fin de reconocer qué tanto conoce de su personalidad.

Con todo lo descrito anteriormente y los datos obtenidos en la observación y entrevista se recrea un empathy map con el término persona TEA para describir las características que se pueden observar del niño y como es su interacción con su entorno; los detalles se evidencian en la Figura 12 a continuación:

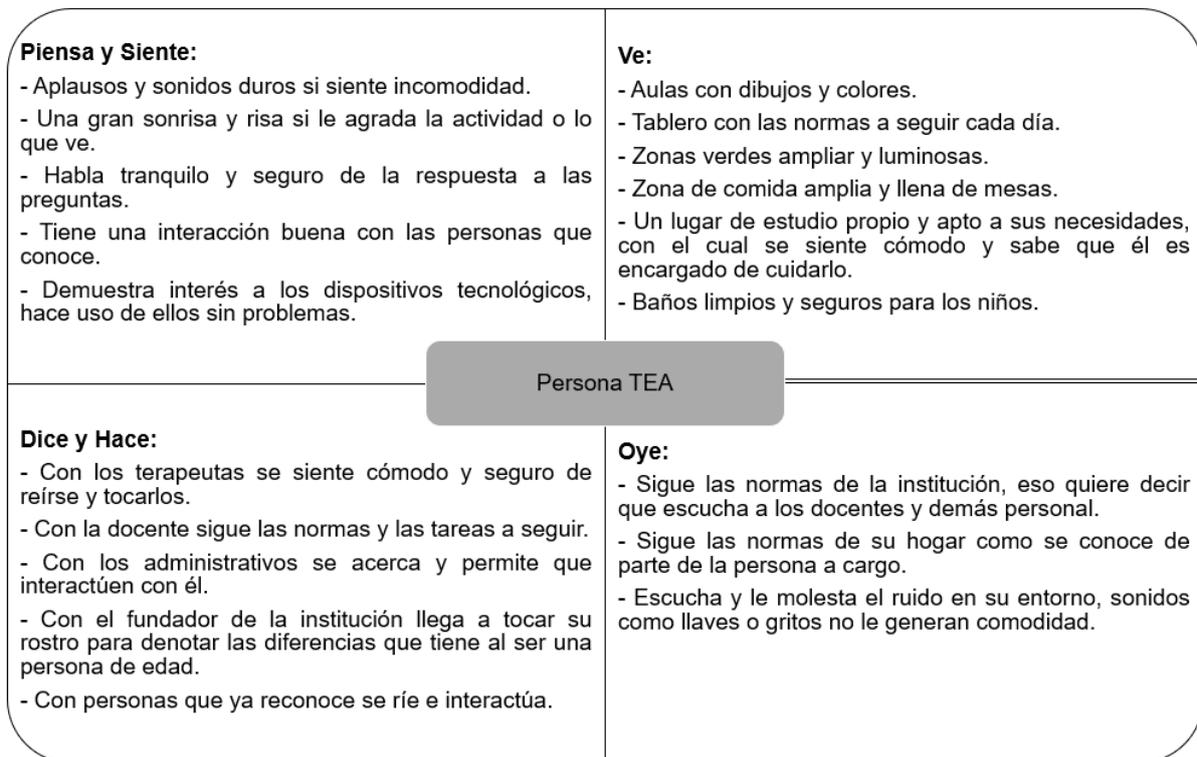


Figura 12. Caracterización con Empathy Map niño con TEA

Con los datos obtenidos se concluye que la persona TEA es un usuario que puede comunicarse y demostrar malestar o aceptación de las acciones que se hacen alrededor de él. De esta manera se puede reconocer de qué manera aprende y de qué manera él puede observar el mundo a su alrededor, las formas de aprendizaje observadas son:

- Por medio de video o didácticas visuales llamativas, pero no sobre llenas de contenido, como lo son muchos colores o figuras.
- Un aprendizaje con acompañamiento y guía del personal formado en este campo, y mucha comunicación.
- Descripción de las actividades a realizar previas a empezar, como por ejemplo un juego o crucigrama, se le dice cuáles son las pistas y donde debe poner las palabras con el fin de que él sepa que debe hacer antes de empezar.
- Palabras y frases puntuales, ya que es muy textual y los términos que lleven una doble acción no será del todo claro para él.

3.3.1.2 Caracterización niño no TEA

Con el fin de realizar una validación y comparación del proyecto se procede a seleccionar un niño que no padezca el Trastorno del Espectro Autista con la misma edad y, de esta forma, se describe la metodología de Empathy Map para definir todas las características del niño a evaluar.

La caracterización se da en el ambiente familiar, al obtener permiso de los padres de hacerlo en este espacio para así hacer un reconocimiento de cuáles eran las preguntas por realizar al niño, las preguntas realizadas fueron las mismas presentadas en la sección 3.2.2 Entrevista del documento donde las respuestas fueron:

1. El niño reconoce su nombre y apellido.
2. El niño puede escribir su nombre correctamente con una letra pequeña y limpia en el espacio.

La respuesta a estas dos preguntas por cuestiones de seguridad no puede verse presentadas en el documento, ya que se trata de información privada de un menor de edad.

3. 12 años, cumplo 13 en agosto.
4. Si, me gusta mucho el reggaeton en especial Bad Bunny.
5. La verdad ya no juego con juguetes, me gusta mucho jugar fútbol.
6. Si obvio, de hecho me regalaron el Iphone 11 de navidad.
7. Me gustan los canales de videojuegos, como personas jugando o retos. Además, veo muchos comentaristas de partidos.
8. Las hamburguesas o la pizza.
9. Si, me gustan todos los animales, tengo cuatro mascotas, dos perros y dos gatos, todos los adoptamos.
10. La verdad no, no se me da bien si no es un trabajo de colegio no dibujo.

Con las anteriores respuestas y fijándose en el comportamiento del niño en el momento de la entrevista, (la cual se dio en el espacio de dos hora en una tarde de fin de semana) se realizó la Figura 13 donde se describen las características físicas, de comportamiento y de contexto alrededor del niño; de esta manera se denomina al sujeto que se caracteriza como persona No TEA al ser una persona que no está dentro del espectro autista o que no tiene diagnosticado el trastorno. Esto se evidencia en la figura que se puede observar a continuación:

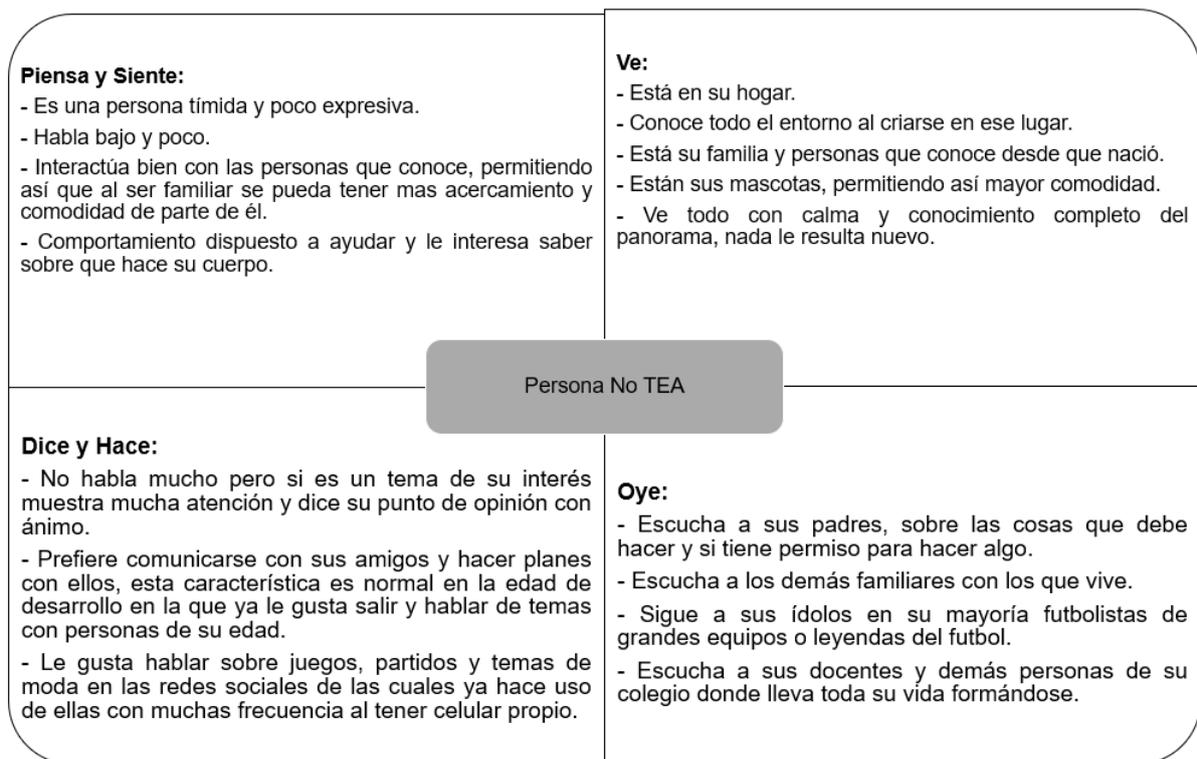


Figura 13. Caracterización con Empathy Map niño sin TEA

Con los datos obtenidos se concluye que la persona No TEA es un usuario que define bien las cosas que le gustan, dónde se siente a gusto y con quién, de igual manera se observa una comunicación más abierta y elaborada con más lógica lo cual es debido a su edad emocional y física. De esta manera se puede reconocer de qué modo aprende y observa el mundo a su alrededor. Las formas de aprendizaje observadas son:

- Por medio de la repetición, la cual es la forma de aprendizaje tradicional en el contexto del país, donde la repetición de los temas es la forma en la que los niños memorizan lo que les van a evaluar.
- Aprende del ejemplo de sus padres, personas que ve en las redes sociales, ídolos del fútbol o personas que son un ejemplo de lo que sus vidas muestran en las pantallas.
- Tiene un aprendizaje basado en que cada tema es nuevo y sabe que tiene que adaptarse a él, por consiguiente, pide las reglas pero si no las entiende de primera mano dice que le den un ejemplo y después lo entiende.
- Tiene un aprendizaje por notas, si saca buenas notas significa que entiende y supo almacenar la información que necesita. Le preocupan los exámenes y las tareas.

- Si no entiende la palabra o de qué se está hablando, pregunta a un mayor o con alguien que le permita tener ese conocimiento sin sentirse que, quizás, la duda que tenga no es importante o que ya debería saber la respuesta según su nivel de educación o edad.

3.3.2 Emociones a medir

Las emociones son reacciones biológicas ante los estímulos [57] y existen una gran cantidad de diferentes tipos de emociones y, es por esto que es de gran importancia especificar, cuáles emociones se intentarán identificar con ayuda de las mediciones obtenidas por medio de los sensores biométricos, para acotar la investigación y tener resultados con un enfoque más específico y detallado.

En este trabajo de grado se busca principalmente dar un enfoque en dos emociones básicas: las emociones positivas como la alegría y las emociones negativas como la tristeza. Después de un análisis se opta por elegir estas emociones debido a que es más común observar alguna de las dos y son las que más contraste u oposición tienen la una de la otra. Para casos prácticos se recurre a algunos “métodos” como lo pueden ser actividades de escritura, dibujo o videos y juegos en dispositivos móviles como un celular o una tableta, con el objetivo de intentar inducir dichas emociones (alegría y tristeza) en los niños objeto de investigación y, de esta manera, poder identificar cómo los niños reaccionan a diferentes estímulos y situaciones para analizar cómo procesan y expresan sus emociones para posteriormente comparar los resultados obtenidos.

3.3.3 Limitaciones a considerar

Es fundamental tener en cuenta que, al investigar y obtener datos sobre niños con TEA, una limitación significativa es el tamaño de la muestra de la población que se está estudiando. Esta limitación puede resultar en que no se pueda dar una visión generalizada sobre los resultados de los datos recolectados en solo un niño con TEA como es el caso de este trabajo. También es relevante mencionar que cada individuo tiene experiencias y características únicas lo que conlleva a que incluso en un estudio de este tipo en una población de muestra más grande aún se tendría una variabilidad significativa en los resultados.

Adicionalmente, los niños con TEA pueden tener ciertas dificultades para mantener la atención y mantenerse activos en las actividades propuestas si se prolonga por mucho tiempo las mismas. Por esto es necesario que al recopilar datos y realizar las actividades los tiempos sean cortos y que existan pequeños descansos para evitar que el niño se canse o se distraiga.

El espectro del autismo es extremadamente amplio y cada individuo puede tener una respuesta emocional única e individual y, si bien no se puede garantizar que un método particular sea efectivo para todos los niños con TEA, estas pueden ser herramientas valiosas para la investigación y así ayudar a comprender mejor la gran variedad emocional que experimentan este grupo de niños.

Capítulo 4

4. Desarrollo del Modelo Conceptual

En el presente capítulo se realiza la explicación de la metodología seleccionada y utilizada en el proyecto con el fin de realizar el prototipo funcional MMENA de la investigación.

Contenido

- 4.1 Marco conceptual general
- 4.2 Desarrollo del modelo conceptual

En resumen, la información definida en este capítulo se puede evidenciar en la Figura 14:

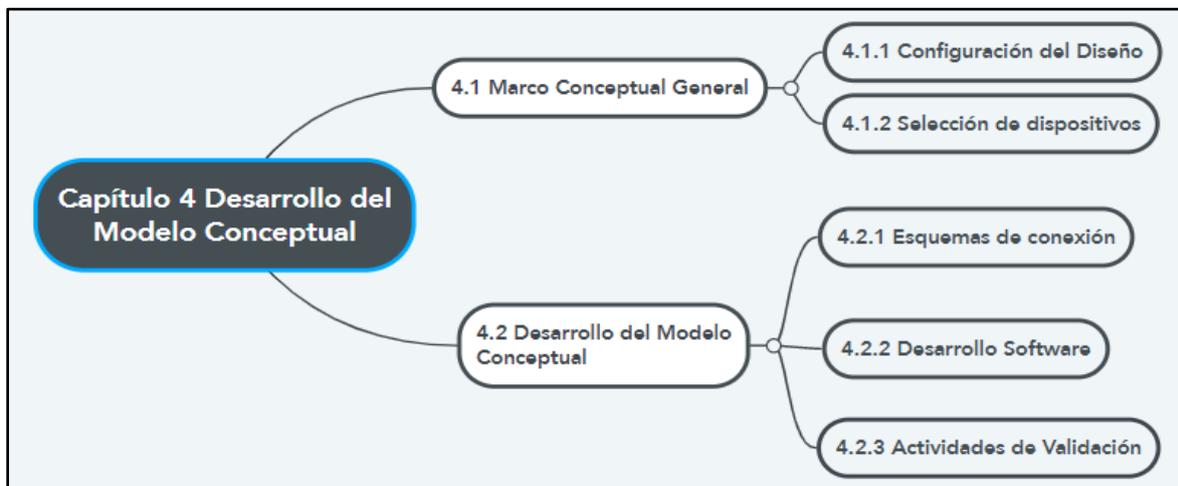


Figura 14. Mapa mental Capítulo 4

Al finalizar la Fase de Exploración con sus respectivas etapas, se ejecuta a continuación según el contenido propuesto, la Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual. El modelo conceptual tiene como finalidad sentar las bases del modelo de medición propuesto en este trabajo de grado por medio del marco conceptual general. Para el desarrollo de este modelo en primera instancia, se define una estructura del diseño a partir de lo encontrado en la fase de exploración y los trabajos relacionados sobre el tema. Luego, se procede con la implementación, elección y prueba de los sensores biométricos. Finalmente, se presenta una versión del modelo de medición emocional en niños con autismo con sensores biométricos.

La Fase de Desarrollo del Modelo Conceptual tuvo una duración aproximada de 11 semanas.

4.1 Marco conceptual general

A continuación se define la investigación teórica y descripción de los diferentes dispositivos seleccionados para el desarrollo del trabajo de grado.

4.1.1 Configuración del Diseño

Como se ha mencionado anteriormente en el presente trabajo de grado, las personas con TEA en algunos casos poseen una baja capacidad de regulación de sus emociones y presentan dificultades sociales por no comprender de forma adecuada sus emociones y las emociones de las demás personas con las que interactúa. Al no poder controlar dichas emociones, se pueden llegar a tener consecuencias negativas en su entorno al incurrir en conductas no deseadas. Es, debido a esto, que comprender las emociones de estas personas puede ayudar a prevenir y controlar episodios de crisis [58]. En otros trabajos relacionados al tema tratado se presentan modelos o sistemas para ayudar en la detección de emociones con sensores biométricos y que sirven como apoyo para comparar los resultados obtenidos en lo buscado en este trabajo. Las investigaciones consultadas más relevantes son:

- K. Bairavi y S. Kumar [59] exponen un enfoque de reconocimiento de emociones en 18 niños con capacidades especiales en el cual se contaba con 6 niños con TEA, con 6 niños con trastorno de déficit de atención e hipertensión (TDAH) y 6 niños con síndrome de Down, utilizando un sensor EEG (electroencefalograma) que incorpora la diadema denominada “Neurosky Mindwave Mobile” (ver Figura 15), usan música como estímulos y utilizan características que se basan en la respuesta cerebral dada por este sensor para clasificar las emociones de los niños.



Figura 15. Neurosky Mindwave Mobile [59]

- Los autores Z. Fadhil y A. Mandeel en [47] utilizan un sensor GSR para obtener los datos biométricos con el objetivo de medir emociones en 14 niños con TEA y sin TEA. El sistema planteado en esta investigación se observa en la Figura 16:

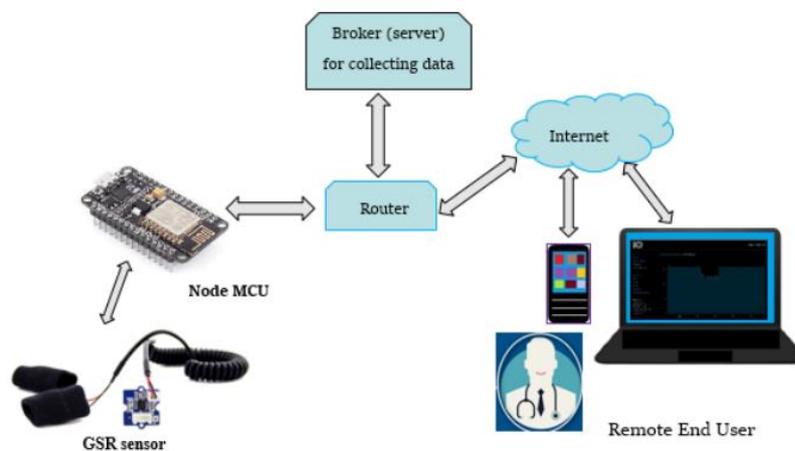


Figura 16. Sistema utilizado en [47]

- En el documento expuesto en [60] se tiene una propuesta de un sistema de reconocimiento de emociones basado en señales fisiológicas en el que se tiene como objetivo reconocer 3 tipos de emociones: ira, alegría y estado neutro. Los autores utilizan sensores de EEG, temperatura de la piel, GSR, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno en sangre y la presión arterial. Algunos de estos sensores utilizados se presentan en la Figura 17:



Figura 17. Dispositivos utilizados en [60]

En la comparación dada por los trabajos expuestos por otros autores en la sección anterior, se aprecia una clara tendencia a utilizar sistemas o dispositivos poco personalizados a las características de la población investigada, en donde no se recurre a realizar un co-diseño de los autores junto a los sujetos a investigar. En este trabajo de grado se realiza un estudio exhaustivo de las preferencias y gustos del niño a trabajar para conseguir una mejor respuesta y generar una alta atracción para que se realicen las actividades con interés y sin ocasionar molestias en los participantes de la investigación.

Además de lo anteriormente mencionado, se realiza un primer acercamiento al diseño del modelo de medición emocional propuesto: primero en base a las experiencias observadas en las sesiones con el niño con TEA se determina y define la caracterización que tiene como resultado su contexto y descripción específica de tal manera que se puede utilizar este conocimiento para mejorar su condición de vida: segundo, al conocer sus percepciones y tener un vistazo de sus reacciones a dispositivos utilizados como la manilla de goma y el reloj inteligente, se determina apropiado introducir al niño en un especie de “juego” o actividad recreativa en las sesiones que se tengan con él de tal manera que no las perciba como que está siendo objeto de un estudio, sino que es un espacio para divertirse y expresar sus emociones y sentimientos libremente, de esta manera se hace una evaluación que no es invasiva con el usuario y los resultados son reales y no programados.

Por este motivo, el enfoque al desarrollo del modelo se trata como si se estuviera jugando con el infante y al conocer sus gustos se personaliza apropiadamente. Al conocer que le llaman la atención los dispositivos inteligentes como los celulares o tabletas se utilizan estos dispositivos para la implementación de estrategias que ayuden con la muestra o exteriorización de emociones, además, como al infante le parecen atractivos los robots, se piensa y define un diseño con esta temática y características, dando así como resultado una buena interacción en la cual podemos obtener datos con gran importancia y donde el niño tenga un ambiente de confianza y seguridad en las sesiones.

4.1.2 Selección de dispositivos

En base a la investigación realizada en el capítulo 2 de Revisión de Literatura y Trabajos Relacionados y la comparación hecha en la sección 4.1.1 de la presente fase, teniendo en cuenta varios factores importantes como lo son los costos, accesibilidad y disponibilidad, se eligieron los siguientes dispositivos con los cuales se dispondrá para realizar las mediciones biométricas:

- **Arduino Uno:** En este trabajo de grado se selecciona y utiliza la placa Arduino Uno (ver Figura 18) por su alta documentación, robustez y su gran uso en el mundo de la electrónica. Es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P, posee 14 pines de entrada o salida digital y 6 entradas analógicas [61].



Figura 18. Arduino Uno [61]

- **Sensor GSR:** El módulo de referencia CJMCU-6701 (ver Figura 19) compatible con arduino, se encarga de sensar la conductividad eléctrica de la piel, causada por la variación de la sudoración del cuerpo humano [62]. El sensor GSR funciona cómo si se tratara de una especie de óhmetro, ya que se encarga de medir la conductancia eléctrica entre dos puntos [63]. Este módulo cuenta con un puerto para adaptar dos electrodos que se colocan en los dedos de la mano.



Figura 19. Sensor GSR [64]

- **Electrodos:** Se realizó una adaptación mediante dos placas de aluminio que se cortan a la medida del tamaño de las huellas de los dedos, se realiza la unión de las dos placas mediante cables y se utiliza un conector de audio analógico (Jack 3.5 mm) utilizados comúnmente en audífonos de dispositivos móviles, como se puede observar en la Figura 20.

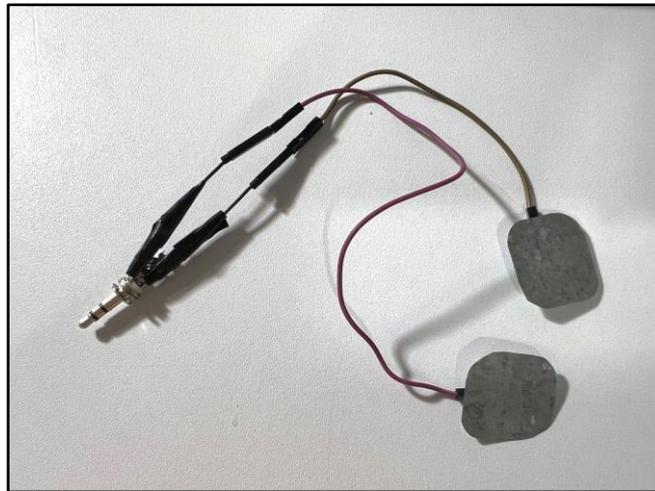


Figura 20. Electrodo

- **Sensor de Frecuencia Cardíaca:** El módulo compatible con arduino que se encarga de registrar las mediciones de la frecuencia cardíaca se observa en la Figura 21. Estos circuitos se basan en un sensor integrado que amplifica la señal óptica y elimina el ruido de la frecuencia cardíaca. El sensor funciona con una alimentación de 3,3 V a 5 V [65].



Figura 21. Sensor de Frecuencia Cardíaca [66]

La razón por la cual se opta por elegir Arduino es que es una plataforma electrónica de código abierto que cuenta con software y hardware fáciles de usar [67]. La gran variedad de documentación disponible, facilidad de programación, costos accesibles, amplia variedad de módulos y proyectos realizados en este entorno, hacen que sea

una opción ideal a las necesidades y se acomoda a los requerimientos que se presentan en este trabajo de grado en cuestión.

4.2 Desarrollo del modelo conceptual

En este apartado se describe de qué manera se desarrolla la implementación del prototipo con los dispositivos seleccionados y la teoría recopilada previamente en la sección 4.1, de igual manera se expone el código o desarrollo software implementado en la configuración del prototipo. Finalmente, se definen las actividades que se plantean como métodos de evaluación emocional.

4.2.1 Esquemas de conexión

Con el fin de mejorar la comparación y análisis de los resultados obtenidos en las mediciones, se ha decidido separar la medición del sensor de ritmo cardíaco de la medición con el sensor GSR. De este modo, los esquemas de conexión serán individuales y se presentarán resultados separados para la posterior elaboración de las gráficas.

La medición de la conductividad eléctrica en la piel requiere la conexión del módulo GSR con la placa de Arduino Uno utilizando cables de conexión tipo jumper. Se debe alimentar el módulo con 5V, conectarlo a tierra y conectar la salida del sensor a un puerto analógico del Arduino para la lectura de los datos. Para la debida conexión de los electrodos, se debe utilizar el puerto analógico correspondiente en el sensor GSR. Los otros tres pines de conexión del sensor (CS, MIS, SCK) no se tendrán en cuenta para este caso en particular. En la Figura 22 se puede observar una ilustración de esta conexión.

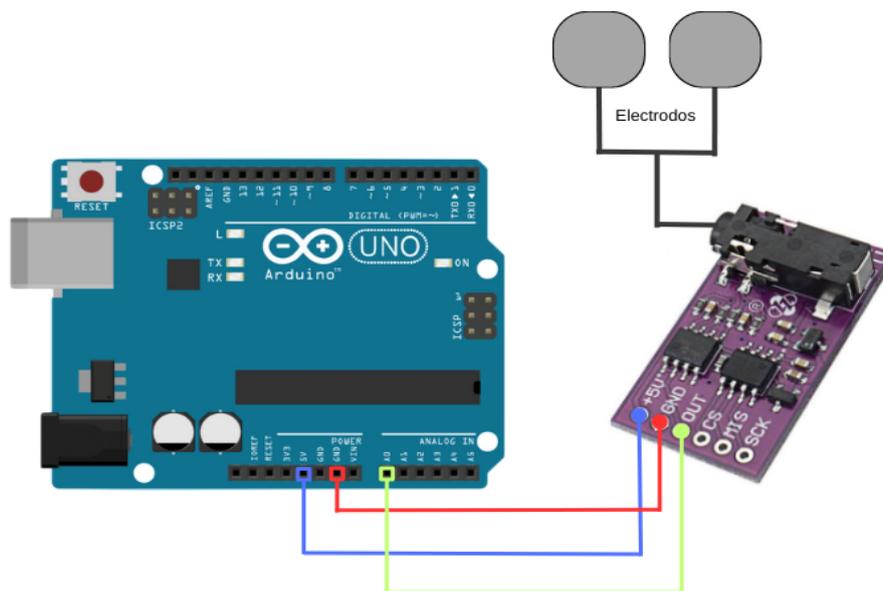


Figura 22. Esquema de conexión del sensor GSR

Para medir la frecuencia cardíaca, se debe conectar el sensor con la placa Arduino uno de la siguiente manera: tomando el sensor con la cara que tiene el dibujo de un corazón hacia el frente, los pines se conectan de izquierda a derecha a tierra, 5V y salida. El pin de la salida analógica del sensor se conecta a un puerto analógico de entrada del arduino, resultando así la conexión mostrada en la Figura 23.

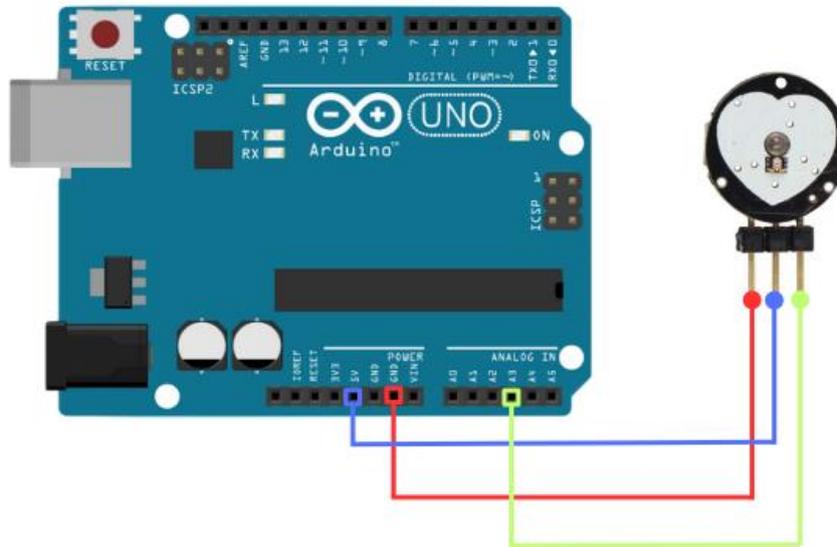


Figura 23. Esquema de conexión sensor de Frecuencia Cardíaca

4.2.2 Desarrollo Software

El código o desarrollo software se implementa en el entorno Arduino IDE (Integrated Development Environment) el cual cuenta con una interfaz gráfica sencilla y cuenta con un conjunto de herramientas que facilita el desarrollo de proyectos [68]. A continuación se muestra el código implementado para realizar las mediciones con el **sensor GSR**:

```
const int GSR = A0;
int sensorValue;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  delay(1000);
}
void loop()
{
  sensorValue=analogRead(GSR);
  Serial.println(sensorValue);
  delay(100);
}
```

Después de compilar, ejecutar y subir el código con ayuda del entorno de programación de Arduino, se procede a leer el valor del sensor GSR a través del pin analógico A0 en la placa Arduino Uno. El programa lee los datos analógicos en un

rango de 0 a 1023 y dichos datos se muestran en el monitor serial (ver Figura 24). La velocidad de comunicación en serie se establece en 9600 bps (bits por segundo) desde el inicio.

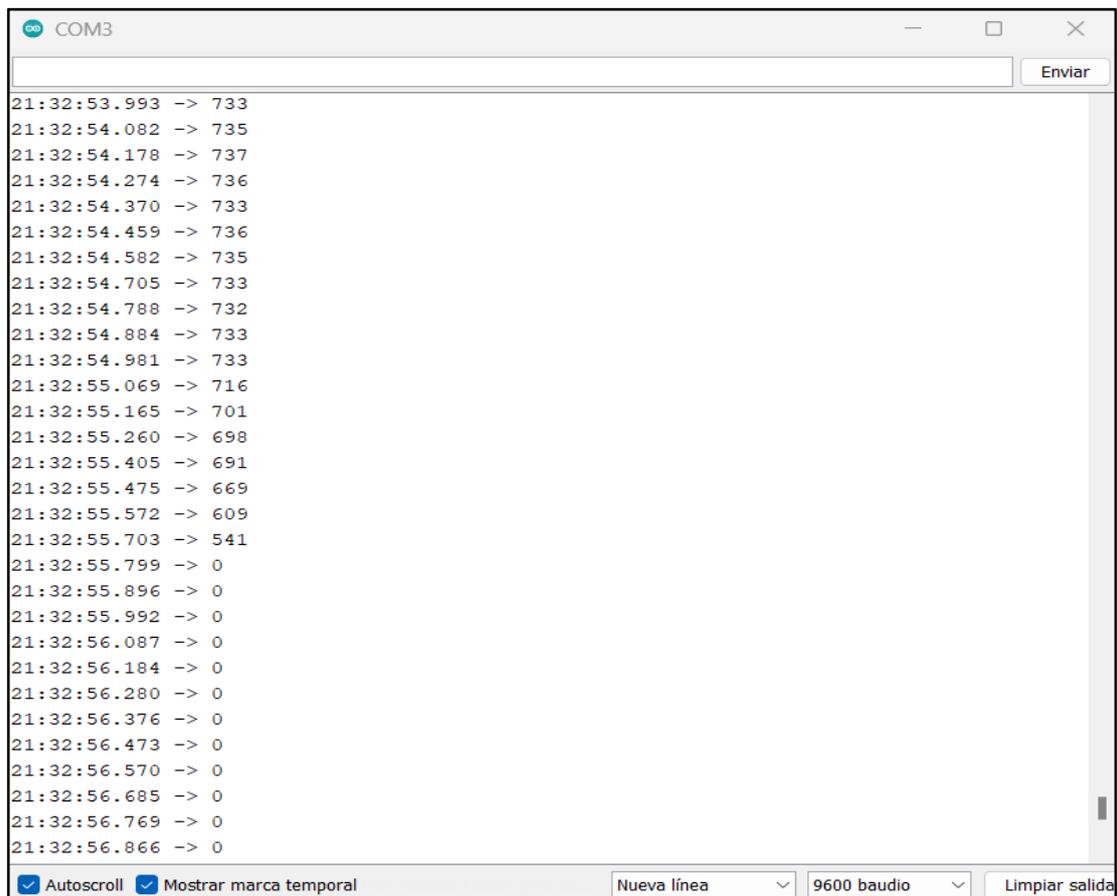


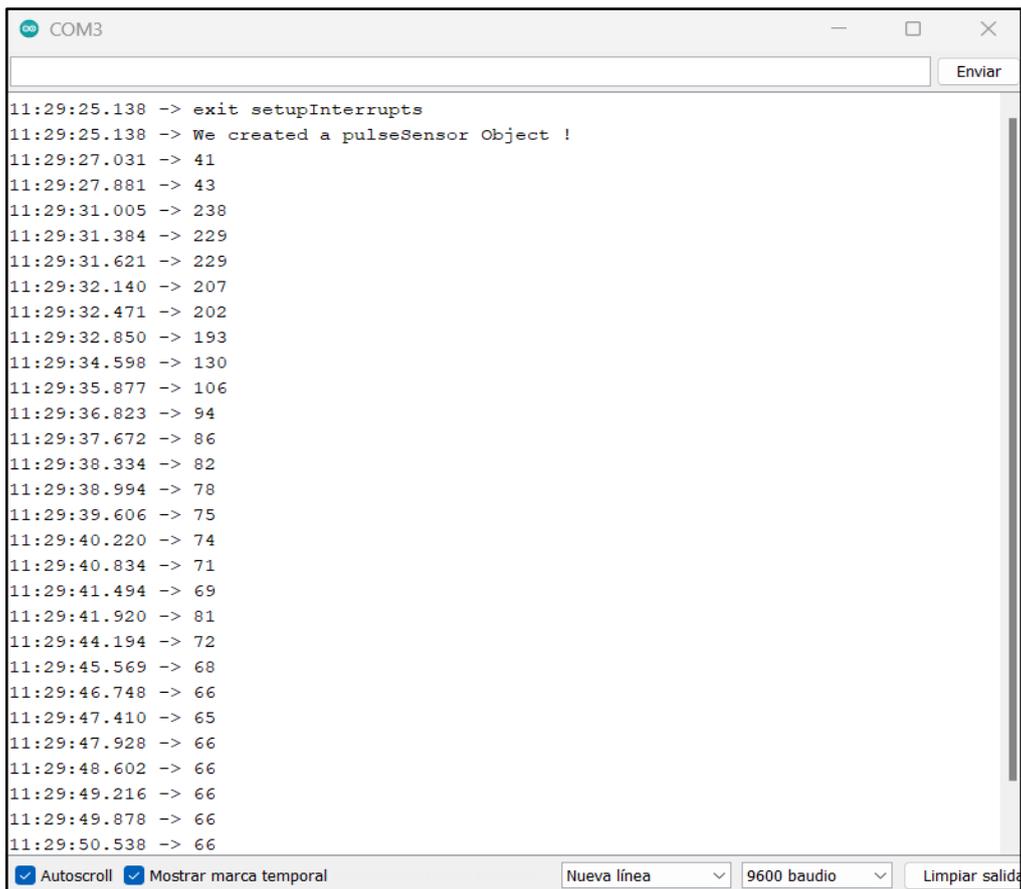
Figura 24. Monitor serial sensor GSR

El código o desarrollo software implementado para realizar las mediciones con el **sensor de frecuencia cardíaca** se muestra a continuación:

```
#define USE_ARDUINO_INTERRUPTS true
#include <PulseSensorPlayground.h>
const int PulseWire = 3;
const int LED = LED_BUILTIN;
int Threshold = 550;
PulseSensorPlayground pulseSensor;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pulseSensor.analogInput(PulseWire);
  pulseSensor.blinkOnPulse(LED);
  pulseSensor.setThreshold(Threshold);
}
void loop() {
  if (pulseSensor.sawStartOfBeat()) {
    int myBPM = pulseSensor.getBeatsPerMinute();
    Serial.println(myBPM);
  }
}
```

```
    delay(20);  
}
```

Se utiliza la librería de arduino “Pulse Sensor Playground” [69] para la lectura de la frecuencia cardíaca. Después de compilar, ejecutar y subir el código con el entorno de programación, se procede a leer el valor del sensor de frecuencia cardíaca a través del pin analógico A3 en la placa Arduino Uno. Se define un Threshold (límite) en 550 que servirá para determinar qué señales pueden contar como una pulsación y qué señales deben ser ignoradas. También, se utiliza un led integrado en el Arduino Uno para que en cada pulsación cardíaca se encienda y apague. El programa lee los datos analógicos enviados por el sensor cuando se detecta una pulsación cardíaca y se muestran en el monitor serial (ver Figura 25). La velocidad de comunicación en serie se establece en 9600 bps.



The image shows a screenshot of a serial monitor window titled "COM3". The window displays a series of timestamped data points representing heart rate sensor readings. The data points are as follows:

Timestamp	Value
11:29:25.138	-> exit setupInterrupts
11:29:25.138	-> We created a pulseSensor Object !
11:29:27.031	-> 41
11:29:27.881	-> 43
11:29:31.005	-> 238
11:29:31.384	-> 229
11:29:31.621	-> 229
11:29:32.140	-> 207
11:29:32.471	-> 202
11:29:32.850	-> 193
11:29:34.598	-> 130
11:29:35.877	-> 106
11:29:36.823	-> 94
11:29:37.672	-> 86
11:29:38.334	-> 82
11:29:38.994	-> 78
11:29:39.606	-> 75
11:29:40.220	-> 74
11:29:40.834	-> 71
11:29:41.494	-> 69
11:29:41.920	-> 81
11:29:44.194	-> 72
11:29:45.569	-> 68
11:29:46.748	-> 66
11:29:47.410	-> 65
11:29:47.928	-> 66
11:29:48.602	-> 66
11:29:49.216	-> 66
11:29:49.878	-> 66
11:29:50.538	-> 66

The window also features a control bar at the bottom with the following options: "Autoscroll" (checked), "Mostrar marca temporal" (checked), "Nueva línea" (dropdown), "9600 baudio" (dropdown), and "Limpiar salida" (button).

Figura 25. Monitor serial sensor de frecuencia cardíaca

4.2.3 Actividades de Validación

Para llevar a cabo la observación de las emociones elegidas en este trabajo expuestas en la sección 3.3.2 se deben planificar algunas actividades a realizar por los niños que sirven como métricas para apreciar sus emociones las cuáles serán las variables por medir y de esta manera poder recopilar los datos necesarios y analizar los resultados.

Estas actividades son seleccionadas dado los resultados obtenidos y evidenciados en la metodología de trabajo con los niños que fue implementada en el capítulo 3 del presente documento y teniendo en cuenta en todo momento la caracterización realizada, además, deben ser seleccionadas cuidadosamente para que sean apropiadas para la edad y nivel de desarrollo emocional de los niños, y deben elegirse de manera que permitan la identificación de las emociones como objetivo principal.

Se seleccionan las siguientes actividades para la validación:

1. Videos en el aplicativo YouTube.
2. Juegos con diferentes dificultades o niveles.
3. Bloqueos de pantalla controlados en medio de una actividad.

Por medio de la plataforma YouTube seleccionada en la actividad 1 se busca una serie de videos que se ajusten a los intereses y preferencias de cada niño, con la finalidad de observar su reacción emocional ante los contenidos audiovisuales en esta plataforma. Esto nos ayuda a tener una comprensión mayor sobre sus gustos y emociones presentadas.

La actividad 2 consiste en seleccionar una serie de juegos con diferentes niveles de dificultad donde se evalúa el estado emocional al superar o no superar un nivel del juego. Esta actividad se presenta como una herramienta que le puede resultar agradable y entretenida a los niños y que puede ser útil para poner en práctica su capacidad de resolución de problemas, su destreza motriz, su capacidad de concentración y su nivel emocional en el transcurso de la actividad. Puede resultar como un indicativo el nivel de tolerancia a la frustración y su capacidad de perseverar ante las dificultades puestas en los juegos al observar cómo los niños reaccionan ante el éxito o el fracaso en un nivel de juego.

Es importante mencionar que si bien la actividad 2 tiene un componente lúdico, su propósito principal es evaluar el estado emocional de los niños, por lo que se debe contar con un sistema de registro y observación para identificar y analizar cambios en su comportamiento y emociones durante la actividad. Para garantizar una participación activa y efectiva se eligen juegos apropiados para la edad de los niños, adaptados a sus intereses y preferencias.

Por último, la actividad 3 va en conjunto a las actividades 1 y 2, esto se efectúa por medio de aplicaciones donde se bloquea momentáneamente la actividad o se pausa lo que esté haciendo el niño, ya sea observar los videos o estar interactuando con los juegos seleccionados.

Los juegos utilizados (Se instalaron en un dispositivo iPad con sistema operativo iPadOS 16.3.1) para el desarrollo de la actividad 2 fueron los siguientes::

1. **Geometry Dash Lite:** Es un juego de plataformas de acción basado en el ritmo de la música en donde se deben superar obstáculos hasta conseguir el 100%

para completar los niveles, se caracteriza por ser un juego simple y de fácil control únicamente dando toques en la pantalla [70].



Figura 26. Geometry Dash Lite [70]

2. **Subway Surfers:** Es un juego tipo runner infinito que consiste en esquivar obstáculos y trenes mediante saltos que al pasar el tiempo en la partida aumenta la dificultad y velocidad del nivel, sus controles son intuitivos y fáciles de aprender (deslizar de izquierda a derecha, de derecha a izquierda, de arriba a abajo y de abajo a arriba) [71].



Figura 27. Subway Surfers [71]

3. **Stack:** Este juego consiste en apilar los bloques lo más alto posible y se caracteriza por tener un diseño simple y control únicamente tocando la pantalla [72].



Figura 28. Stack [72]

4. **Color Switch:** Es un juego en donde se debe seguir el patrón de colores para cruzar los obstáculos, sus controles se basan en tocar la pantalla para pasar la pelota por cada obstáculo hasta superar los niveles [73].



Figura 29. Color Switch [73]

5. **Rise up:** El objetivo del juego es mover un escudo con un dedo para proteger el globo de diferentes obstáculos [74].

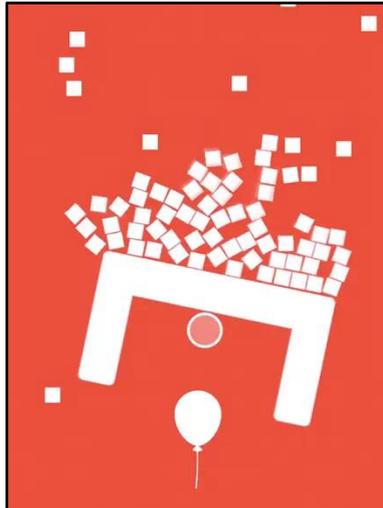


Figura 30. Rise up [74]

Capítulo 5

5. Validación del Modelo Conceptual

En el presente capítulo se presenta la validación del prototipo MMENA, de esta manera se realiza la validación de contenido por el Panel de Expertos y la Prueba de Concepto para la construcción de un prototipo funcional.

Contenido

5.1 Validez de Contenido por Panel de Expertos.

5.2 Prueba de concepto vía construcción de un prototipo funcional.

En resumen, la información definida en este capítulo se puede evidenciar en la Figura 26:

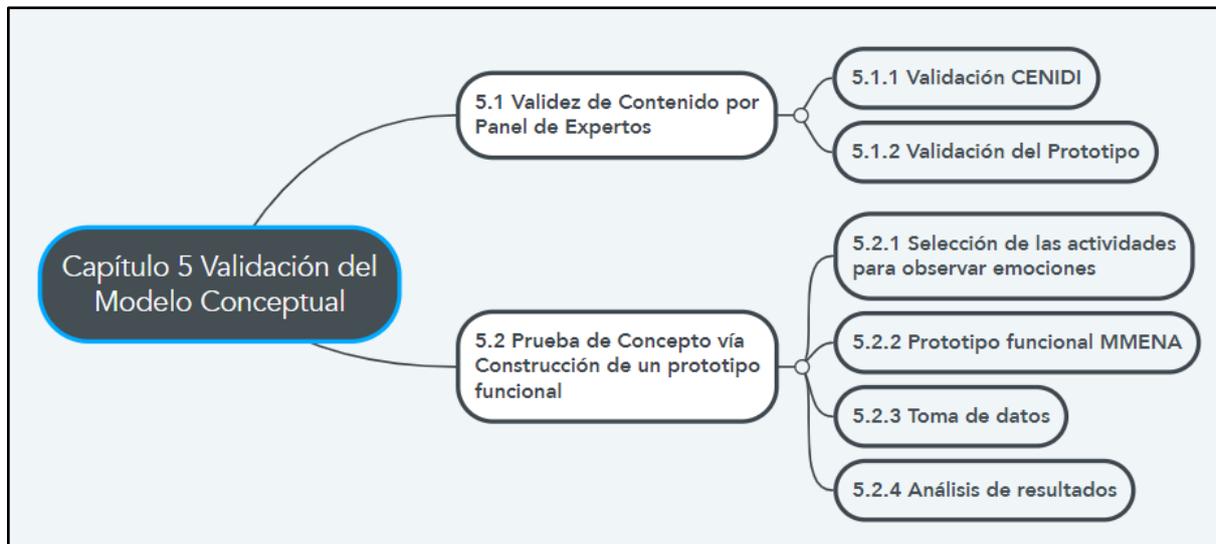


Figura 31. Mapa mental Capítulo 5

Debido a que a lo largo del trabajo se sigue como metodología el Método de Investigación Conceptual, la validación en estos estudios debe cumplir con tres criterios: (1) el modelo está soportado por teorías y principios robustos; (2) el modelo es lógicamente coherente y adecuado al propósito diseñado; y (3) el modelo conceptual aporta algo nuevo [9]. En los objetivos propuestos en este trabajo de grado se busca validar el diseño de MMENA y la investigación realizada por medio de dos procedimientos: Validez de Contenido por Panel de Expertos y Prueba de concepto vía construcción de un prototipo funcional.

El primer procedimiento tiene como finalidad que estos expertos determinen si el modelo propuesto cumple con los objetivos planteados y así garantizar la calidad y validez de la investigación. Como paso principal es necesario seleccionar a los expertos en el tema, estos deben tener experiencia y conocimientos en el área de estudio, en este caso específico, se requiere la participación de especialistas en el tratamiento y formación de niños con autismo, además también expertos en electrónica o con conocimiento en el funcionamiento de sensores biométricos. Luego, se debe mostrar el modelo propuesto para que los expertos evalúen y compartan su opinión para recolectar la información y posteriormente analizar la retroalimentación y de ser necesario realizar cambios hasta cumplir con las expectativas o requerimientos.

El segundo procedimiento es la construcción de un prototipo funcional que tiene como objetivo materializar el modelo conceptual o parte del modelo. Se puede considerar que este procedimiento es una manera indirecta de validar el modelo conceptual [9]. Se diseña y construye el prototipo para medir emociones en niños con autismo en base al concepto teórico. Finalmente, se prueba el prototipo para evaluar los resultados y verificar que funciona como se esperaba.

La Fase de Validación tuvo una duración aproximada de 8 semanas, en la cual se utilizaron 3 semanas para la Validez de Contenido por Panel de Expertos, 4 semanas para la Prueba de Concepto vía Construcción de un Prototipo Funcional y 1 semana para retroalimentación.

5.1 Validez de Contenido por Panel de Expertos

La investigación presentada en este trabajo de grado es un ejemplo de cómo la tecnología puede ser utilizada para mejorar la calidad de vida de las personas. Sin embargo, antes de su implementación en un contexto real, es importante asegurarse de que funciona correctamente y cumple con los requisitos necesarios. Es debido a lo anterior que al realizar una validación no solo permite verificar que el prototipo cumple con los requerimientos propuestos, sino que también brinda la oportunidad de realizar mejoras, especificaciones y ajustes de ser necesario.

Los expertos elegidos para la validación del contenido son de dos tipos tanto metodológicos como funcionales o prototipales. Para la validación posterior a la construcción del prototipo MMENA se eligieron especialistas y docentes en el área de la electrónica, más concretamente un grupo de ingenieros que pertenecen a la Universidad del Cauca de la facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones,

los cuales cuentan con gran experiencia trabajando y diseñando dispositivos electrónicos en la implementación de diversos proyectos; de igual manera de la parte metodológica se basa en los funcionarios de la fundación CENIDI con los cuales el niño a tenido contacto y saben los comportamientos del niño de primera mano.

5.1.1 Validación CENIDI

Por parte de la fundación CENIDI se pudo tener una conversación y retroalimentación del tema trabajado en este trabajo de grado con la directora y con el fundador de la fundación, ambos expresaron su agrado con este tipo de trabajos que benefician a los niños y su entorno, además, mostraron un gran interés por el prototipo desarrollado y todas las herramientas y estrategias que se implementaron a lo largo de la investigación, por lo que manifestaron un interés en implementar tecnologías en la formación educativa y personal de todos los niños de la fundación, se establece un importante acercamiento entre la fundación y la Universidad del Cauca para seguir con otro tipo de trabajos que se enfoquen en la misma línea en la que se expone en este documento debido al interés y destreza observada por parte del niño con TEA utilizando los dispositivos que se implementaron en las actividades para la evaluación de las emociones presentadas.

De esta manera se da una validación por parte de los expertos en el manejo infantil, más específicamente del niño en cuestión y como la metodología implementada en el acercamiento del niño fue de vital importancia en la construcción del proceso, su eficacia y los resultados evidenciados en el trabajo de grado.

5.1.2 Validación del Prototipo

Después de haber elegido a los especialistas para validar el prototipo MMENA, se procede a realizar una introducción al tema de investigación para que ellos entiendan el propósito, sus características, dispositivos utilizados y funcionalidades, este espacio de experimentación permite que con el conocimiento previo que se tenga de la electrónica e instrumentación se pueda dar una explicación de cómo funciona el dispositivo sin antes explicar, y después se explican las posibles aplicaciones y limitaciones del prototipo MMENA en diferentes entornos y con diferentes sujetos, lo que permite a los expertos evaluar la versatilidad del dispositivo y su capacidad para adaptarse a diferentes contextos. Una vez que se obtuvo una comprensión clara del propósito del tema, se procede a realizar una demostración del dispositivo, en esta, se exhibe cómo funciona el prototipo en la práctica y se evidencia el estudio que se llevó a cabo para su construcción. Esta demostración permite a los especialistas inspeccionar y observar de mejor manera cómo el dispositivo funciona en tiempo real, lo que les da una visión de cómo realizar una evaluación más precisa de su eficacia. Una vez realizado lo anterior se procede a documentar la respuesta por parte de los expertos en el tema:

- El prototipo funcional presentado corresponde a las características definidas en la contextualización realizada por parte de los autores, definiendo así que las pruebas pueden realizarse con el usuario.

- La medición de las emociones es un tema que se debe hacer con mucha observación y acercamiento al sujeto, ya que debe ser definiendo bien sus características del entorno y todo lo que pueda afectar los resultados a obtener.
- La prueba realizada permite reconocer de qué manera los resultados van a ser estudiados y documentados en la validación del trabajo de grado presentado por los estudiantes.

5.2 Prueba de concepto vía construcción de un prototipo funcional.

5.2.1 Prototipo funcional MMENA

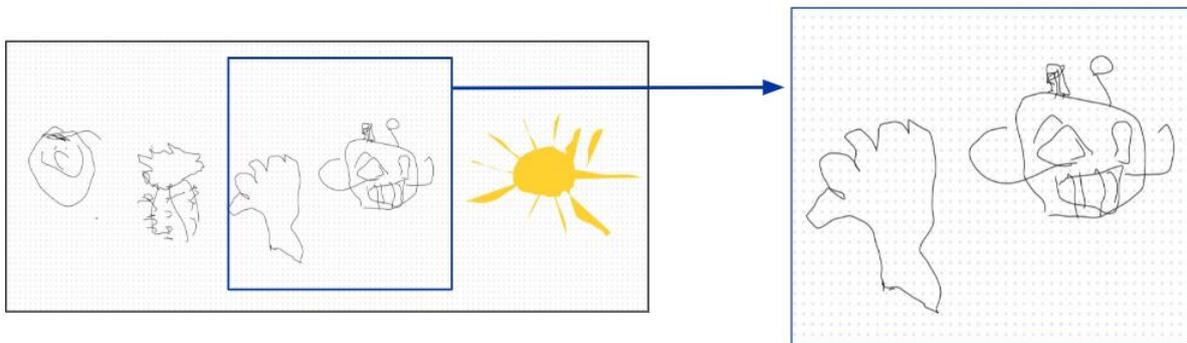


Figura 32. Dibujo descriptivo gustos niño

La figura 32 muestra el resultado de una visita realizada al niño con TEA de la Fundación CENIDI, durante la cual se le pidió que dibujara cosas que le gustaran o le llamaran la atención. En la imagen, se puede apreciar el dibujo de un robot y una mano que el niño realizó, a partir de esta observación, se decidió construir el prototipo MMENA con una temática lúdica que tuviera en cuenta las características y gustos del niño y para ello, se optó por diseñar con una temática que se asemeje a un robot, es por ello se elige crear un guante, dejando al descubierto el circuito y colocando los sensores en los dedos de la mano en el interior del mismo. Esta elección se basó en la idea de que el niño percibiera el dispositivo como un juego, en lugar de como parte de una investigación, lo cual resulta un factor importante para su aceptación y cooperación.

Se utilizaron los componentes y dispositivos mencionados en la sección 4.1.2, se adecuaron con herramientas como cinta de velcro y cinta aislante para fijar los sensores y de este modo garantizar una buena puesta de los dedos para una medición adecuada.

Se realiza la conexión de los componentes tal cual los esquemas propuestos en la sección 4.2.1 dando como resultado el prototipo mostrado en la Figura 33 donde el guante está al contrario de su uso y así tener una vista de que manera están fijados los sensores y donde el niño pone la mano con fin de hacer la medición.



Figura 33. Disposición de sensores MMENA.

La otra visión del guante es donde se ve de qué manera el niño va a poder observar en su mano, como se puede evidenciar en la Figura 34 el guante tiene la apariencia del robot siendo conectado y al ser encendido se observan luces en la placa Arduino, llamando así más la atención del infante, así mismo los velcros ajustables permiten tener un mejor contacto de los sensores con la piel y evitar así la toma de datos incorrecta:

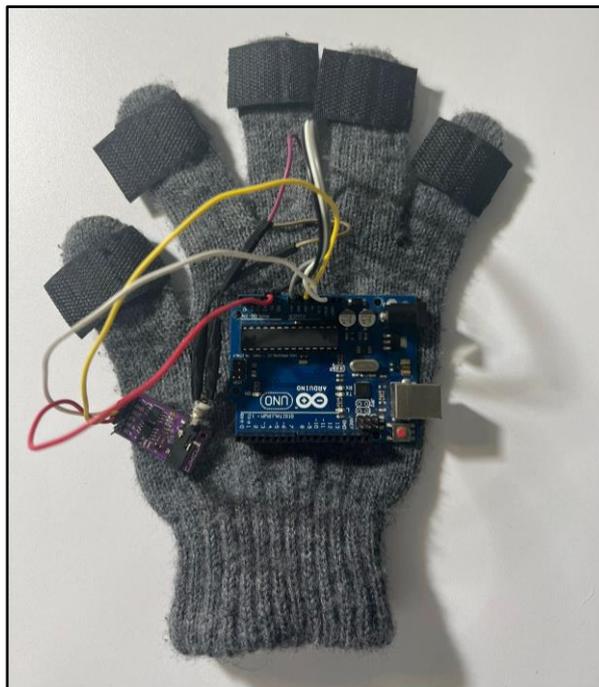


Figura 34. MMENA.

5.2.2 Toma de datos

Luego de la construcción del prototipo MMENA en base a lo planteado en capítulos anteriores, es necesario realizar diversas pruebas para obtener una muestra de datos significativa que permita analizar la variabilidad de las emociones y así comprobar el funcionamiento del prototipo para comparar los resultados obtenidos entre un niño con autismo y uno sin autismo. Es fundamental llevar a cabo estas pruebas para evaluar la efectividad del prototipo y determinar su capacidad para cumplir con los objetivos establecidos.

En las tablas 1 y 2 se expone la forma en la cual se tomaron los datos en los niños que participaron en las pruebas con el prototipo MMENA. En las diferentes fotografías se puede observar la manera en que se realizan las actividades establecidas en la sección 4.2.3 para medir la reacción emocional.





Tabla 1. Toma de datos con MMENA en niño con TEA.

La fotografías del niño no TEA fueron en ambientes definidos por los padres de familia y en acompañamiento de los mismos para así definir y especificar de qué manera se trabaja con el prototipo:



Tabla 2. Toma de datos con MMENA en niño no TEA.

5.2.3 Análisis de resultados

Como se ha mencionado en el desarrollo del modelo conceptual, con el fin de mejorar la comparación y análisis, se separan las mediciones del sensor de frecuencia cardíaca y el sensor GSR. De este modo, se presentarán gráficos separados con los resultados correspondientes a cada sensor. Cabe mencionar que en las pruebas los niños (con TEA y sin TEA) realizaron las mismas actividades propuestas para intentar inducir las emociones a estudiar.

Los resultados obtenidos por el sensor de ritmo cardíaco en la medición de la emoción de felicidad se muestran en las Figura 35, donde el eje X representa el tiempo y el eje Y representa las pulsaciones por minuto (bpm) del corazón; las líneas de colores definen al niño con TEA de color Azul y al niño sin TEA de color Negro.

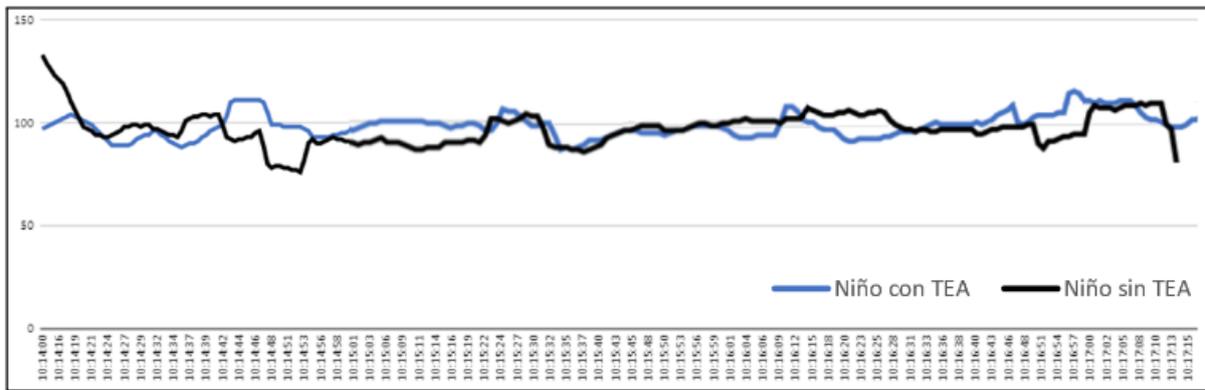


Figura 35. Gráfica medición de Alegría con sensor de ritmo cardiaco.

El análisis de la Figura 35 permite definir un patrón de felicidad cuando los picos o gráficas tienden a aumentar, dando así que permita definir que el sujeto siente alegría en ambos casos tanto el niño con TEA como el niño sin TEA demostrando de esta manera que las señales biológicas almacenadas de ambos infantes son las mismas y las emociones son identificadas y diferenciadas.

El análisis de la Figura 35 permite definir un patrón de felicidad donde se ha observado un aumento significativo en los valores registrados por el sensor debido a un incremento en la conductancia de la piel. En este sentido, se aprecia una clara similitud entre las mediciones obtenidas por el sensor y las respuestas biológicas del cuerpo humano en ambos casos tanto el niño con TEA como el niño sin TEA, lo que permite al sensor capturar y registrar estos cambios en tiempo real, demostrando de esta manera que las señales biológicas almacenadas de ambos infantes son las mismas y las emociones son identificadas y diferenciadas.

Los resultados obtenidos por el sensor de ritmo cardiaco en la medición de la tristeza como se muestran en las Figura 36, donde el eje X representa el tiempo y el eje Y representa las pulsaciones por minuto (bpm) del corazón; las líneas de colores definen al niño con TEA de color Azul y al niño sin TEA de color Negro.

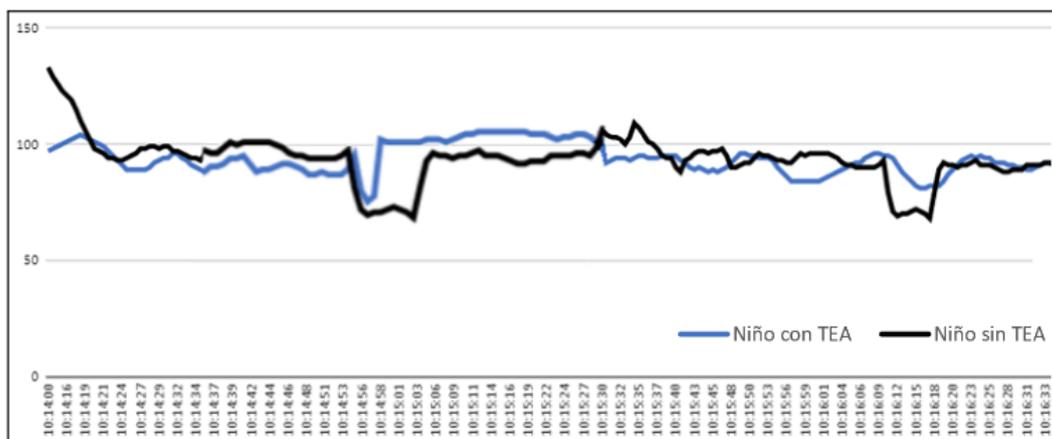


Figura 36. Gráfica medición de Tristeza con sensor de ritmo cardiaco.

Los resultados obtenidos en la Figura 36 determinan bajas en el pulso cardiaco, los cuales se dan como respuesta a emociones como la tristeza, que es te caso como se puede evidenciar se comportan de igual manera en los dos casos a estudiar, los picos hacia abajo de la gráfica se dan en casos en los cuales los niños perdieron en momentos de los juegos mostrando así su tristeza al no poder ganar u obtener un puntaje alto.

Los resultados obtenidos por el sensor GSR se muestran en las Figuras 37, donde el eje X representa el tiempo y el eje Y representa el valor de la conductividad eléctrica en la piel medida por el sensor , las líneas de colores definen al niño con TEA de color Azul y al niño sin TEA de color Negro.

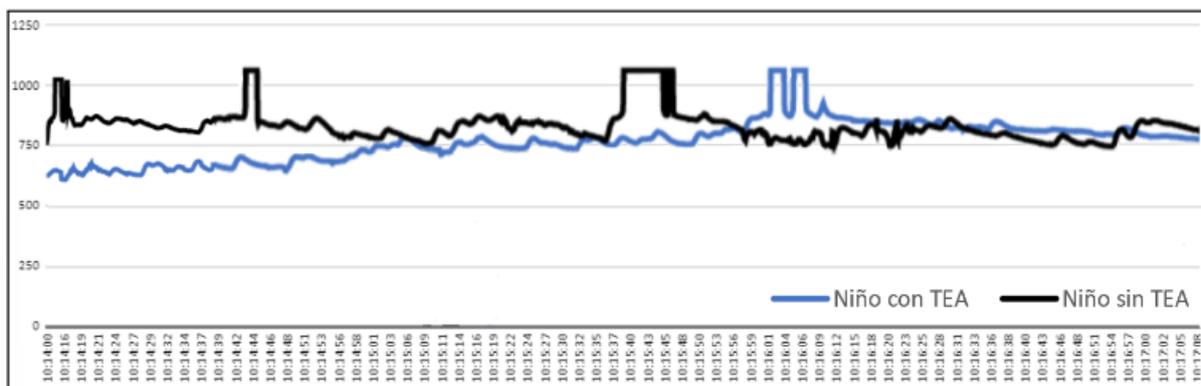


Figura 37. Gráfica medición de Alegría con sensor GSR.

Los resultados obtenidos por el sensor GSR se muestran en las Figuras 38, donde el eje X representa el tiempo y el eje Y representa el valor de la conductividad eléctrica en la piel medida por el sensor, las líneas de colores definen al niño con TEA de color Azul y al niño sin TEA de color Negro.

Durante los momentos de alegría, los valores registrados por el sensor GSR tienden a elevarse debido a un aumento en la conductancia de la piel. En este sentido, se puede entender que existe una clara similitud entre las medidas obtenidas por el sensor y la respuesta biológica del cuerpo de los niños, lo que permite al sensor captar y registrar estos cambios en tiempo real. Es así como al analizar los gráficos generados, se puede obtener información valiosa sobre el comportamiento emocional y fisiológico de los niños investigados en este trabajo de grado.

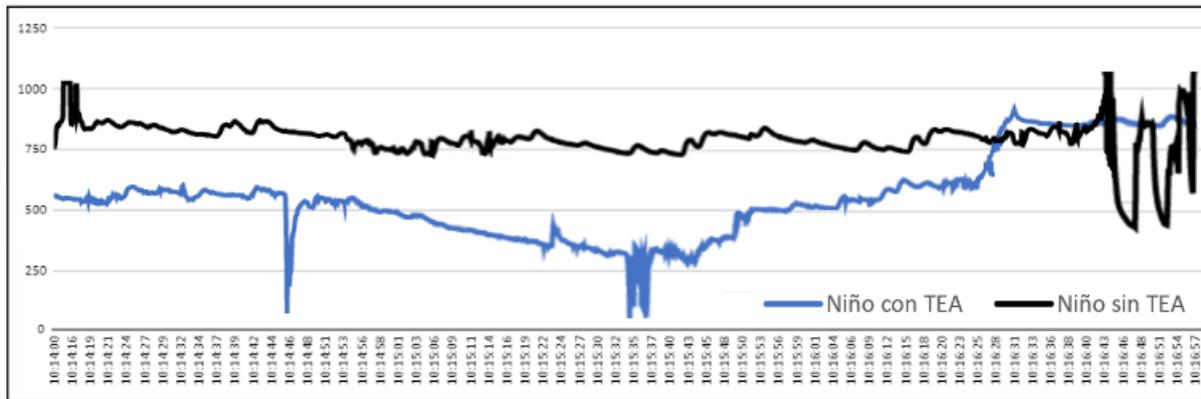


Figura 38. Gráfica medición de Tristeza con sensor GSR.

La gráfica correspondiente a la emoción de tristeza de la Figura 38 muestra una tendencia relativamente estable en los valores registrados en el niño sin TEA y aunque tenga picos hacia abajo no hay una variación significativa en los datos, sin embargo, en el niño con TEA se aprecia una disminución más notoria en los valores dados por el sensor en momentos de frustración o tristeza durante una actividad. Esto puede ser causado debido a que la medición de los cambios emocionales a través del sensor GSR puede estar influenciada por varios factores presentes en la toma de las mediciones como pueden ser el momento del día, el clima y la temperatura, ya que el sensor es más sensible en presencia de mayor humedad. Adicionalmente, la alta frecuencia de toma de datos del sensor puede producir un rango bastante amplio de valores, lo que puede afectar la interpretación de las gráficas y al hacer la comparación puede darse un rango de valores como las vistas en el gráfico.

Es importante mencionar y aclarar que los resultados obtenidos son únicamente para demostrar que MMENA funciona, sin embargo, los expertos en el área de investigación podrían necesitar realizar más experimentos para llevar un seguimiento más detallado en otros casos particulares.

Capítulo 6

6. Conclusiones y Trabajos Futuro

En el presente capítulo se da la respectiva conclusión del proyecto y la propuesta de trabajos futuros a realizar, los cuales fueron obtenidos en la fase de desarrollo de la investigación.

Contenido

6.1 Conclusiones

6.2 Trabajo Futuro

En resumen, la información definida en este capítulo se puede evidenciar en la Figura 39:

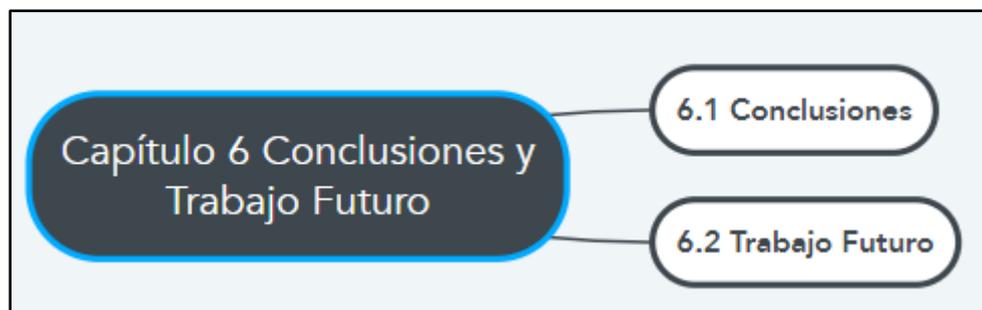


Figura 39. Mapa mental Capítulo 6.

6.1 Conclusiones

Del presente trabajo de grado se tienen las siguientes conclusiones:

- Durante la revisión de literatura relacionada y la identificación de brechas, se ha destacado la falta de documentación acerca de modelos de medición de emociones en niños con autismo utilizando sensores biométricos. Además, no se encontraron publicaciones relacionadas con este tema en un contexto local. En contraste, todavía se sigue trabajando en el campo de la psicología y psiquiatría basándose únicamente en la observación y subjetividad de los terapeutas.
- Se logró caracterizar el comportamiento y contexto del niño con TEA que participó en este trabajo y de esta manera obtener una percepción de las características de aprendizaje en él con ayuda de la interacción humano-computador.
- La utilización de sensores biométricos puede ser de gran ayuda para entender la fisonomía y comportamiento humano en diversos contextos. En particular, las mediciones obtenidas por el sensor GSR, que miden la conductividad eléctrica de la piel, pueden proporcionar información valiosa sobre cómo la piel reacciona ante diferentes estados emocionales.
- Se realizó un importante acercamiento con la fundación CENIDI para trabajar en beneficio de niños que requieren cuidados especiales y de esta manera abrir las puertas a trabajos futuros para favorecer la sociedad que tiene relación directa e indirecta con esta población.
- Se propuso un prototipo funcional denominado MMENA que permite realizar la medición de emociones en niños con autismo con sensores biométricos bajo diferentes estímulos definidos. Al analizar los resultados de esta herramienta se puede considerar como una base sólida para implementar procesos de enseñanza y aprendizaje más adecuados, sirviendo así como apoyo a los encargados del proceso de educación.
- El diseño y la capacidad de sensar emociones de MMENA fue validado por un panel de expertos en el área de metodología de interacción con niños con TEA y, especialistas en el uso de tecnologías de sensores y aplicación de los mismos; de esta manera se tiene claridad sobre los procesos llevados a cabo y de qué forma realizar la comprobación y posterior análisis de los datos.
- Es importante realizar en el proceso de co-diseño un acompañamiento por parte del usuario para garantizar que sea agradable y cumpla con las expectativas propuestas, dependiendo del sujeto al cual se plantea estudiar que lo caracteriza y que diferencias tiene en su forma de pensar, sentir y percibir lo que está a su alrededor. Por esta razón, se llevó a cabo un

exhaustivo trabajo de exploración para la implementación de MMENA. Es importante tener en cuenta que los resultados obtenidos con un niño varían al realizar las mismas pruebas con otros individuos y en diferentes contextos.

- Dada la realización de la caracterización y el desarrollo del prototipo funcional, se logra responder a la pregunta de investigación planteada en el trabajo de grado, la cual se refiere a si ¿Existe un mecanismo que permita lograr de forma más efectiva y eficaz de medir el estado emocional en niños con autismo utilizando sensores biométricos?, la cual puede responderse de la siguiente manera:

La implementación de MMENA y sus características específicas, sirven como herramienta de apoyo, para las personas alrededor del niño en cuestión, los cuales pueden entender de qué forma o cuando el infante siente las dos emociones definidas, alegría y tristeza; esto da como resultado un dispositivo con el cual por medio de los datos almacenados, se puede reconocer cuándo y cómo el niño está sintiendo y de qué manera lograr hacer que se pueda percibir las cosas de las cuales el gusta y no siente afinidad. Con la anterior descripción, se responde que sí, existe un mecanismo con el cual se puede medir cual es el estado emocional del niño con el uso de los sensores de sudoración o GSR y, de pulso cardiaco, los cuales están dentro de la categoría de sensores biométricos afines a la plataforma de Arduino.

- La función principal de crear con el usuario o co diseñar con el mismo es una de las principales tareas con las cuales se debe enfrentar el mundo de la ingeniería hoy en día, creamos pensando en lo que se cree que la persona necesita pero no se hace un acompañamiento guiado de las verdaderas necesidades del usuario y de cuales serían los puntos a favor y los puntos en contra de seguir esta forma de trabajo donde el cliente o usuario final es el que hace uso de la herramienta.

6.2 Trabajo Futuro

Con los resultados obtenidos en este trabajo de grado se tiene un estudio sólido sobre la condición del trastorno del espectro autista en niños además de un modelo de medición emocional junto con el prototipo MMENA que puede ser complementada con diferentes funcionalidades extras a medida que los estudios sobre el tema vayan incrementando. Este trabajo puede ser utilizado como una base teórica robusta para estudios relacionados en trabajos que busquen comprender las emociones en niños con TEA y de esta misma forma ayudar a mejorar la calidad de vida tanto de los niños como de todos a su alrededor. Algunos puntos a tener en consideración son:

- Tomar muestras de estudio más grandes, aunque los resultados de este trabajo de grado son válidos y alentadores, se tuvo que realizar con una muestra poblacional pequeña. Para obtener resultados más generalizados se debe intentar realizar los estudios con una población más grande con características similares.

- Explorar otro tipo de sensores biométricos diferentes a los utilizados en el presente documento, esto abre las puertas a muchas investigaciones en el tema tratado debido a que las tecnologías están creciendo de una forma exponencial todo el tiempo.
- Integrar el prototipo MMENA con dispositivos como un celular o un ordenador para la visualización del estado emocional actual ya sea por medio de una aplicación o una página web, en donde sea más sencillo ver la información relacionada con las emociones presentadas en tiempo real.
- Analizar la relación de las respuestas emocionales que se pueda obtener entre personas con TEA de diferentes edades para comparar si existe alguna similitud en los resultados obtenidos por este trabajo.
- El contexto geográfico y social en donde se realizó el estudio de este trabajo puede ser muy diferente de los presentados en un país extranjero, lo que conlleva a resultados variables, desarrollar pruebas en diferentes lugares y momentos puede ayudar a asentar las bases y estandarizar el conocimiento sobre este tema.

Anexos

ANEXO A: Formato de consentimiento entregado a los acudientes del niño.

Fecha ____/____/____

Yo _____ con cédula de ciudadanía de _____ apoderado(a) de _____ con base a lo expuesto en el presente documento, acepto voluntariamente que mi hijo/hija/pupilo participe en la investigación "**Modelo de Medición Emocional en Niños con Autismo, Utilizando Sensores Biométricos**", conducida por los estudiantes de pregrado ISABELLA OMEN RENGIFO y ANDRES FELIPE FACUNDO JAMIOY, estudiantes de la UNIVERSIDAD DEL CAUCA del programa de INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES.

He sido informado(a) de los objetivos, alcance y resultados esperados de este estudio y de las características de la participación. Reconozco que la información que se provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y anónima. Además, esta no será usada para ningún propósito fuera de los de este estudio del cual ya he sido informado con anticipación.

He sido informado(a) de que se puede hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que es posible el retiro de éste cuando así se desee, sin tener que dar explicaciones ni sufrir consecuencia alguna por tal decisión.

De tener preguntas sobre la participación en este estudio, puede contactar al Dr. Cesar Alberto Collazos, docente de la Universidad del Cauca (correo: ccollazos@unicauca.edu.co; celular: 3113081728) o a los estudiantes a cargo Isabella Omen Rengifo (correo: iomen@unicauca.edu.co; celular: 3108247284) y Andres Felipe Facundo Jamioy (correo: affacundo@unicauca.edu.co; celular: 322 3106409).

Entiendo que una copia de este documento de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando este haya concluido. Para esto, puedo contactar a los estudiantes responsables a los correos electrónico iomen@unicauca.edu.co y affacundo@unicauca.edu.co o a los celulares 3108247284 y 3223106409.

Firma del Apoderado(a)

Cédula del Apoderado(a)

Isabella Omen Rengifo
Estudiante a Cargo

Andres Felipe Facundo Jamioy
Estudiante a Cargo

ANEXO B: Modelo de acta de visita a la fundación CENIDI.



Trabajo de grado
Modelo de Medición Emocional en Niños con Autismo,
Utilizando Sensores Biométricos



ACTA VISITA CENIDI
Acta No.

FECHA:	HORA:
---------------	--------------

Asistentes:

N o	NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO
1		
2		
3		
4		
5		

DESARROLLO DEL ACTA

1. ACTIVIDAD:
2. RESULTADOS:
3. OBSERVACIONES:

Referencias

- [1] F. Bonilla, U. Bosque, and R. Chaskel, "Trastorno del espectro autista Introducción y concepto Recuento histórico" [Online]. Available: http://chamilo.cut.edu.mx:8080/chamilo/courses/TRASTORNOYDIFICULTADESDE APRENDIZAJE/document/PDF/Trastornos_del_aprendizaje/2.-Trastorno-espectro.pdf
- [2] Minsalud, "Día Mundial del Autismo: comprendámosla desde todo el espectro," *Minsalud.gov.co*, 2019. [Online]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Dia-Mundial-del-Autismo-comprendamosla-desde-todo-el-espectro.aspx#:~:text=%E2%80%8BSeg%C3%BAAn%20la%20OMS%2C%201, trastorno%20del%20espectro%20autista%2C%20ETA>
- [3] "American Psychiatric Association" [Online]. Available: <https://www.eafit.edu.co/ninos/reddelaspreguntas/Documents/dsm-v-guia-consulta-manual-diagnostico-estadistico-trastornos-mentales.pdf>
- [4] A. Fernández, M. Dufey and C. Mourgues, "Expresión y reconocimiento de emociones: un punto de encuentro entre evolución, psicofisiología y neurociencias", *Revista Chilena de Neuropsicología*, vol. 2, núm. 1, pp. 8-20, 2007.
- [5] REPÚBLICA DE COLOMBIA, "RAMA JUDICIAL DEL PODER PÚBLICO", [Online]. Available: <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/36167787/39898352/2020-117.pdf/c8465439-a424-4840-88e3-d4b016dd36c8>
- [6] Fundación Cenidi, "Quiénes somos", 2022. [Online], Available: <https://funcenidi.edu.co/quienes-somos/>
- [7] Portafolio, "Método Geempa, una forma diferente de aprender," *Portafolio.co*, Sep. 28, 2012. [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/tendencias/metodo-geempa-forma-diferente-aprender-97184>
- [8] L. García, "Diseño de un sistema de análisis de emociones usando Biosensores: caso de estudio en estudiantes de educación superior", Trabajo de grado Ingeniería Multimedia, Universidad de San Buenaventura Colombia, Santiago de Cali, 2019.
- [9] M. Mora, "Descripción del Método de Investigación Conceptual", Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, 2003. pp. 2-10.
- [10] A. Abril, S. Pérez and H. Facchini, "Análisis de la Afectividad y la Evaluación del Trastorno del Espectro Autista TEA-Diseño Experimental de una Plataforma Biométrica en el CeReCoN", Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería (ECEFI), Oct. 2018.

- [11] J. Fernández, L. Jiménez, P. Torres, L. Barba, and G. Rodríguez, “Experiencia Afectiva Usuario en ambientes con Inteligencia Artificial, Sensores Biométricos y/o Recursos Digitales Accesibles: Una Revisión Sistemática de Literatura,” RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, no. 35, pp. 35–53, Dec. 2019, doi: 10.17013/risti.35.35-53.
- [12] J. Sevilla, L. Vera, G. Herrera and M. Fernández, “FORHHSS-TEA, support to the individual work system for people with Autism Spectrum Disorder using virtual and augmented reality”, Spanish Computer Graphics Conference (CEIG), 2018.
- [13] A. González, “¿Qué es un sensor de huellas dactilares? ¿Se le puede engañar?,” Ayuda Ley Protección Datos, May. 2020. [Online]. Available: <https://ayudaleyprotecciondatos.es/2020/05/18/sensor-huellas-dactilares/>
- [14] ACIS, “Evolución e importancia de los datos biométricos en la actualidad”, 2021. [Online]. Available: <https://acis.org.co/portal/content/noticiasdelsector/evoluci%C3%B3n-e-importancia-de-los-datos-biom%C3%A9tricos-en-la-actualidad>
- [15] L. Vázquez, C. D. Moo, E. Meléndez, J. S. Magriñá, and N. Méndez, “Revisión del trastorno del espectro autista: actualización del diagnóstico y tratamiento” Revista Mexicana de Neurociencia, vol. 18, no. 5, pp. 31–45, Oct. 2017.
- [16] C. Arberas and V. Ruggieri, “AUTISMO. ASPECTOS GENÉTICOS Y BIOLÓGICOS”, Buenos Aires, Vol. 79, pp. 16-21, 2019.
- [17] C. Barthélémy, J. Fuentes, P. Howlin, and R. Van Der Gaag, “PERSONAS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO DEL AUTISMO IDENTIFICACIÓN, COMPRESIÓN, INTERVENCIÓN”, Autism-Europe, Bélgica, Tercera edición, 2019.
- [18] A. García, O. Alpizar, y G. Guzmán, “Autismo: Revisión Conceptual”, ESAT, vol. 6, n.º 11, pp. 26-31, 2019.
- [19] M. Colombo, “ABA EN EL TRATAMIENTO DEL AUTISMO”, 2018. [Online]. Available: <https://pavlov.psyciencia.com/2018/02/aba-tratamiento-autismo.pdf>
- [20] “COMPRENDERLAS PARA VIVIR MEJOR LAS EMOCIONES” [Online]. Available: <http://sauce.pntic.mec.es/falcon/emociones.pdf>
- [21] R. Ayuda-Pascual, J. Martos-Pérez, “Influencia de la percepción social de las emociones en el lenguaje formal en niños con síndrome de Asperger o autismo de alto funcionamiento” [Online], Available: <https://lovaasfoundation.es/wp-content/uploads/2022/03/percepcion-social-en-el-autismo.pdf>

[22] Y. N. González-Meneses and J. Guerrero-García, “Analysis of databases of facial expressions for the automatic identification of learning-centered emotions,” *Rev. Colomb. Comput.*, vol. 22, no. 2, pp. 58–71, Dec. 2021, doi: 10.29375/25392115.4300.

[23] Universidad San Pablo CEU, “ BREVE RECUERDO HISTÓRICO SOBRE EL AUTISMO” [Online], Available: <http://opendata.dspace.ceu.es/bitstream/10637/1837/2/Resumen.pdf>

[24] M. Jodra and D. García-Villamizar, “Impacto de la activación emocional en el reconocimiento de emociones en personas adultas con Trastornos del Espectro del Autismo y Discapacidad Intelectual [Impact of Emotional Activation on the Recognition of Emotions in Adults with Autism Spectrum Disorders and Intellectual Disability],” *Acción Psicológica*, vol. 16, no. 2, pp. 103–118, Feb. 2020, doi: 10.5944/AP.16.2.25566.

[25] “Diseño - Concepto, tipos y características,” *Concepto*, 2013. [Online]. Available: <https://concepto.de/disenio/>.

[26] “Definición de diseño - Definicion.de”, *Definición.de*, 2021. [Online]. Available: <https://definicion.de/disenio/>.

[27] “¿Qué es el co-design? | UNIBA,” *Unibarcelona.com*, 2016. [Online]. Available: <https://www.unibarcelona.com/int/actualidad/artes-graficas/co-design>.

[28] “Qué es el codiseño, sus ventajas y cómo lo abordamos en Lugar Común - Juegos de Parque, Equipamiento Deportivo,” *Juegos de Parque, Equipamiento Deportivo*, Dec. 08, 2022. [Online]. Available: <https://lugarcomun.cl/que-es-el-codisenio-sus-ventajas-y-como-lo-abordamos-en-lugar-comun/>.

[29] B. Ferreira, T. Conte, and S. Diniz, “Eliciting Requirements Using Personas and Empathy Map to Enhance the User Experience,” *2015 29th Brazilian Symposium on Software Engineering*, Sep. 2015, doi: <https://doi.org/10.1109/sbes.2015.14>. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7328012>

[30] B. Ferreira, W. Silva, E. Oliveira, and T. Conte, “Designing Personas with Empathy Map”, ResearchGate, May 12, 2015. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/276207468_Designing_Personas_with_Empathy_Map.

[31] C. Manterola, L. Grande, T. Otzen, N. García, P. Salazar, and G. Quiroz, “Confiabilidad, precisión o reproducibilidad de las mediciones. Métodos de valoración, utilidad y aplicaciones en la práctica clínica”, *Revista chilena de infectología*, vol. 35, no. 6, pp. 680–688, 2018.

[32] M. Gamboa Graus, “Escala de medición y análisis de datos estadísticos aplicados a la investigación educativa”, Universidad de las Tunas, Cuba, 2017.

- [33] Cambridge Dictionary, “utility,” Feb. 2023. [Online]. Available: <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/utility>
- [34] Vedantu, “Utility,” Apr. 14, 2020. [Online]. Available: <https://www.vedantu.com/commerce/utility>
- [35] International Organization for Standardization, “ISO 9241-11:2018”, Ergonomics of human-system interaction, Mar. 2018. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>
- [36] C. M. Barnum, “Usability Testing Essentials: Ready, Set ...Test!”, 2nd Edition, Morgan Kaufmann, 2020.
- [37] A. Komninos, “An Introduction to Usability”, The Interaction Design Foundation, [Online]. Available: <https://www.interaction-design.org/literature/article/an-introduction-to-usability>
- [38] R. ASALE and RAE, “Caracterizar” Edición del Tricentenario, 2022. [Online]. Available: <https://dle.rae.es/caracterizar>.
- [39] N. Eliana, G. Restrepo and C. Valencia, “Caracterización poblacional vista desde la perspectiva del desarrollo humano y el enfoque diferencial”, Barranquilla, v. 22, n. 2, p. 360-401, 2014. [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/indes/v22n2/v22n2a09.pdf>
- [40] R. ASALE and RAE, “Contexto”, Edición del Tricentenario, 2022. [Online]. Available: <https://dle.rae.es/contexto>
- [41] J. C. Félix-Brasdefer, Pragmática del español : contexto, uso y variación. Abingdon, Oxon; New York, Routledge, 2019.
- [42] “Context of Use”, The Interaction Design Foundation, 2022. [Online]. Available: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-glossary-of-human-computer-interaction/context-of-use>
- [43] C. A. Lauff, D. Kotys-Schwartz, and M. E. Rentschler, “What is a Prototype? What are the Roles of Prototypes in Companies?”, Journal of Mechanical Design, vol. 140, no. 6, Mar. 2018.
- [44] M. Deininger, S. Daly, K. Sienko and J. Lee, “Novice designers’ use of prototypes in engineering design,” Design Studies, vol. 51, pp. 25–65, Jul. 2017.
- [45] E. C. Salazar, “Prototipo, Contexto e Ingeniería del Software”, Universidad Católica Andrés Bello, Dic. 2012.

[46] M. Melara, “¿Qué es el empathy map y para qué sirve?”, El Blog de Marlon Melara, Nov. 02, 2017. [Online]. Available: <https://marlonmelara.com/que-es-el-empathy-map-y-para-que-sirve/>.

[47] T. Z. Fadhil and A. R Mandeel, “Live Monitoring System for Recognizing Varied Emotions of Autistic Children”, International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE), pp. 151-155, 2018.

[48] J. C. Manso, “TIC-TAC-TEA: Aplicación para recolección de datos biométricos y autorregulación emocional de personas con TEA”, Universidad Autónoma de Madrid, Jun. 2017.

[49] W. S. Montoya Moreno, “Sistema de monitoreo y alertas biométricas para el apoyo en las terapias de niños con trastorno del espectro autista”, Universidad Católica de Colombia, 2021.

[50] C. Gallardo, A. Rodríguez and M. J. Caurcel, “Apps for people with autism: Assessment, classification and ranking of the best”, Universidad de Granada, España, 2021.

[51] A. Hassan, N. Pinkwart and M. Shafi, “Serious games to improve social and emotional intelligence in children with autism”, University Berlin, Germany; Sohar University, Oman; Feb. 2021.

[52] M. Simões, S. Mouga, F. Pedrosa, P. Carvalho, G. Oleveira and M. Castelo Branco, “Neurohab: a platform for virtual training of daily living skills in autism spectrum disorder”, CENTERIS 2014 - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies, 2014.

[53] S. Cibralic, J. Kohlhoff, N. Wallace, C. McMahon and V. Eapen, “A systematic review of emotion regulation in children with Autism Spectrum Disorder”, Research in Autism Spectrum Disorders, Volume 68, 2019.

[54] C. Min, “Automatic detection and labeling of self-stimulatory behavioral patterns in children with autism spectrum disorder”, Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, pp. 279-282, 2017.

[55] “Apple Watch SE (GPS)”, *Mac Center Colombia*, 2023. [Online]. Available: https://mac-center.com/products/apple-watch-se-gps-caja-de-aluminio-en-plata-de-40-mm-correa-deportiva-en-color-abismo-talla-unica?variant=42134669230230¤cy=COP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&gclid=CjwKCAiA9NGfBhBvEiwAq5vSy4OapJOt91HwKAIWqsZgthMg0PkiCK26pXMNc6pkoSXSUO2Ein-h3RoCdKEQAvD_BwE.

[56] “Pulseras Elásticas de Goma, Pulseras de Goma Suaves y Cómodas, Dijes de Goma De Colores Sólidos, Varios Colores, 10 Piezas : Amazon.com.mx: Ropa, Zapatos y Accesorios”, *Amazon.com.mx*, 2023. [Online]. Available: <https://www.amazon.com.mx/Pulseras-El%C3%A1sticas-C%C3%B3modas-Colores-S%C3%B3lidos/dp/B09SGB1VHC>.

[57] C. Chen, “Diferencia entre emoción y sentimiento,” *Diferenciador*, Feb. 2016. [Online]. Available: <https://www.diferenciador.com/diferencia-entre-emocion-y-sentimiento/>.

[58] R. Francese and X. Yang, “Supporting autism spectrum disorder screening and intervention with machine learning and wearables: a systematic literature review,” *Complex & Intelligent Systems*, vol. 8, no. 5, pp. 3659–3674, Jun. 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00447-1>

[59] K. Bairavi and S. Kumar, “EEG Based Emotion Recognition System for Special Children”, *ICCET 18: Proceedings of the 2018 International Conference on Communication Engineering and Technology*, pp. 1–4, Feb. 2018, doi: <https://doi.org/10.1145/3194244.3194245>

[60] S. Hassani, I. Bafadel, A. Bekhatro, E. Blooshi, S. Ahmed and M. Alahmad, “Physiological signal-based emotion recognition system”, *2017 4th IEEE International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, Nov. 2017, doi: <https://doi.org/10.1109/icetas.2017.8277912>

[61] “Arduino UNO”, *Arduino.cl*, 2019. [Online]. Available: <https://arduino.cl/arduino-uno/>.

[62] BrainSigns, “GSR - Brainsigns”, *Brainsigns.com*, Sep. 08, 2015. [Online]. Available: <https://www.brainsigns.com/es/science/s2/technologies/gsr>.

[63] “GSR sensor interfacing | Arduino code and Block Schematic”, *Rfwireless-world.com*, 2023. [Online]. Available: <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/GSR-sensor-interfacing-with-Arduino-Code-and-schematic.html#:~:text=GSR%20sensor%20interfacing%20with%20Arduino%20code,-Following%20is%20the&text=The%20code%20reads%20the%20analog,set%20initially%20to%209600%20bps>

[64] “CJMCMCU-6701 GSR Skin Sensor Module Analog SPI 3.3V/5V”, *Robocraze*, 2023. [Online]. Available: <https://robocraze.com/products/cjmcmcu-6701-gsr-skin-sensor-module-analog-spi-3-3v-5v>.

[65] “Módulo Sensor Pulso Cardíaco Arduino (SKU 565G2)”, *HUBOT*, Feb. 21, 2020. [Online]. Available: <https://hubot.cl/producto/modulo-sensor-pulso-cardiaco-arduino-sku-636/>

[66] "Sensor Pulso - AV Electronics," AV Electronics, Jan. 23, 2023. [Online]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/sensor-pulso/>

[67] "Arduino - Home", Arduino.cc, 2023. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/>

[68] "IDE – Aprendiendo Arduino", *Aprendiendoarduino.com*, Jan. 27, 2018. [Online]. Available: <https://www.aprendiendoarduino.com/tag/ide/>

[69] "GitHub - WorldFamousElectronics/PulseSensorPlayground: A PulseSensor library (for Arduino) that collects our most popular projects in one place.", GitHub, Feb. 13, 2023. [Online]. Available: <https://github.com/WorldFamousElectronics/PulseSensorPlayground>

[70] RobTop Games AB, "Geometry Dash Lite", App Store, Sep. 12, 2013. [Online]. Available: <https://apps.apple.com/co/app/geometry-dash-lite/id698255242>

[71] Sybo Games ApS, "Subway Surfers", App Store, May 24, 2012. [Online]. Available: <https://apps.apple.com/co/app/subway-surfers/id512939461?platform=ipad>

[72] Ketchapp, "Stack", App Store, Feb. 17, 2016. [Online]. Available: <https://apps.apple.com/co/app/stack/id1080487957>

[73] Color Switch Phoenix, LLC, "Color Switch", App Store, May 23, 2018. [Online]. Available: <https://apps.apple.com/co/app/color-switch/id1314725881?platform=ipad>

[74] Serkan Ozyilmaz, "Rise Up", App Store, Mar. 20, 2018. [Online]. Available: <https://apps.apple.com/us/app/rise-up/id1354452189>