

Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado en el Municipio de Cajicá, Cundinamarca 2022

Marilyn Daniela Rodríguez Jiménez

Universidad El Bosque
Facultad de Bioingeniería
Bogotá, Colombia
2022

Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado en el Municipio de Cajicá, Cundinamarca 2022

Marilyn Daniela Rodríguez Jiménez
Trabajo de grado para optar por el título de Bioingeniera

Tutor
Prof. Doc. Mario F. Jiménez H.
Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Universidad El Rosario,
Bogotá, Colombia

Universidad El Bosque
Facultad de Bioingeniería
Bogotá, Colombia
2022

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de grado en primera estancia a Dios y a la Virgen de Guadalupe por permitirme culminar esta nueva etapa como profesional así mismo brindarme la voluntad para culminar cada uno de los objetivos propuestos.

A mis padres por su apoyo incondicional el cual me daba fuerza para seguir adelante con este proceso tan bonito de mejorar como persona y como profesional.

A mi familia que estuvo muy pendiente de mi proceso para apoyarme y ayudarme en lo que pudiese necesitar, con su ánimo para motivarme a seguir adelante con cada una de las cosas que necesitaba realizar me inspiraba más cada día.

A todas las personas que me impulsaron y creyeron en mí durante este tiempo, esto sin duda me daba más fuerza para continuar.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a la vida por mis padres Yovana y Manuel porque con su dedicación y amor han hecho mil cosas por mí durante este avance, a mi hermano Andrés que me ha brindado la motivación diariamente para culminar cada etapa con éxito, ellos son el principal apoyo en mi vida y gracias a ello he logrado alcanzar mis metas hasta el día de hoy.

Agradezco a mi tío Diego por su cariño y sus expectativas por mí desarrollo en este proceso de formación, por su comprensión y paciencia en mis momentos difíciles para alcanzar cada una de las metas propuestas.

Agradezco a los Ingenieros Mario Jiménez y Elio David Triana por su asesoría y tiempo durante el desarrollo de este trabajo, su apoyo fue muy valioso para adelantar este último paso el cual se culminó con todos los objetivos desarrollados a cabalidad.

Agradezco también a todas las personas que estuvieron presentes en esta oportunidad que me ha brindado la vida para ayudarme con cada una de las cosas que necesitaba.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo General.....	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. MARCO DE REFERENCIA	20
4.1 Marco Teórico	20
4.1.1 Autismo Regresivo	20
4.1.2 Epidemiología.....	20
4.1.3 Etiología	21
4.1.4 Modelos de intervención.....	22
4.1.5 Etapa de sensibilización	22
4.1.6 Robótica social	22
4.1.7 Grado de protección IP o Protección de ingreso.....	25
4.1.8 Grado de protección IK o Protección contra impactos	26
4.1.9 Luz azul en pantallas de dispositivos.....	27
4.2 ESTADO DEL ARTE	27
4.2.1 Diseño del robot Probo:.....	27
4.2.2 Desarrollo Kaspar: un robot humanoide para niños con autismo	28
4.2.3 Robot Social Milo	29
4.2.4 Diagnóstico del trastorno del espectro autista asistido por robot basado en razonamiento artificial	30
4.2.5 Validación en un ambiente real de Robot Social CASTOR para el uso en terapias con niños con autismo	31
4.3 MARCO NORMATIVO.....	32
4.4 MARCO GEOGRÁFICO	32
5. METODOLOGÍA	34
5.1 DISEÑO METODOLÓGICO	34

5.2 LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS	39
5.2.1 Funcionales	39
5.2.2 Calidad	40
5.2.3 Técnicos	40
5.2.4 Restricción	40
6. RESULTADOS	41
7. CONCLUSIONES	80
8. RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	81
9. BIBLIOGRAFÍA	82
10. ANEXOS	87
Anexo A. Encuesta secretaria de planeación Cajicá, Cundinamarca	87
Anexo B. Encuesta a padres de familia	89
Anexo C. Encuesta a terapeutas de niños con autismo	93
Anexo D. Encuesta bocetos para diseño de robot social	97
Anexo E. Encuesta sobre etapa de sensibilización a terapeutas	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Árbol del problema.....	16
Figura 4-1. Etiología multifactorial Síndrome de autismo.	21
Figura 4-2. Interacción de un robot social con niños por medio de juego	23
Figura 4-3. Robot social.	23
Figura 4-4. Interacción paciente con Autismo/Robot social	24
Figura 4-5. Robot Probo.....	28
Figura 4-6. Robot humanoide Kaspar	29
Figura 4-7. Robot Social Milo	29
Figura 4-8. Robot Social para diagnóstico de autismo	30
Figura 4-9. Robot Castor.....	31
Figura 4-10. Localización geográfica Cajicá, Cundinamarca	33
Figura 5-1. Diagrama de metodología.....	35
Figura 5-2. Funcionamiento del sistema desde usuario controlador hasta movimiento del robot social.	39
Figura 6-1. Raspberry Pi 4B.....	51
Figura 6-2. Pantalla táctil JniTyOpt 7in.....	52
Figura 6-3. Servomotor MG90S	53
Figura 6-4. Altavoz Nano-Tec NT-P2375	53
Figura 6-5. Power Bank Oraimo 20Ah.....	55
Figura 6-6. Boceto Robot Ely	55
Figura 6-7. Boceto Robot Tobor.....	55
Figura 6-8. Boceto Robot Norbi.....	56
Figura 6-9. Boceto Robot Osax.....	56
Figura 6-10. Aluminio.....	57
Figura 6-11. Espuma polietileno.....	58
Figura 6-12. Tela algodón antilíquido	59
Figura 6-13. Planos 2D de Tobor	60
Figura 6-14. Planos 2D unión de servomotor MG90s y Brazo en aluminio del robot	60
Figura 6-15. Planos 3D Tobor	61
Figura 6-16. Planos 3D Tobor	62
Figura 6-17. Circuito de Servomotores con Raspberry PI 4B	62
Figura 6-18. Vistas de Tobor (a) Vista Frontal (b) Vista Trasera (c) Vista lateral.....	63
Figura 6-19. Unión Motor MG90S con brazo en aluminio.....	63
Figura 6-20. Cobertura en tela antilíquido(a) Vista Frontal (b)Vista lateral (c)Vista trasera	64

Figura 6-21. Cobertura en espuma de Polietileno para componentes electrónicos (a) Puerta inferior (b) puerta superior.....	65
Figura 6-22. Montaje de servomotores MG90S con Raspberry.....	65
Figura 6-23. Aplicación de narrador.....	68
Figura 6-24. Carpetas para generación de listas.....	69
Figura 6-25. Consola con comandos de funciones y listas correspondientes.....	70
Figura 6-26. Robot social en Tela Fleece Ovejero.....	71
Figura 6-27. Peso total de Tobor.....	71
Figura 6-28. Aplicación remota para control del robot.....	72
Figura 6-29. Movimiento de motores para funcionamiento de brazos (a) Brazos arriba (b) Brazos abajo (c) Brazos al frente.....	73
Figura 6-30. Expresiones Faciales (a) Felicidad (b) Tristeza (c) Enojo (d) Asombro.....	74
Figura 6-31. Funcionamiento de pantalla 7in (a) Pantalla 7in en funcionamiento (b) Cuento mediante pictogramas (c) Canciones infantiles.....	74
Figura 6-32. Interacción Robot Social (a) Paciente pediátrico TEA (b) Inducción Terapeutas (Educadora especial, Psicóloga, Fonoaudióloga) (c) Paciente pediátrico Síndrome de Down (Trisomía 21).....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 4-1. Especificación grados de protección IP	25
Tabla 4-2. Especificación grados de protección IK	26
Tabla 5-1. Funciones del robot social a diseñar y estímulos en el paciente Paciente-Robot	34
Tabla 6-1. Limitaciones cognitivas por rango de edades	41
Tabla 6-2. Caracterización de limitaciones	42
Tabla 6-3. Respuestas por pregunta a encuesta realizada a padres de familia	42
Tabla 6-4. Respuestas por pregunta a encuesta realizada a terapeutas	46
Tabla 6-5. Funciones, movimientos y sonidos del robot social	49
Tabla 6-6. Matriz de decisión para microcontrolador	50
Tabla 6-7. Matriz de decisión de pantalla táctil	51
Tabla 6-8. Matriz de decisión de servomotor	52
Tabla 6-9. Respuesta encuesta de Bocetos del robot	56
Tabla 6-10. Material Interno (Aluminio).....	57
Tabla 6-11. Material antichoque (Espuma polietileno) otros materiales	58
Tabla 6-12. Material cobertura externa.....	58
Tabla 6-13. Lista de canciones y cuentos para reproducción	75
Tabla 6-14. Respuestas de terapeutas a encuesta de etapa de sensibilización.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

TEA	Trastorno del espectro autista
UAI	Unidad de atención integral al discapacitado
IP	Protección de ingreso
IK	Protección contra impactos
DSM-V	Manual diagnóstico y estadístico de las enfermedades mentales
ADIR	Entrevista para el diagnóstico de autismo
ADOS	Escala de observación para diagnóstico de Autismo
IPSICOL	Instituto Psicoeducativo de Colombia
LICA	Liga Colombiana de autismo

RESUMEN

La robótica social es una rama la cual se encarga de poder ofrecer servicios atención artificial a necesidades humanas mediante robots que tengan la capacidad de acoplarse a la inteligencia social, en este trabajo se encamino como una herramienta de apoyo a la etapa de sensibilización debido a la falta de interés por parte de los pacientes pediátricos en las actividades realizadas actualmente e igualmente la falta de tecnologías en el Municipio de Cajicá, en las diferentes terapias de pacientes con Autismo regresivo moderado el cual se caracteriza por la pérdida de capacidades tales como la pérdida del lenguaje, perdida de la interacción social, pérdida de la comunicación y aislamiento progresivo ya que los aparatos mecánicos generan un mayor índice de atención debido a que estos presentan movimientos y expresiones básicas que son fáciles de asimilar. Se realizo un diseño y construcción de un robot social basado en diferentes encuestas con las cuales se definieron tanto movimientos como apariencia física por medio de la información obtenida de padres de familia y terapeutas. Se logra un robot basado en los requerimientos del usuario, con la capacidad de ser controlado remotamente por el terapeuta así mismo con la capacidad de definir nuevas actividades siendo personalizado para cada paciente pediátrico así mismo se logra una estructura con un peso adecuado para ser transportado y con materiales resistentes para poder tener interacción directa con el niño. Se observo por medio de una primera interacción con los pacientes pediátricos en la UAI un gran interés por tener contacto directo con el robot lo cual es de alta importancia para su implementación en terapias igualmente se recomienda a futuro realizar un estudio longitudinal para evidenciar el avance de la etapa de sensibilización así mismo como los puntos claves de mejora durante esta con su uso regular.

Palabras Claves: Etapa de sensibilización, Robótica Social, Trastorno del espectro autista, , Terapias Psicoeducativas

ABSTRACT

Social robotics is a branch which is responsible for being able to offer services artificial attention to human needs through robots that have the ability to engage with social intelligence, in this work is routed as a tool to support the stage of awareness due to lack of interest by pediatric patients in the activities currently performed and also the lack of technologies in the municipality of Cajicá, Cundinamarca. The different therapies for patients with moderate regressive autism, which is characterized by the loss of abilities such as loss of language, loss of social interaction, loss of communication and progressive isolation, since the mechanical devices generate a higher rate of attention due to the fact that they present basic movements and expressions that are easy to assimilate. A design and construction of a social robot was made based on different surveys with which both movements and physical appearance were defined by means of information obtained from parents and therapists. A robot based on the requirements of the user is achieved, with the ability to be controlled remotely by the therapist as well as with the ability to define new activities being customized for each pediatric patient as well as a structure with a suitable weight to be transported and with resistant materials to be able to have direct interaction with the child. It was observed by means of a first interaction with the pediatric patients in the Unit of integral attention to the disabled a great interest to have direct contact with the robot which is of high importance for its implementation in therapies also it is recommended in the future to carry out a longitudinal study to demonstrate the progress of the sensitization stage as well as the key points of improvement during this with its regular use.

Keywords: Awareness Stage, Social Robotics, Autism Spectrum Disorder, Psychoeducational Therapies.

INTRODUCCIÓN

El Manual diagnóstico y estadístico de las enfermedades mentales (DSM-V) donde presenta el “trastorno del espectro autista” (TEA) como un subgrupo dentro de los trastornos generalizados del desarrollo constituido por alteraciones en el neurodesarrollo que generan afectaciones en las funciones cerebrales tales como la capacidad del lenguaje y la interacción social (Pichot et al., 2016).

Según estudios realizados entre los cuales está la conferencia del “desenlace clínico a la intervención la cura” para el TEA presenta una tendencia desfavorable las dos terceras partes de los pacientes, o tienen discapacidades graves y no avanzan socialmente o no son incapaces de llevar una existencia independiente de ninguna forma (Alessandri et al., 2005), por esta razón se han venido desarrollando diferentes tipos de tratamiento que disminuyan el aumento de la sintomatología tales como la intervención biomédica en la cual se realizan exploraciones, exámenes y análisis diversos. La intervención conductual que se centra en los pensamientos, sentimientos y las conductas del individuo. La intervención psicoeducativa que potencializa sus habilidades comunicativas; y esta última ha sido la que evidencia el mayor avance en los pacientes ya que dentro de este tipo de terapia se manejan unos subgrupos que la hacen complementaria en aspectos conductuales, evolutivos sensorio motores e intervención basada en la familia entre otras (Mulas et al., 2010).

Se debe tener en cuenta que al momento de iniciar cualquier tipo de terapia hay que llevar a cabo una etapa llamada sensibilización la cual consiste en lograr captar el interés y generar motivación en el niño mediante juegos, imitación de movimientos con respecto a la práctica de coordinación. Esta etapa de la terapia es compleja porque los métodos implementados son comunes y poco atractivos generando largos periodos de tiempo y esto llega a afectar el desempeño tanto del paciente como del terapeuta ya que se afecta directamente los tiempos de intervención de calidad.

Debido a las razones mencionadas anteriormente, la robótica social entiéndase como robots destinados a actividades básicas de ocio tales como el juego, la creatividad, el aprendizaje, y el entretenimiento son juguetes interactivos que tienen un componente de software, que se distingue de otros artefactos de baja tecnología (Fernaesus et al., 2010). Una rama importante de la ingeniería que está contribuyendo significativamente en el tratamiento de diferentes patologías en diferentes campos de acción, y se puede implementar en la rehabilitación de los pacientes TEA donde los niños muestran una clara atracción hacia los sistemas tecnológicos (Pennisi et al., 2016) previsibilidad de comportamiento repetitivo y monótono del robot es el factor reconfortante que hace que los niños autistas tengan una gran atracción por estos (Cruz & Salazar, 2014).

Estas características específicas, tanto del robot, como del individuo TEA, pueden identificar que la robótica social presenta ventajas en el proceso de la rehabilitación porque aporta avances en la terapia del paciente con TEA y en el terapeuta tratante de la patología, luego así se identifica una evolución en su calidad de vida haciendo más eficientes y de calidad cada una de las terapias.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los modelos de intervención como la educación continua y el apoyo comunitario son una base clave para el desarrollo de competencias sociales y de comunicación en niños con autismo regresivo (Mulas et al., 2010). Los modelos terapéuticos se manejan por medio de dos diferentes modalidades el primero se basa en una perspectiva psicoeducativa y otro en un trabajo netamente terapéutico, dependiendo de la modalidad se maneja un abordaje determinado hacia el niño para así generar el momento de sensibilización; el primero de ellos se realiza en un entorno de escuelas especiales en este caso el niño se aborda como un alumno y el terapeuta es quien le enseñará los modelos de comunicación para desenvolverse con el medio y con las demás personas. En el segundo caso se hace en ambientes mucho más controlados como lo son consultorios o centros terapéuticos en el cual se tiene la capacidad de determinar el origen de su comportamiento más específicamente (Corredera et al., 2016).

En la terapia psicoeducativa, la sensibilización logra captar el interés y generar motivación en el niño mediante juegos, imitación de movimientos, habla de palabras o de peticiones sencillas para generar seguridad y confianza desencadenando así el desenvolvimiento en el momento de la intervención (Liga Colombiana de Autismo, 2021), esta etapa es una de las mayores limitaciones en este tipo de terapias debido a que el abordaje del niño se debe realizar basado en una forma empática más no como paciente ya que se debe lograr un desarrollo de habilidades para inclusión en la sociedad (Corredera et al., 2016). Actualmente este método por su complejidad de atraer el interés y la motivación del niño conlleva a que se generen largos periodos de tiempo en esta etapa de la terapia y esto llega a afectar el desempeño tanto del individuo TEA como del terapeuta debido a que no se están llevando a desarrollar las habilidades principales como la atención y la escucha que son acciones principales para el desarrollo de relaciones interpersonales ocasionando que en las familias se genere la búsqueda de alternativas adicionales (equino terapia (Fierro Bósquez et al., 2018), terapias musicales (Garnica et al., 2021), como complemento para evidenciar una evolución más rápida; pero esto genera mayores costos para las familias y llega a desencadenar un abandono de estas (Morales, 2010). Por tanto, son esenciales en el desarrollo tanto de habilidades sociales como de comunicación (Zalaquett et al., 2015) que no se pueden brindar al niño en ambientes comunes como lo son en el hogar. En el Municipio de Cajicá, Cundinamarca donde se presenta una población de 2468 con limitaciones cognitivas. Los habitantes que se tienen en cuenta entre los rangos de edades de los 0 y 17 años con una población de 369 los cuales padecen problemas cognitivos que evidencian las características de los pacientes TEA (Secretaría de planeación Cajicá, Cundinamarca Oficio AMC-SP-0726-2022, 2022). Este se desarrollado en el

Municipio debido a que la población afectada es de un 13.6% lo cual es un valor relevante de afectación. Se ha demostrado que estos dispositivos electrónicos ayudan a que los menores con autismo tengan una mejor comunicación con su entorno los robots sociales sirven de ayuda al desarrollo de habilidades cognitivas, motoras, sensoriales y sociales (Sociedad Ciencia Educación Padres e Hijos Sucesos Motor Salud, 2019).

En la

Figura 1-1 se observa el árbol el árbol del problema.

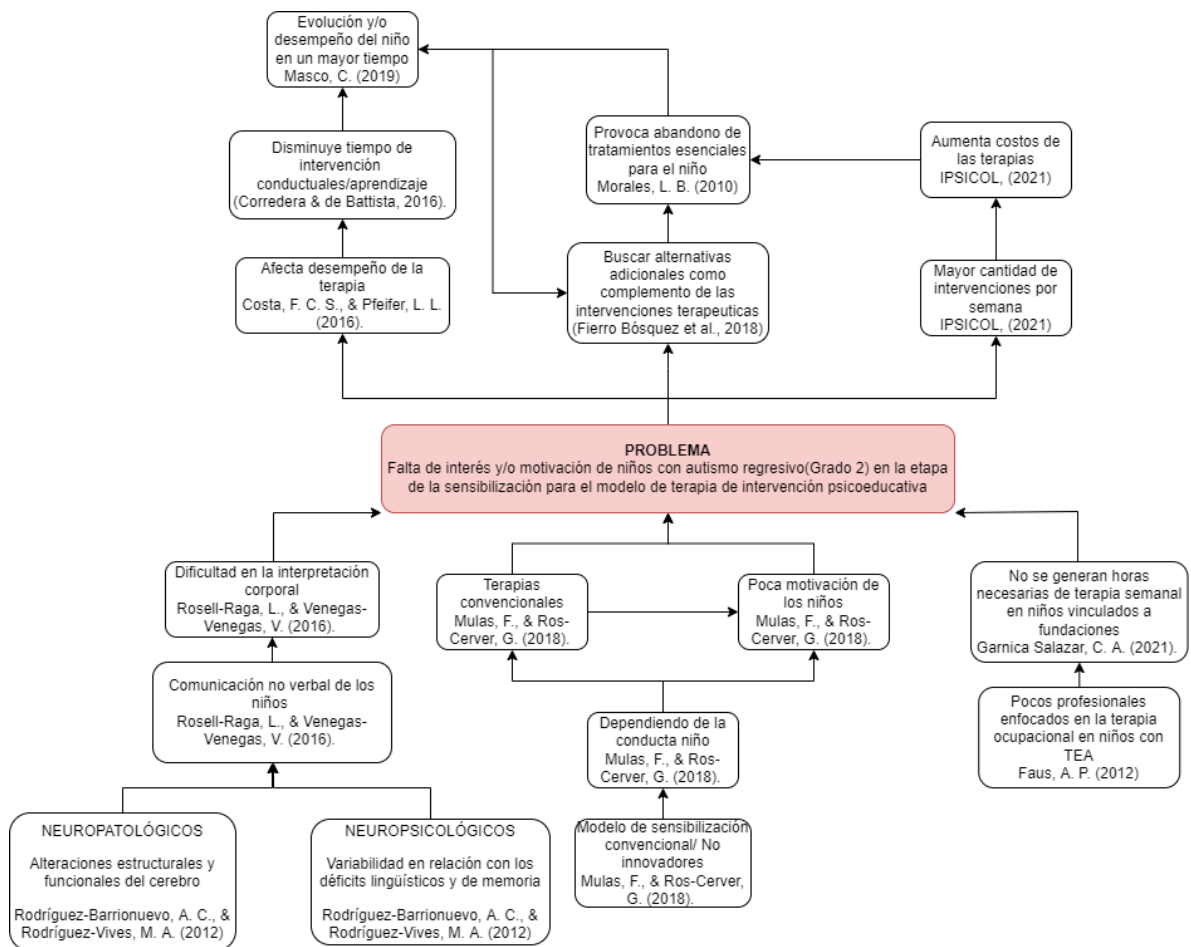


Figura 1-1. Árbol del problema

Fuente: propia

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Desarrollar un robot social que funcione como herramienta educativa de apoyo para la sensibilización en terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo.

2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Diseñar un robot social con un sistema de software controlado por el terapeuta para la etapa de sensibilización acorde a las necesidades del paciente.
- ❖ Construir el robot social diseñado junto con su software de control como herramienta de apoyo para etapa de sensibilización en terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo.
- ❖ Evaluar el robot social por medio de pruebas de funcionalidad según requerimientos establecidos.
- ❖ Diseñar un protocolo de sensibilización que integre el robot social en terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo.

3. JUSTIFICACIÓN

Según la OMS en el año 2021 se calculó que en todo el mundo, uno de cada 160 niños tiene TEA; en Colombia se aproxima que 115.000 habitantes padecen autismo (Estadísticas Oficiales En Colombia Acerca Del Autismo, 2021) pero en ambos casos es una estimación, pues se ha observado que el dato no es preciso porque no existe un solo diagnóstico si no que se realiza un estudio por medio de un equipo multidisciplinar (psicólogos, fisioterapeutas, médicos y educadores especiales) entre los diferentes estudios realizados anualmente (Ruiz-Lázaro et al., 2009). En Colombia se tiene un modelo de diagnóstico basado en los siguientes enfoques en primer lugar se debe contar con un equipo de profesionales capacitados, quienes puedan interactuar con la persona, a partir de la aplicación de pruebas de observación que permitan recolectar información. Entre otras, existen pruebas como el ADIR (Entrevista para el diagnóstico de autismo), ADOS (Escala de observación para diagnóstico de Autismo), para determinar de acuerdo a los criterios del DSM V, si la persona puede tener la condición del Tea (Liga Colombiana de Autismo, 2021)

El autismo es un síndrome en el cual se ven afectados directamente 3 pilares, el primero corresponde a la interacción social donde se encuentra la comunicación no verbal, el contacto visual, las diferentes expresiones faciales y los gestos reguladores (muestra de emociones); el segundo corresponde a la comunicación ya que este tipo de síndrome desencadena un retraso en la adquisición del lenguaje o una ausencia total de este. El tercero corresponde al comportamiento e intereses del niño ya que se evidencian unos patrones repetitivos y restringidos que limitan un aprendizaje continuo (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

Debido a estas características particulares en los pacientes pediátricos con TEA se aplican diferentes modelos de tratamiento como las terapias psicoeducativas (Mulas et al., 2010) que se enfocan en el desarrollo tanto social como de comunicación; este tipo de terapias tempranas radican en la posibilidad de minimizar las consecuencias de deterioro en el desarrollo del niño a largo plazo (Silva Costa et al., 2021),), fortalecer a la familia, así como lograr resultados en corto plazo mientras estas sean constantes y se llevan a cabo procesos teniendo en cuenta la captación de interés del niño durante todo el proceso (Corredera et al., 2016).

En las terapias implementadas en pacientes TEA el principal componente es la sensibilización porque el niño se siente a gusto con la terapeuta y así él puede empezar a desenvolverse en cuanto a su comunicación no verbal; lo que permite que el terapeuta pueda identificar sus gustos y así mismo lograr una mayor evolución en el niño por cada sesión (Martínez, 2016).

En las metodologías implementadas se observan que estos periodos de sensibilización llegan a presentar tiempos muy extensos debido a que no se genera

una captación de interés y motivación rápidamente lo que limita el desarrollo de la terapia en cuanto al periodo de intervención del terapeuta generando una evolución más tardía, lo cual ocasiona una mayor cantidad de intervenciones semanales generando un mayor costo en el tratamiento (Instituto Psicoeducativo de Colombia (IPSICOL), 2021); teniendo en cuenta lo anterior se genera un abandono de las terapias para el desarrollo del niño a corto, mediano y largo plazo (Morales, 2010).

El aporte directo que se puede llevar a cabo desde la Bioingeniería permite el mejoramiento en cuanto al desenvolvimiento y desarrollo en la calidad de vida de los individuos TEA y las familias e igualmente como un apoyo continuo para el terapeuta basado principalmente en el modelo biopsicosocial ya que en este tipo de síndromes se deben tener en cuenta los diferentes enfoques (biológicos, psicológicos y sociales). Por esta razón se propone desarrollar un robot social el cual funcione como herramienta de apoyo en las terapias psicoeducativas así mismo este contara con ventajas sobre otros en el mercado como lo es Castor (CASTRO, 2020); ya que será capaz de ser reprogramable en cuanto a movimientos de brazos y funciones audiovisuales dependiendo los gustos del paciente pediátrico y el plan de trabajo del terapeuta; tendrá una apariencia fantástica; lo cual generara una mayor avance al momento de ser implementado ya que como se observo en el trabajo de Kaspar (Dautenhahn et al., 2009) la forma humanoide genera un rechazo por parte del paciente pediátrico debido a que lo relaciona con humanos y un pilar principalmente afectado son la relaciones interpersonales lo cual hace que no sea efectiva la etapa de sensibilización, ni la terapia todo esto se tiene en cuenta para lograr un desarrollo que genere una motivación y un interés en este período de los paciente con autismo regresivo moderado.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 Marco Teórico

Debido a que se deben tener en cuenta diferentes conceptos involucrados en el Autismo regresivo y la forma de poder llevar a cabo los diferentes tipos de intervención a continuación se evidencia información extraída directamente de la literatura que presenta una relevancia para el desarrollo del proyecto.

4.1.1 Autismo Regresivo

El Autismo no se puede expresar como una enfermedad específica, ya que actualmente no cuenta con una etiología determinada; por esto, se considera como un síndrome que ocasiona una disfunción neurológica (Rodríguez & Rodríguez, 2002). El autismo regresivo se caracteriza por la pérdida de capacidades adquiridas en los primeros 3 años de edad (Tendlarz et al., 2020). Entre estas características se encuentra la pérdida y evitación del lenguaje del Contacto Ocular, pérdida del lenguaje, pérdida del Juego y la Interacción Social, pérdida de la comunicación, aislamiento progresivo y aparecen conductas repetitivas (Rosell-Raga et al., 2006).

En el síndrome de autismo se presentan tres niveles de profundidad (Sharma et al., 2015):

4.1.1.1 Profundidad Leve

En este caso se evidencian problemas de inflexibilidad, mala organización, planificación, cambio de actividades que perjudican la independencia, las habilidades sociales deficientes, la dificultad para iniciar interacciones, los intentos de hacer amigos son extraños y sin éxito.

4.1.1.2 Profundidad Moderada

En este caso se evidencian dificultades marcadas en las habilidades de comunicación social verbal y no verbal. Comportamientos repetitivos restringidos y marcadamente extraños, dificultades notables para cambiar de actividad o de enfoque.

4.1.1.3 Profundidad Alta

En este caso se evidencian dificultades graves en la comunicación verbal y no verbal. Habla muy limitada, comportamiento extraño y repetitivo; muchos expresan únicamente sus necesidades básicas.

4.1.2 Epidemiología

Los diferentes estudios arrojan una prevalencia en la cual de 21 a 35 habitantes por cada 10.000 padecen autismo en Colombia, pero en el último año se estimó que la

prevalencia esta entre 6 y 8 casos por cada 1.000 es decir una prevalencia cercana al 1% (Fernández, 2016).

Adicionalmente este tipo de síndrome afectan unas 4 veces más a hombres que a mujeres, estas cifras de prevalencia del síndrome por cada estudio se vienen acercando más a la realidad notando un avance en cuanto a la mejora de un diagnóstico más oportuno en los cambios de los criterios con los cuales se realiza, aunque aún hay unos aspectos de la naturaleza biológica que no se han esclarecido en su totalidad(Fernández, 2016).

4.1.3 Etiología

En la mayoría de los casos se han realizado estudios para lograr determinar una causa homogénea en los pacientes que presentan el síndrome de autismo, pero las causas teniendo en cuenta el desarrollo cerebral que conduce a un diagnóstico no están definidas y no existe un marcador biológico único. En consecuencia, este se define por síntomas y signos clínicos, y su etiología arroja resultados heterogéneos (Fernández, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior se han desencadenado diferentes posibles factores de riesgo entre los cuales se tienen endocrinológicos ya que este es directamente relacionado con las hormonas del crecimiento, comportamiento y desarrollo; otro es la prematuridad debido a la necesidad de exposición constante a fármacos a tan temprana edad y con un bajo peso y por último se encuentra la disfunción cerebral la cual no permite un correcto desarrollo, debido a este tipo de etiología el síndrome se desencadena como un factor multifactorial como se observa en la **Figura 4-1**. (Rodríguez & Rodríguez, 2002).

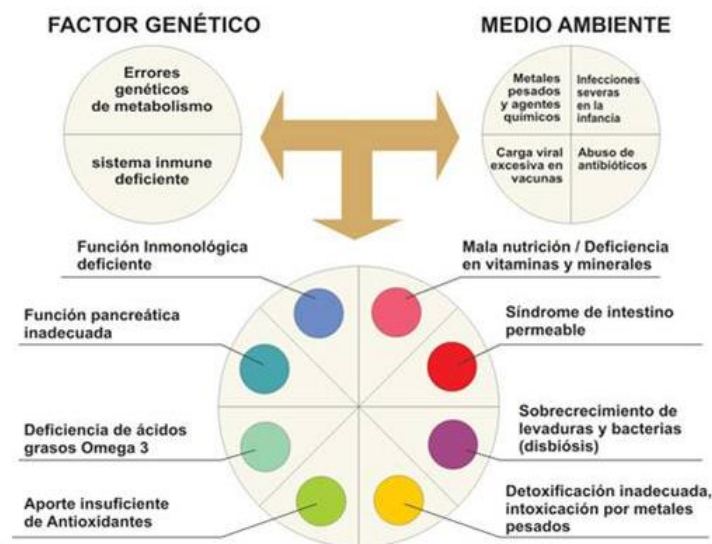


Figura 4-1. Etiología multifactorial Síndrome de autismo.

(TEA | Fisioterapia y Salud, 2014).

Debido a las diferentes causas expuestas anteriormente se han venido aplicando a lo largo de los años diferentes modelos de intervención terapéutica (Faus, n.d.) en los niños las cuales logren desarrollar una evolución del niño en un menor tiempo.

4.1.4 Modelos de intervención

Para tratar el TEA es de suma importancia la educación y el apoyo comunitario continuo para ir desarrollando a tiempo las habilidades sociales y de comunicación en el niño, por esta razón se han venido generando diferentes tipos de modelos de intervención como los que se muestran a continuación (Mulas et al., 2010).

4.1.4.1 Intervención Biomédica

Este se fundamenta en tratar el síndrome a través de medicamentos o de modificaciones en la dieta. Pero hasta el momento no se ha obtenido eficacia que este demostrada mediante una forma científica.

4.1.4.2 Intervención Psicoeducativa

Este tipo de intervención consiste en enseñar a los niños comportamientos y habilidades nuevas por medio de técnicas estructuradas dependiendo el diagnóstico de cada uno, así mismo ayudan a desarrollar relaciones interpersonales positivas y de gran impacto.

4.1.4.3 Intervención Conductual

Este tipo de intervención ayuda a fomentar conductas por medio de nuevas habilidades, o así mismo mantener las ya aprendidas. Logrando disminuir las condiciones en donde ocurran conductas desadaptativas.

4.1.5 Etapa de sensibilización

Esta etapa es el momento más importante en la terapia Psicoeducativa ya que es el primer contacto que se tiene paciente pediátrico – Terapeuta la cual permite lograr captar el interés y generar motivación en el niño mediante juegos, imitación de movimientos, habla de palabras o de peticiones sencillas para generar seguridad y confianza desencadenando así el desenvolvimiento en el momento de la intervención y obteniendo un mejor desarrollo del paciente con cada intervención (Liga Colombiana de Autismo, 2021).

4.1.6 Robótica social

Esta es una rama de la robótica la cual se encarga de poder ofrecer servicios de apoyo o de atención artificial a necesidades humanas mediante robots que tengan

la capacidad de acoplarse a la inteligencia social (Gutiérrez, 2015) estas interacciones principalmente están dadas en ámbitos de terapias las cuales incluyen la educación y el juego como se observa en la Figura 4-2.

Un robot social se define como aquel que interactúa y se comunica con las personas por medio de comandos los cuales le permiten expresarse y/o percibir las emociones, comunicarse por medio de diálogo o comunicación no verbal, utilizar señales naturales o un carácter distintivo (Torras, 2014). En la Figura 4-3 se puede observar los componentes de un robot social.



Figura 4-2. Interacción de un robot social con niños por medio de juego (Torras, 2014).

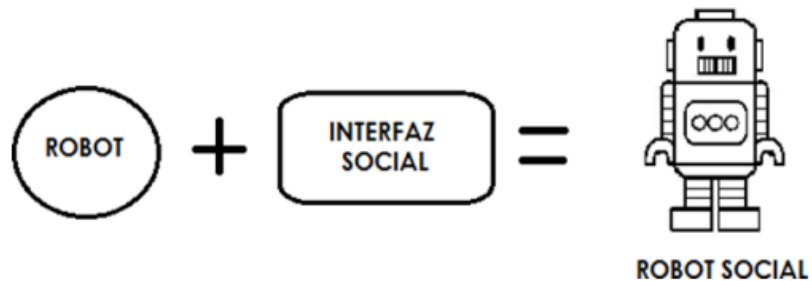


Figura 4-3. Robot social. (Torras, 2014).

4.1.6.1 Robots Sociales como promotores en el tratamiento de Autismo

Debido a la complejidad y a la variedad de manifestaciones del síndrome de autismo ha llevado al desarrollo de diferentes avances en cuanto a la forma de intervención de los pacientes, los resultados prometedores de los estudios realizados como lo es el caso de Castor en el año 2020 (CASTRO, 2020) y de Milo en el año 2005 (Salemi et al., 2005) , está llevando a cabo la incorporación de la robótica al contexto

educativo y terapéutico lo cual hace que se pueda observar la viabilidad de este tipo de método para la intervención de este síndrome.

Los niños con autismo han mostrado una clara atracción por los juguetes mecánicos especialmente los robots como se puede observar en la Figura 4-4, esto se debe a que los comportamientos repetitivos y monótonos de los robots se convierte en el factor principal que hace que los niños autistas tengan un gran interés (Pinel et al., 2018).



Figura 4-4. *Interacción paciente con Autismo/Robot social*

(Pinel et al., 2018).

Existen diferentes ventajas tanto de interacción social como de comunicación en la implementación de la robótica entre los cuales tenemos:

- Generación de una respuesta emocional por medio de la imitación.
- Reconocimiento de las expresiones humanas por medio del robot.
- Seguimiento de mirada hacia diferentes objetos con mayor facilidad.
- Disminuye el aislamiento del niño con otras personas.
- Se pueden adaptar acorde a gustos y necesidades.
- Genera respuesta social en el niño debido a su simplicidad.
- Facilidad en el seguimiento de instrucciones ya que son más sencillas.

(Pinel et al., 2018).

4.1.6.2 Importancia de la apariencia del robot Social

Los robots sociales implementados en las terapias de niños con autismo presentan unas características especiales entre las cuales deben ser visualmente atractivos para captar la atención del niño y el objetivo es que tengan un tamaño que le permita una fácil interacción. Las expresiones faciales son simples y en lo posible se evitan

características muy marcadas para que no sea rechazado por parte del niño. Además, el tamaño de los ojos depende del niño dado que algunos se pueden sentir amenazados. Adicional a esto los niños tienden a mostrar mayor afinidad hacia los robots no humanoides a pesar de que en algunos casos este tipo de robots permiten una mejor generalización de su ambiente (Torras, 2014).

4.1.7 Grado de protección IP o Protección de ingreso

Están regulados por la IEC, cuya normativa (**IEC 60529**) se establecen los requisitos para la clasificación de los diferentes grados de protección de las envolventes de equipos eléctricos y electrónicos frente a elementos externos como se puede observar en la Tabla 4-1. En este caso, el grado de protección IP, nos indica la resistencia del material a agentes sólidos y agua (Grados de Protección IP e IK, 2019).

Tabla 4-1. Especificación grados de protección IP

NIVEL	Primer Dígito (Entrada de cuerpos sólidos)	Segundo Dígito (Entrada de agua)
0	Sin protección	Sin protección
1	Protegido contra la entrada de elementos sólidos de hasta 50mm.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5mm ³ por minuto).
2	Protegido contra la entrada de elementos sólidos de hasta 12,5mm.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5mm ³ por minuto). Dicha prueba se realizará 4 veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Protegido contra la entrada de elementos sólidos de hasta 2,5mm.	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de 800-100 kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Protegido contra la entrada de elementos sólidos de hasta 1mm.	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 800-100 kN/m ²

		durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Protegido contra la entrada de polvo (la cantidad que entra no interfiere con el funcionamiento del dispositivo).	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión 30 kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
6	Totalmente protegido contra la entrada de polvo.	No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión 100 kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
7	Totalmente protegido contra la entrada de polvo.	El equipo debe soportar sin filtración alguna la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.
8	Totalmente protegido contra la entrada de polvo.	El equipo debe soportar sin filtración alguna la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.

(Grados de Protección IP e IK, 2019)

4.1.8 Grado de protección IK o Protección contra impactos

Regulado por la norma internacional (**IEC 62262**), en este caso, este grado nos indica la resistencia mecánica a impactos nocivos y que puedan dañar el producto como se puede observar en la Tabla 4-2. El grado IK varía desde el 0 (mínima resistencia) hasta el 10 (máxima resistencia)(Grados de Protección IP e IK, 2019).

Tabla 4-2. Especificación grados de protección IK

Grado IK	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10

Altura impacto (cm)	-	7.5	10	17.5	25	35	20	40	29.5	20	40
Peso (gr)	-	200	200	200	200	200	500	500	1700	5000	5000
Energía (J)	-	0.15	0.2	0.35	0.5	0.7	1	2	5	10	20

(Grados de Protección IP e IK, 2019)

4.1.9 Luz azul en pantallas de dispositivos

La luz azul está en un rango del espectro de luz visible que tiene una longitud de onda entre 400-495 nm (Oftalmoseo, 2017). La exposición retiniana a la luz azul provoca respuestas no visuales en los seres humanos, incluida la modulación del estado de alerta y la cognición. La exposición a esta reduce directamente la somnolencia, por su efecto de estimulación encefálica.

Adicionalmente la exposición a este tipo de luz no genera efectos adversos en los ojos, ya que lo que se experimenta comúnmente es el cansancio ocular digital ya que se parpadea menos cuando se está expuesto a estas por periodos de tiempos muy extensos, igualmente la mayor exposición que se tiene a este tipo de luz es ocasionada por la luz solar que presenta las mismas características de las pantallas (Oftalmoseo, 2017).

4.2 ESTADO DEL ARTE

Actualmente existen diferentes investigaciones y desarrollo de robots sociales tanto para el tratamiento del autismo regresivo en niños como en otras patologías (Síndrome de Down, Paladar hendido, entre otras), los cuales se tomaron en cuenta en un orden cronológico para lograr así la determinación de los requerimientos que se debían tener en cuenta para el correcto acondicionamiento del robot mediante un análisis de cada uno de ellos, y su importancia en el desarrollo del nuevo diseño logrando así mejores reacciones y desempeño de las terapias. Entre estos tenemos:

4.2.1 Diseño del robot Probo:

El robot **Probo** fue diseñado pensando en los problemas emocionales que genera en las personas la hospitalización y en la ayuda que brinda la terapia asistida por animales (Saldien et al., 2008). Este robot tiene un aspecto entre animal y criatura fantástica como se observa en la **Figura 4-5**. El color verde se debe a que encontraron que este color transmite tranquilidad. Este robot posee 20 grados de libertad es capaz de realizar expresiones faciales expresando emociones y se

comunica con los niños con una voz neutra. Las actividades con el robot se basaban en juego de roles y basados en estos se identificó que los niños que contaban con el robot como compañero de juegos, realizaban mejor la actividad que los niños que tenían solamente al adulto como compañero de juegos.



Figura 4-5. Robot Probo.

(Saldien et al., 2008).

Mediante la implementación que se hizo con este robot se pudo identificar que la captación del interés se logra en una mayor medida con la interacción del robot más no solo con las actividades que generan el acompañante o su terapeuta; por lo tanto, es algo de suma interés para el desarrollo del nuevo proyecto ya que el objetivo tiene un buen alcance.

4.2.2 Desarrollo Kaspar: un robot humanoide para niños con autismo

EL robot Kaspar es un robot desarrollado con fines investigativos. Este buscaba proveer las características de un robot social, generando aceptación por parte de las personas para poder ser enfocado en el conocimiento de su propio cuerpo, aprendizaje cognitivo, reconocimiento de emociones y el juego asistido su apariencia física se puede apreciar en la **Figura 4-6** (Dautenhahn et al., 2009). Encontraron que la mayoría de los niños lograron engancharse a las actividades con el robot; pero acerca del aspecto físico se identificó que los niños preferían aspectos entre un animal fantástico y un aspecto tipo dibujo animado.



Figura 4-6. Robot humanoide Kaspar

(Dautenhahn et al., 2009).

Para el diseño del Robot social, este tipo de pruebas de interacción son de suma importancia ya que nos indica que se debe tener en cuenta la apariencia física del robot es de suma importancia para que el niño genere una interacción con el robot y se denoten los resultados en terapias.

4.2.3 Robot Social Milo

Está diseñado para ser asequible para los niños con TEA. Puede caminar, hablar e incluso modelar expresiones faciales humanas como se observa en la **Figura 4-7**. Constantemente imparte lecciones de una manera a la que responden los alumnos con TEA(Salemi et al., 2005). Esta experiencia positiva recurrente crea un entorno en el que los alumnos pueden aprender y prosperar. Robots4Autism ayuda a los estudiantes a mejorar sus habilidades sociales y de comportamiento y a ganar la confianza que necesitan para tener éxito académica y socialmente.



Figura 4-7. Robot Social Milo

(Salemi et al., 2005).

Según esta antecedente muestra la importancia que la capacidad que tenga el robot para generar movimientos es de suma importancia ya que genera una captación mayor de interés por parte del paciente más que lo sonidos que pueda llegar a generar.

4.2.4 Diagnóstico del trastorno del espectro autista asistido por robot basado en razonamiento artificial

En este proyecto se realizó un diseño de diagnóstico de autismo temprano mediante razonamiento artificial con un Robot, ya que actualmente se realiza mediante varias sesiones de observación exhaustiva y comportamiento de codificación manual.

Este se implementó en 3 niños que podían llegar a padecer algún TEA y se pudo identificar que el diagnóstico se puede mejorar a través de la Interacción Niño-Robot (CRI) y herramientas de base tecnológica para el comportamiento automatizado, aclarando ganancias más rápidas y significativas del diagnóstico y la intervención terapéutica en comparación con los métodos clásicos (Ramírez-Duque et al., 2019) su apariencia física se puede observar en la **Figura 4-8**.

Mediante esta implementación directa de Niño-Robot se pudo observar que este tipo de interacciones genera grandes avances en las investigaciones que normalmente implementan los especialistas ya que sirven de apoyo directo con la ventaja de generar un gran interés por parte del paciente que no se logra con la misma agilidad durante métodos clásicos.



Figura 4-8. Robot Social para diagnóstico de autismo

(Ramírez-Duque et al., 2019).

4.2.5 Validación en un ambiente real de Robot Social CASTOR para el uso en terapias con niños con autismo

Los robots de asistencia social comerciales utilizados en el tratamiento del autismo, exhiben una gran fragilidad a la hora de interactuar con los niños.

Esta investigación se basa en la validación del robot CASTOR para uso en terapias de autismo mediante robot social CASTOR de bajo costo, fabricado bajo el concepto de ser resistente a interacciones físicas de parte de los niños con TEA como se observa en la **Figura 4-9** (CASTRO, 2020).

Este se divide en dos partes principales:

1. Estudio de propiocepción: Estudio a corto plazo que se realizó para evaluar el desempeño de los niños con TEA con relación a la interacción física con el robot.
2. Diseño de un programa terapéutico asistido por robot: Con la evaluación de una mayor cantidad de criterios y se realizó en base a los hallazgos obtenidos en estudios previos realizados por el grupo de investigación.

Influencia alta al permitir al niño establecer contacto físico durante la terapia, tanto en su comportamiento durante la sesión como en el desempeño al desarrollar las actividades. Inicialmente se esperaba encontrar diferencias significativas en los resultados obtenidos entre ambos grupos del estudio, evidenciando una mejora del rendimiento al estar involucrada la interacción física con el robot.



Figura 4-9. Robot Castor

(CASTRO, 2020)

Para el diseño del Robot social, este tipo de pruebas de interacción son de suma importancia ya que nos indica que se debe tener en cuenta que el hardware debe

ser resistente para poder generar una alta interacción por parte del niño y esto evidencia un mayor interés y así mismo mejores resultados en cuanto a la terapia.

4.3 MARCO NORMATIVO

Según las Reglas de Derecho civil sobre robótica del 27-01-2017 no se recoge una definición precisa, pero recomienda varias bases: Estima que para la definición de robot inteligente se debería considerar propiedades como:

- Función de conseguir autonomía por medio de la utilización de sensores y/o por medio del cambio de datos con su ámbito y la investigación de estos datos (León, 2017).

A partir de un tipo de vista en donde se reúnan las diversas definiciones de lo cual es un robot y de lo cual puede llegar a conseguir, el robot inteligente es aquella máquina física que de manera autónoma por medio de programas y sensores llega a tomar elecciones fundamentadas en la lógica de la inteligencia artificial prediciendo necesidades de los humanos y de su ámbito interactuando con el planeta físico, sin estar de forma continua al control de los humanos.

- Organización Internacional de Estándares (ISO: 8373):

Define robot como: “Manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular materias, piezas, herramientas o 40 dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas”.

Define la implementación de Robots con los humanos llegando a solucionar necesidades humanas en cualquier entorno.

4.4 MARCO GEOGRÁFICO

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo en el Municipio de Cajicá, Cundinamarca el cual presenta una altitud de 2.558 m.s.n.m, sus coordenadas geográficas son E 4° 55'00" N 74° 01'30". Se encuentra ubicado en la Provincia de Sabana Centro a 17 km al norte de Bogotá y es el tercer municipio más poblado de la provincia con 48.048 habitantes. En la **Figura 4-10** se puede observar su localización y sus límites territoriales (Enrique & Laiton, 2014).

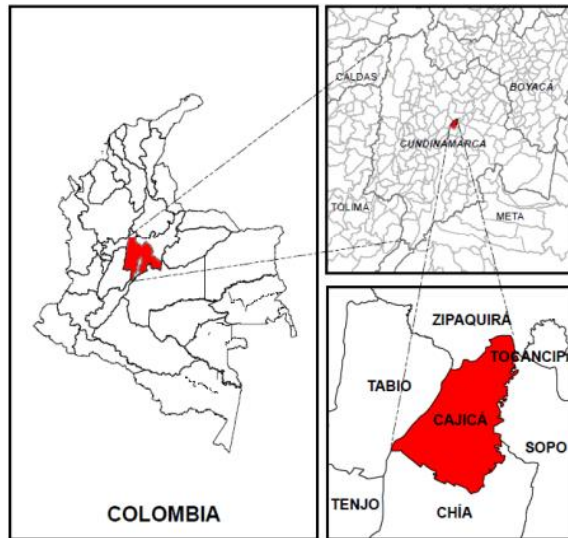


Figura 4-10. Localización geográfica Cajicá, Cundinamarca
(Enrique & Laiton, 2014).

5. METODOLOGÍA

5.1 DISEÑO METODOLÓGICO

Debido a que actualmente existen diferentes tipos de autismo, cada uno de ellos evidencia diferentes síntomas en los niños, en este caso está enfocado en Niños con **Autismo regresivo con una profundidad moderada**.

A continuación, en la **Tabla 5-1** se evidencia que alteraciones presenta este autismo regresivo moderado, cuáles son las funciones que va a presentar el robot social, cuáles son los estímulos que genera hacia el niño para aumentar su desarrollo en la etapa de sensibilización:

Tabla 5-1. Funciones del robot social a diseñar y estímulos en el paciente Paciente-Robot

TIPO DE AUTISMO	FUNCIONES DEL ROBOT	META DEL ESTIMULO
<p>AUTISMO REGRESIVO MODERADO</p> <p>Se evidencian dificultades en las habilidades de comunicación social verbal y no verbal. Comportamientos repetitivos restringidos y marcadamente extraños, dificultades notables para cambiar de actividad o de enfocarse (Sharma et al., 2015).</p>	<p>Generación de expresiones faciales Simulación de Felicidad, tristeza y enojo</p>	<p>-Con este estímulo se incita a la generación de una respuesta emocional e imitan y mantienen el contacto visual.</p> <p>- Facilita el reconocimiento de las emociones puesto que están programados para mostrar un conjunto básico de emociones.</p>
	<p>Movimiento de ojos hacia derecha e izquierda</p>	<p>- Permite al niño seguir la mirada del robot hacia un objeto específico.</p>
	<p>Movimiento de brazos arriba y abajo</p>	<p>-Consigue que el niño pueda iniciar el contacto y guiar la intención del robot mediante señalización con sus brazos.</p>
	<p>Generación de sonidos no mayores a 50db con el fin que no se generen</p>	<p>-Capacidad de seguir instrucciones ya que NO genera intimidación por las complejidades de la</p>

	<p>alteraciones molestas o que puedan generar cambios irreversibles en el niño</p> <p>(Incluye saludo, despedida instrucciones de juegos y sonidos de videos)</p>	<p>comunicación verbal y no verbal ya que el robot es más simple en sus expresiones.</p> <p>- Enseña al niño a esperar una respuesta o a esperar el turno durante un juego.</p>
	<p>Juegos o videos con interacción mediante la pantalla táctil</p>	<p>-Permite generar interés en el niño ya que se presentan juegos dependiendo sus gustos y se estimula el tacto.</p> <p>-Se ve recompensado el esfuerzo por señales de aprobación y el niño se anima a iniciar interacciones, no solo con el robot si no también con el terapeuta.</p>

En la **Figura 5-1** se puede observar cada una de las actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto.

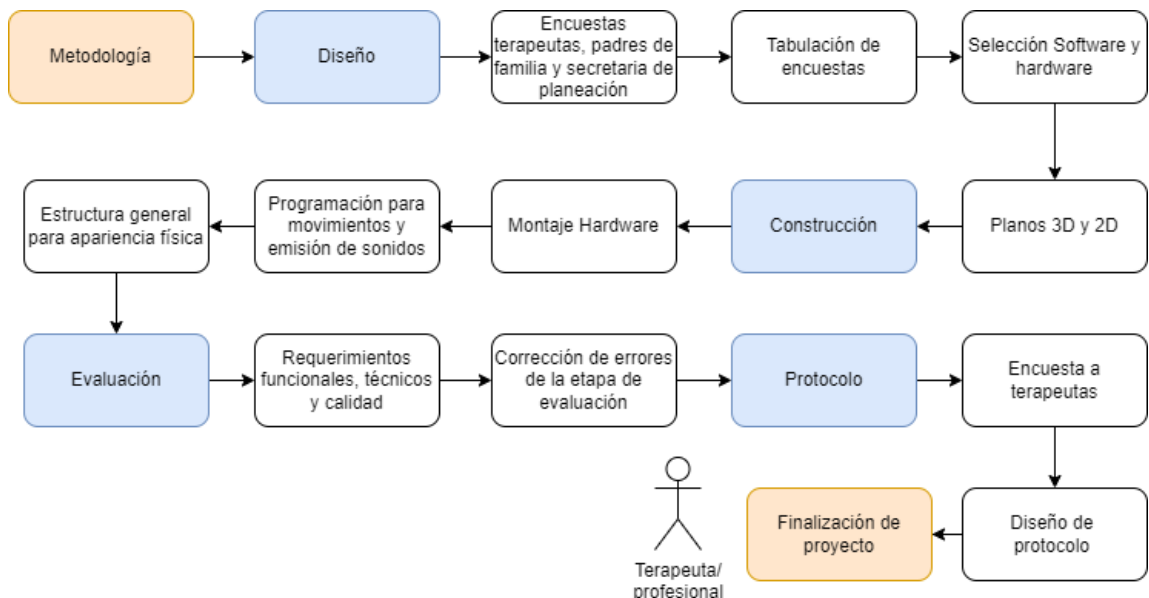


Figura 5-1. Diagrama de metodología.

Fuente: Propia

A continuación, se evidencia la metodología implementada para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos. En primer lugar, se realizaron las actividades de la 1 a la 10 para dar cumplimiento al diseño del robot social:

1. Se diseñó una encuesta para ser aplicada a la Secretaría de Planeación del Municipio de Cajicá/Cundinamarca. Esto debido a que esta entidad permite clasificar a la población que actualmente es de 48.048 habitantes, de acuerdo con sus condiciones de vida, igualmente permite identificar las patologías y síndromes presentes en la población, en este caso los TEA, con el fin de contextualizar el autismo que se presenta en el municipio(2022) y así mismo, evidenciar el impacto que presentara el proyecto esta se observa en el **Anexo A**.
2. Se diseñó una encuesta dirigida a padres de familia de niños con TEA en la Unidad de Atención Integral al Discapacitado (UAI), en el **Colegio Antonio Nariño**. Cuentan actualmente con un total de 35 niños con TEA, el tratamiento que se ha llevado hasta el momento, el nivel de satisfacción con el tratamiento. Así mismo, se realizó una introducción hacia que es la robótica social, esto con el fin de identificar el nivel de aceptación por parte de los padres para la implementación de herramientas de apoyo tecnológicas en el tratamiento de TEA esta se observa en el **Anexo B**.
3. Se diseñó una encuesta dirigida a terapeutas de niños con TEA, los cuales realizan sus labores en la fundación UAI, que cuenta actualmente con un total de 22 terapeutas. Esta encuesta se realizó con el fin de identificar en primer lugar, años de experiencia en este tratamiento y principales dificultades en el momento de la sensibilización en cuanto a la innovación para la captación de interés del paciente esta se observa en el **Anexo C**. Así mismo, se realizó una introducción hacia que es la robótica social con el fin de identificar la viabilidad para la implementación del robot en la etapa de sensibilización en la terapia. Luego se realizaron preguntas puntuales en cuanto a cuáles funciones y movimientos son de utilidad y de apoyo al momento de esta etapa.
4. Se tabularon las encuestas con el fin de definir cuales funciones, movimientos y sonidos debe presentar el robot social para que este cumpla con su objetivo, el cual consiste en generar una herramienta de apoyo para los terapeutas en la captación de interés de cada uno de los niños.
5. Se realizaron matrices de decisión tanto para la elección del software de programación, tipo de motores, alimentación, microcontrolador y aplicación para controlar el robot de forma remota.

6. Se diseñaron 4 modelos estéticos para el robot social con el fin de lograr verificar aceptabilidad por parte de terapeutas y padres de familia según su experiencia en el trato con niños que presentan este síndrome.
7. Se diseñó una encuesta dirigida a padres de familia y terapeutas de niños con TEA que contiene los bocetos estéticos para el robot social. Fue desarrollada en la fundación **UAI** con una población encuestada de 57 personas esta se observa en el **Anexo D**.
8. Se identificaron características necesarias del Robot Social con el fin de definir los materiales tanto internos, cobertura antichoque y cobertura externa, en el estado del arte se logró determinar que uno de los pasos más importantes para el desempeño de la terapia es que el niño tenga la opción de presentar interacción con el robot y esto puede representar caídas de este.
9. Se diseñaron los planos en **2D** en el programa **AutoCAD** de la estructura del Robot con el fin de garantizar el cuarto requerimiento técnico, el cual dice que el robot debe tener dimensiones máximas de largo 60 cm, ancho 25cm y profundo 20 cm y basados en este realizar los cortes del material interno para su construcción.
10. Se diseñó la estructura externa en **3D** en el programa **Autodesk Maya** con el fin de identificar cantidad de componentes para su posterior construcción y movimiento que va a presentar en los brazos.

En segundo lugar, se realizaron las actividades para dar cumplimiento a la construcción del robot social:

11. Se utilizó la aplicación para el control del robot social mediante **VNC VIEWER** para el sistema operativo Android, ya que permite acceder desde el teléfono a los datos de la **Raspberry Pi 4B**, e igualmente, ejecutar cualquier comando desde la consola con el fin de evidenciarlo en movimientos o acciones del robot.
12. Se programaron los servomotores MG90S junto a la **Raspberry Pi 4B** para generar movimiento de los brazos del robot arriba, al frente y abajo. Así mismo, como realizar el control remoto mediante la aplicación VNC VIEWER.
13. Se configuraron con su sistema operativo Raspberry Pi OS y programaron las pantallas de 5in y 7in para poder realizar la reproducción de videos,

canciones y juegos junto a su altavoz, mediante los puertos HDMI para ser controladas remotamente por medio de VNC VIEWER.

14. Se realizó la construcción del robot junto a los diseños anteriormente mencionados, en cuanto a su estructura interna y su cobertura anti choques en aluminio y espuma de polietileno.

En tercer lugar, se realizaron las actividades para dar cumplimiento a la evaluación del robot social:

15. Realizar la evaluación del robot verificando cada uno de los requerimientos establecidos con el fin de identificar su funcionamiento correctamente.
16. Identificar los aportes dados por los terapeutas que hayan sido implementados en el robot social.
17. Realizar sus respectivas correcciones en caso tal que se hayan evidenciado inconvenientes durante la evaluación del robot.

En cuarto y último lugar, se realizaron las actividades para dar cumplimiento a la construcción del protocolo:

18. Se diseñó una encuesta dirigida a terapeutas de niños con TEA los cuales realizan sus labores en la fundación UAI para identificar como se realiza el modelo de sensibilización en la terapia psicoeducativa y cuáles son los principales inconvenientes.
19. Se realizó su respectiva tabulación para identificar la metodología actualmente utilizada y sus principales inconvenientes para determinar cómo se puede implementar el robot social en esta etapa.
20. Se realizó un protocolo por medio del robot social, dependiendo de las observaciones de los terapeutas para que sea más eficiente la etapa de la sensibilización.

En la **Figura 5-2** se puede observar cada una de las funciones que presenta el robot social y cuáles serán indicados por el terapeuta en el momento de la sensibilización.

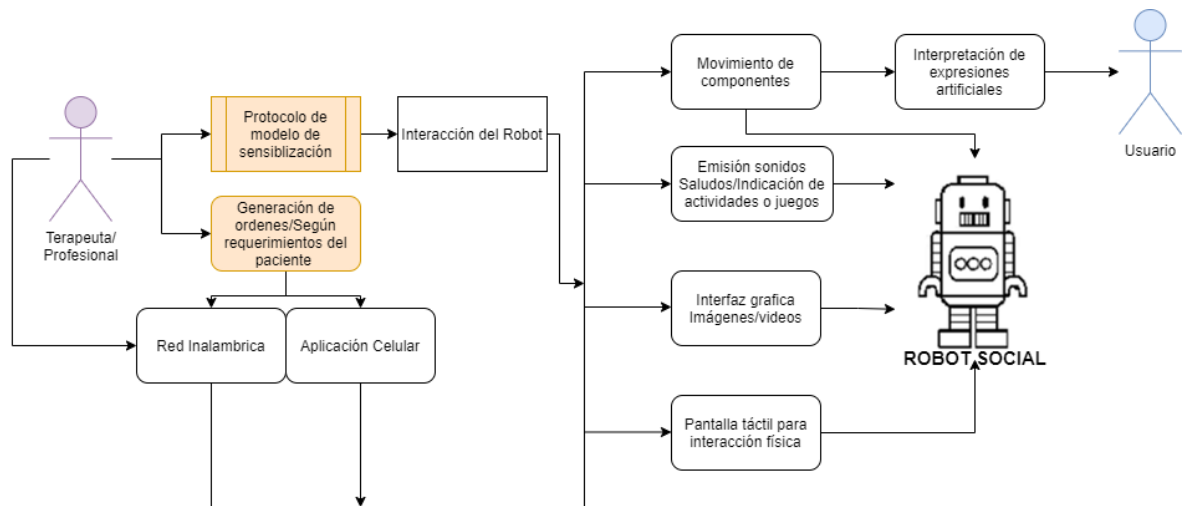


Figura 5-2. Funcionamiento del sistema desde usuario controlador hasta movimiento del robot social.

Fuente: Propia.

5.2 LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS

A continuación, se pueden apreciar los requerimientos establecidos los cuales fueron definidos basados netamente en las tabulaciones de las encuestas de padres de familia y terapeutas con el fin de que el desarrollo del robot sea netamente basado en las necesidades del usuario:

5.2.1 Funcionales

- ❖ El robot debe tener la capacidad de realizar movimientos y emisión de sonidos por medio de una aplicación que será controlada por el terapeuta encargado dependiendo de las necesidades de cada paciente.
- ❖ El robot debe tener la capacidad de transmitir diferentes videos con rostros (felicidad, tristeza, enojo) que permita la interpretación de expresiones artificiales por parte del paciente generando interés.
- ❖ La interfaz del usuario debe presentar una pantalla táctil para generar interacción directa y estimulación del paciente.
- ❖ La interfaz gráfica debe tener la capacidad de presentar tanto imágenes como videos acordes a los gustos del paciente que serán controlados por el terapeuta encargado por medio de una aplicación con red inalámbrica.

5.2.2 Calidad

- ❖ Los componentes del robot deben tener un grado de protección IP30 para garantizar su durabilidad.
- ❖ La estructura del robot debe tener componentes con un grado de protección IK07 para permitir la manipulación tanto del terapeuta como de niños entre (5 a 10 años).
- ❖ Los componentes del robot deben tener un aislamiento eléctrico.

5.2.3 Técnicos

- ❖ La alimentación general del robot para su funcionamiento debe ser mediante un tomacorriente (110V AC-60HZ).
- ❖ El robot debe presentar una autonomía de aproximadamente 4 horas.
- ❖ El robot debe pesar máximo 2.5Kg.
- ❖ El robot debe tener dimensiones máximas de largo 60cm, ancho 25cm y profundo 20cm.
- ❖ La interfaz gráfica debe tener un tamaño máximo de *8in* para permitir su manipulación.
- ❖ La interfaz gráfica debe tener un tipo de Luz azul.

5.2.4 Restricción

- ❖ El robot No debe ser utilizado en niños con autismo regresivo con una profundidad mayor a la moderada.
- ❖ El robot No presenta autonomía en la toma de las decisiones de sus movimientos o sonidos.

6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la tabulación de la encuesta del **Anexo A**.

se observa en las **Tabla 6-1 y Tabla 6-2**.

Actualmente en Cajicá hay 2468 habitantes que presentan una discapacidad cognitiva esta es una caracterización socioeconómica generalizada debido a que no se presenta especificación de la población sino en la sección E (Salud y fecundidad) (Secretaría de planeación Cajicá, Cundinamarca Oficio AMC-SP-0726-2022, 2022) donde se indaga sobre limitación de salud para oír, hablar, moverse, caminar, aprender o asistirse por sí mismo sin profundizar en las patologías que la originan.

El habla y el aprendizaje son características indagadas que se tendrán en cuenta ya que son propias de TEA y el robot social puede aportar de forma significativa como herramienta de apoyo.

En la **Tabla 6-1** se puede evidenciar el rango de edades y la cantidad de la población que evidencian una limitación cognitiva.

Tabla 6-1. Limitaciones cognitivas por rango de edades

Rango de edad (años)	Total población
0-5	61
6-11	119
12-17	156
18-28	260
29-45	450
46-59	513
60-79	675
80 y mayores	234
Total población	2468

(Secretaría de planeación Cajicá, Cundinamarca Oficio AMC-SP-0726-2022, 2022)

Teniendo en cuenta la **Tabla 6-1**, se puede evidenciar que la población a tener en cuenta para el proyecto es de **336** personas que se encuentran en un rango de edad entre los 0 y 17 años, que equivale al 13.6% de la población total con presencia de limitación cognitiva.

En la **Tabla 6-2** se puede evidenciar el rango de edades y la cantidad de la población que evidencian una limitación de habla y dificultad de aprendizaje.

Tabla 6-2. Caracterización de limitaciones

Rango de edad	Dificultad para hablar	Dificultad de aprendizaje
0-5	33	41
6-11	49	84
12-17	64	98

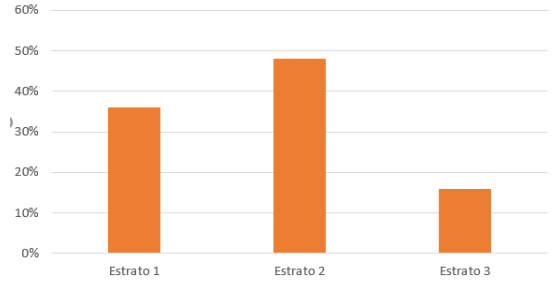
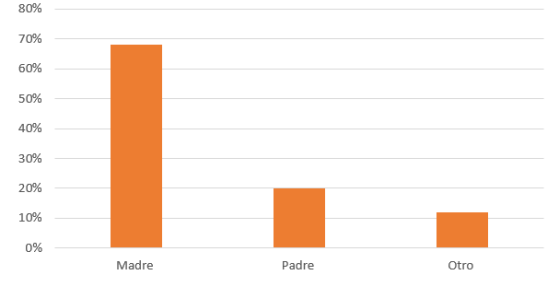
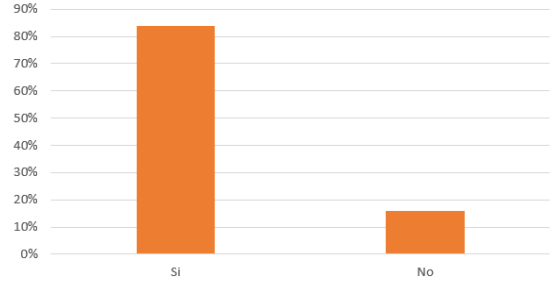
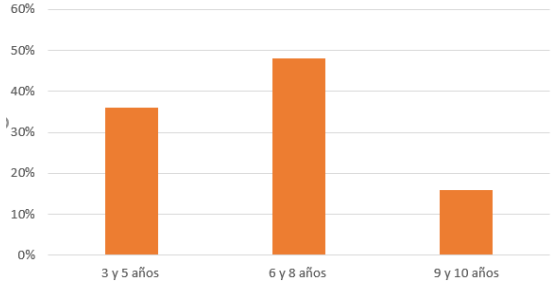
(Secretaría de planeación Cajicá, Cundinamarca
Oficio AMC-SP-0726-2022, 2022)

Teniendo en cuenta la **Tabla 6-2** se puede evidenciar que la población a tener en cuenta para el proyecto es de **369** este se encuentra entre el rango desde 0 a 17 años se halló una variación en este valor con respecto a la **Tabla 6-1** debido a que algunas personas de la población presentan las dos limitaciones simultáneamente por lo tanto es un 14.9% de la población total con presencia de limitación cognitiva.

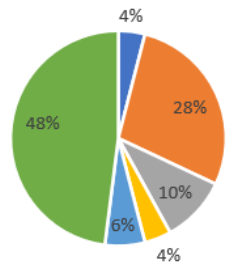
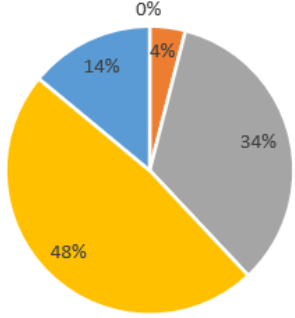
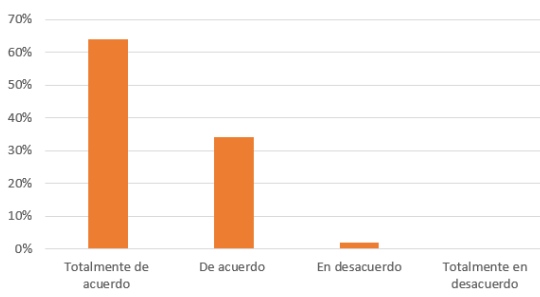
1. Los resultados obtenidos de la tabulación de la encuesta que se encuentra en el **Anexo B** se observan en la **Tabla 6-3**.

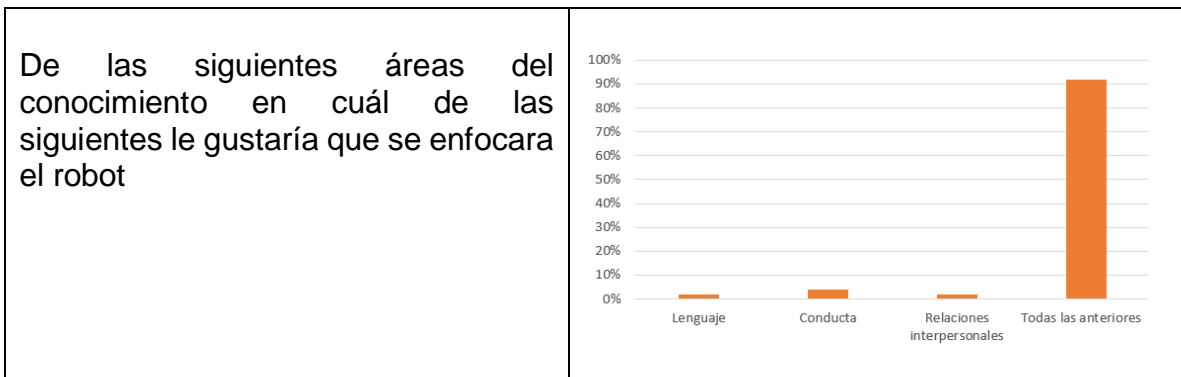
Tabla 6-3. Respuestas por pregunta a encuesta realizada a padres de familia

Pregunta Población	Respuestas en porcentaje 35 personas								
Genero del niño	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Genero</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Niños</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>Niñas</td> <td>25%</td> </tr> </tbody> </table>	Genero	Porcentaje	Niños	75%	Niñas	25%		
Genero	Porcentaje								
Niños	75%								
Niñas	25%								
¿Qué edad tiene el niño actualmente?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Edad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3 y 5 años</td> <td>45%</td> </tr> <tr> <td>6 y 8 años</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>9 y 10 años</td> <td>20%</td> </tr> </tbody> </table>	Edad	Porcentaje	3 y 5 años	45%	6 y 8 años	35%	9 y 10 años	20%
Edad	Porcentaje								
3 y 5 años	45%								
6 y 8 años	35%								
9 y 10 años	20%								

<p>¿A que estrato socioeconómico pertenece?</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Estrato</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estrato 1</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>Estrato 2</td> <td>48%</td> </tr> <tr> <td>Estrato 3</td> <td>15%</td> </tr> </tbody> </table>	Estrato	Porcentaje	Estrato 1	35%	Estrato 2	48%	Estrato 3	15%
Estrato	Porcentaje								
Estrato 1	35%								
Estrato 2	48%								
Estrato 3	15%								
<p>¿Me podría indicar quién está a cargo del cuidado(responsable) del niño?</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cuidador</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Madre</td> <td>68%</td> </tr> <tr> <td>Padre</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td>12%</td> </tr> </tbody> </table>	Cuidador	Porcentaje	Madre	68%	Padre	20%	Otro	12%
Cuidador	Porcentaje								
Madre	68%								
Padre	20%								
Otro	12%								
<p>¿Cuenta usted con un diagnóstico médico en el cual se le indicó que el niño o la niña presenta autismo o algún Trastorno del Espectro Autista?</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>83%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>17%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	83%	No	17%		
Respuesta	Porcentaje								
Si	83%								
No	17%								
<p>¿A qué edad fue diagnosticado el niño o niña?</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Edad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3 y 5 años</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>6 y 8 años</td> <td>48%</td> </tr> <tr> <td>9 y 10 años</td> <td>15%</td> </tr> </tbody> </table>	Edad	Porcentaje	3 y 5 años	35%	6 y 8 años	48%	9 y 10 años	15%
Edad	Porcentaje								
3 y 5 años	35%								
6 y 8 años	48%								
9 y 10 años	15%								

<p>¿El autismo o TEA del niño o niña es leve, moderado, o severo?</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Leve</td> <td>38%</td> </tr> <tr> <td>Moderado</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Severo</td> <td>12%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Leve	38%	Moderado	50%	Severo	12%						
Categoría	Porcentaje														
Leve	38%														
Moderado	50%														
Severo	12%														
<p>En los últimos meses, ¿Cuál de los siguientes tratamientos ha utilizado el niño o niña?</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de Tratamiento</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Terapia Conductual</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td>Terapia del habla</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>Terapia Psicoeducativa</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>Medicamentos</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>46%</td> </tr> <tr> <td>Otra</td> <td>2%</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de Tratamiento	Porcentaje	Terapia Conductual	22%	Terapia del habla	8%	Terapia Psicoeducativa	18%	Medicamentos	4%	Todas las anteriores	46%	Otra	2%
Tipo de Tratamiento	Porcentaje														
Terapia Conductual	22%														
Terapia del habla	8%														
Terapia Psicoeducativa	18%														
Medicamentos	4%														
Todas las anteriores	46%														
Otra	2%														
<p>¿Cuánto tiempo lleva en tratamiento el niño o la niña?</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Duración del Tratamiento</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menos de 1 año</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td>1 año a 3 años</td> <td>44%</td> </tr> <tr> <td>De 4 años a 6 años</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>Más de 6 años</td> <td>16%</td> </tr> </tbody> </table>	Duración del Tratamiento	Porcentaje	Menos de 1 año	22%	1 año a 3 años	44%	De 4 años a 6 años	18%	Más de 6 años	16%				
Duración del Tratamiento	Porcentaje														
Menos de 1 año	22%														
1 año a 3 años	44%														
De 4 años a 6 años	18%														
Más de 6 años	16%														

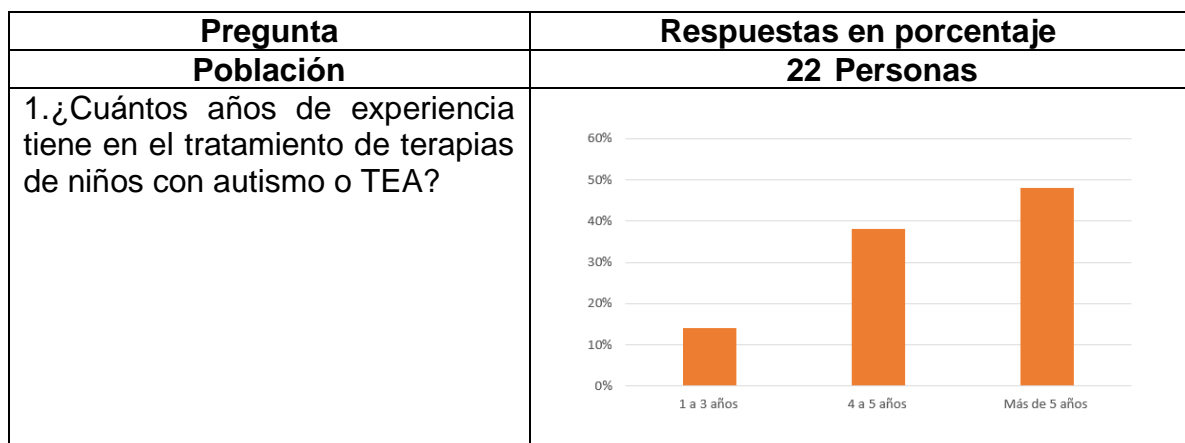
<p>El niño o niña utiliza o a utilizado otro tipo de terapias alternativas para el tratamiento del autismo o TEA ¿Cuáles de las siguientes?</p>	 <p>A pie chart showing the distribution of responses for alternative therapies. The categories and their percentages are: Ninguna (48%), Terapia Acuática (28%), Terapia asistida por animales (10%), Otra (6%), and Terapia musical (4%).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Terapia</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Terapia musical</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Terapia Acuática</td> <td>28%</td> </tr> <tr> <td>Terapia asistida por animales</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Otra</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Ninguna</td> <td>48%</td> </tr> </tbody> </table>	Terapia	Porcentaje	Terapia musical	4%	Terapia Acuática	28%	Terapia asistida por animales	10%	Todas las anteriores	4%	Otra	6%	Ninguna	48%
Terapia	Porcentaje														
Terapia musical	4%														
Terapia Acuática	28%														
Terapia asistida por animales	10%														
Todas las anteriores	4%														
Otra	6%														
Ninguna	48%														
<p>¿Cuál es su nivel de satisfacción con respecto a las terapias y tratamientos recibidos por el niño o la niña? siendo 1 Mínimo y 5 Máximo</p>	 <p>A pie chart showing the distribution of satisfaction levels from 1 to 5. The categories and their percentages are: 1 (14%), 2 (4%), 3 (34%), 4 (48%), and 5 (0%).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nivel de Satisfacción</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>14%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>34%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>48%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Nivel de Satisfacción	Porcentaje	1	14%	2	4%	3	34%	4	48%	5	0%		
Nivel de Satisfacción	Porcentaje														
1	14%														
2	4%														
3	34%														
4	48%														
5	0%														
<p>¿Está de acuerdo con la implementación de los robots sociales como herramienta de apoyo en las diferentes terapias de niños con autismo o algún TEA?</p>	 <p>A bar chart showing the percentage of responses for agreement with social robot implementation. The categories and their percentages are: Totalmente de acuerdo (64%), De acuerdo (34%), En desacuerdo (2%), and Totalmente en desacuerdo (0%).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nivel de Acuerdo</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Totalmente de acuerdo</td> <td>64%</td> </tr> <tr> <td>De acuerdo</td> <td>34%</td> </tr> <tr> <td>En desacuerdo</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>Totalmente en desacuerdo</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Nivel de Acuerdo	Porcentaje	Totalmente de acuerdo	64%	De acuerdo	34%	En desacuerdo	2%	Totalmente en desacuerdo	0%				
Nivel de Acuerdo	Porcentaje														
Totalmente de acuerdo	64%														
De acuerdo	34%														
En desacuerdo	2%														
Totalmente en desacuerdo	0%														

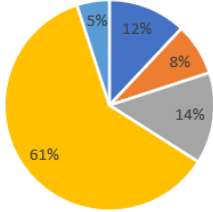
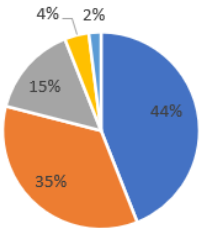
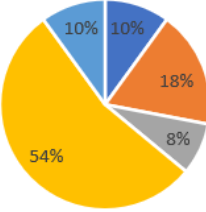


Como se puede evidenciar en la tabulación de la encuesta en primer lugar el 46% de los niños que presentan algún tipo de TEA son de edades entre 3 a 5 años permite inferir que al realizar tratamiento continuo y de la forma adecuada, se pueden llegar a presentar avances en el paciente en un menor tiempo se vea afectados otros factores cognitivos adicionalmente a esto, toda la población no tiene acceso a terapias alternativas que puedan llegar a complementar las terapias convencionales y así mismo evidenciar un avance complementario a las que se presentan habitualmente. Así mismo, el nivel de aceptación por parte de los padres de familia para la implementación de un robot social en la terapia de los niños es de un 98% lo cual nos indica que la innovación con nuevas tecnologías es necesaria ya que se buscan alternativas que mejoren la calidad de vida de los pacientes, sus familias y el terapeuta.

2. Los resultados obtenidos de la tabulación de la encuesta en el **Anexo B** se observan en la **Tabla 6-4**.

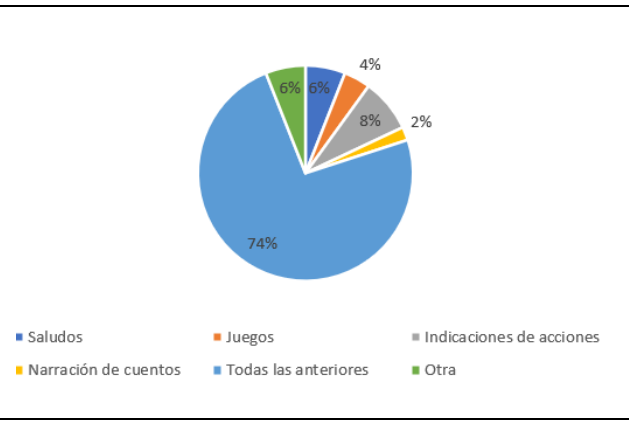
Tabla 6-4. Respuestas por pregunta a encuesta realizada a terapeutas



<p>2.¿En qué tipo de terapias tiene experiencia en niños con Autismo o TEA?</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de terapia</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Terapia Conductual</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>Terapia del habla</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>Terapia Psicoeducativa</td> <td>14%</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>61%</td> </tr> <tr> <td>Otra</td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de terapia	Porcentaje	Terapia Conductual	12%	Terapia del habla	8%	Terapia Psicoeducativa	14%	Todas las anteriores	61%	Otra	5%
Tipo de terapia	Porcentaje												
Terapia Conductual	12%												
Terapia del habla	8%												
Terapia Psicoeducativa	14%												
Todas las anteriores	61%												
Otra	5%												
<p>3.Durante la terapia en la etapa de la Sensibilización ha presentado inconvenientes que disminuyan la eficiencia de la terapia</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Inconveniente</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Falta de tecnologías</td> <td>44%</td> </tr> <tr> <td>Escases de material lúdico</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>Apoyo de padres de familia</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Otra</td> <td>2%</td> </tr> </tbody> </table>	Inconveniente	Porcentaje	Falta de tecnologías	44%	Escases de material lúdico	35%	Apoyo de padres de familia	15%	Todas las anteriores	4%	Otra	2%
Inconveniente	Porcentaje												
Falta de tecnologías	44%												
Escases de material lúdico	35%												
Apoyo de padres de familia	15%												
Todas las anteriores	4%												
Otra	2%												
<p>4.Qué es lo que se le dificulta a usted en el momento de la sensibilización en niños con autismo o algún TEA</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dificultad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tiempos muy extensos</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Captación de interés del niño</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>Falta de innovación</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>54%</td> </tr> <tr> <td>Otra</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>	Dificultad	Porcentaje	Tiempos muy extensos	10%	Captación de interés del niño	18%	Falta de innovación	8%	Todas las anteriores	54%	Otra	10%
Dificultad	Porcentaje												
Tiempos muy extensos	10%												
Captación de interés del niño	18%												
Falta de innovación	8%												
Todas las anteriores	54%												
Otra	10%												

<p>5. Cree conveniente implementar el robot social en la etapa de sensibilización para terapias de TEA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>88%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>12%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	88%	No	12%				
Respuesta	Porcentaje										
Si	88%										
No	12%										
<p>6. ¿En qué edades cree usted que es adecuado implementar el uso de Robots Sociales?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Edad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 a 3 años</td> <td>28%</td> </tr> <tr> <td>4 a 6 años</td> <td>34%</td> </tr> <tr> <td>Más de 6 años</td> <td>38%</td> </tr> </tbody> </table>	Edad	Porcentaje	1 a 3 años	28%	4 a 6 años	34%	Más de 6 años	38%		
Edad	Porcentaje										
1 a 3 años	28%										
4 a 6 años	34%										
Más de 6 años	38%										
<p>7. Cree usted que el uso de una pantalla táctil con la cual el niño pueda interactuar (Tablet) es eficiente en el desarrollo de la etapa de sensibilización</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>95%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	95%	No	5%				
Respuesta	Porcentaje										
Si	95%										
No	5%										
<p>8. ¿Qué tipo de movimientos que genere el robot pueden ayudar a mejorar la fase de sensibilización o encuadre?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Movimiento</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Generación de expresiones faciales</td> <td>52%</td> </tr> <tr> <td>Movimiento de brazos</td> <td>32%</td> </tr> <tr> <td>Movimiento de ojos</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Otra</td> <td>6%</td> </tr> </tbody> </table>	Movimiento	Porcentaje	Generación de expresiones faciales	52%	Movimiento de brazos	32%	Movimiento de ojos	10%	Otra	6%
Movimiento	Porcentaje										
Generación de expresiones faciales	52%										
Movimiento de brazos	32%										
Movimiento de ojos	10%										
Otra	6%										

9. Qué tipo de sonidos (NO mayor a 50 decibeles(dB)) que genere el robot pueden ayudar a mejorar la fase de sensibilización



Se pudo identificar que el 48% de la pregunta 1 de la **Tabla 6-4** los terapeutas tienen una experiencia mayor a los 5 años en el tratamiento de los pacientes con TEA lo cual es de suma importancia ya que las respuestas de la encuesta presentan un mayor peso basado en la experiencia del terapeuta por cual será mucho más acertado el resultado. Teniendo en cuenta en la pregunta 1 de la **Tabla 6-4** el 61% están especializados en todos los tipos de terapia entre las cuales tenemos conductual, habla y psicoeducativa lo cual nos permite inferir que realizan diariamente una etapa de sensibilización con cada uno de los pacientes, así mismo se identificó en la pregunta 3 de la **Tabla 6-4** los principales inconvenientes son la falta de tecnologías y de materiales lúdicos para realizar esta etapa lo que ocasiona en más de un 54% según la pregunta 4 de la **Tabla 6-4** que la captación de interés del niño en se evidencie en un mayor tiempo y la falta de innovación es decir solo se basan en métodos convencionales. Por otro lado, el 88% basado en la pregunta 5 de la **Tabla 6-4** los terapeutas creen conveniente la implementación del robot social en el tratamiento en cuanto a las edades de implementación se pudo observar que se presentan porcentajes muy similares en cada uno de los rangos de edades lo que llega a indicar que puede ser implementado en niños de 3 hasta los 17 años que se encuentran según la pregunta 6 de la **Tabla 6-4**.

3. A continuación, en la **Tabla 6-5** se definen cuáles son las funciones, movimientos y sonidos que emitirá el robot basado en la tabulación de la encuesta del **Anexo C**.

Tabla 6-5. Funciones, movimientos y sonidos del robot social

Funciones	Movimientos	Sonidos
Presentará conexión mediante red WIFI para permitir mediante una aplicación en el celular dar las órdenes del robot.	Generación de expresiones faciales Simulación de Felicidad, tristeza y enojo.	Generará sonidos no mayores a 50db con el fin de no alterar al niño

Presentará una pantalla táctil con el fin de que el niño pueda interactuar con ella (etapa sensorial).	Movimiento de brazos arriba y abajo.	Los sonidos que tendrá la capacidad de generar son: <ul style="list-style-type: none"> • Saludos • Juegos de la pantalla táctil • Indicaciones de acciones • Canciones y cuentos didácticos mediante la pantalla táctil
--	--------------------------------------	---

4. En la siguiente tabla se observan las matrices de decisión para cada uno de los componentes tanto de software como de hardware que van a ser implementados en el robot:

Tabla 6-6. Matriz de decisión para microcontrolador

MODELO	CPU	RAM	CONECTIVIDAD INALÁMBRICA	PUERTOS E/S	PRECIO
RASPBERRY PI 4B	1.5-GHz, 4-core Broadcom BCM2711 (Cortex-A72)	4GB	802.11ac / Bluetooth 5.0	2x USB 3.0, 2x USB 2.0, 1x Gigabit Ethernet, 2x micro HDMI	Desde \$750.000
RASPBERRY PI 3 B+	1.4-GHz, 4-core Broadcom BCM2837B0 (Cortex-A53)	1GB	802.11ac, Bluetooth 4.2, Ethernet	4 x USB 2.0, HDMI, 3.5mm audio	\$472.000
RASPBERRY PI ZERO W	1-GHz, 1-core Broadcom BCM2835 (ARM1176JZF-S)	512MB	802.11n / Bluetooth 4.1	1x micro USB, 1x mini HDMI	\$368.000

RASPBERRY PI ZERO WH	1-GHz, 1-core Broadcom BCM2835 (ARM1176JZF-S)	512MB	802.11n / Bluetooth 4.1	1x micro USB, 1x mini HDMI	\$285.000
-----------------------------	--	-------	----------------------------	----------------------------------	-----------

(Modelo de Raspberry Pi, 2022)

Teniendo en cuenta la **Tabla 6-6** se utilizó a **Raspberry Pi 4B** como se observa en la **Figura 6-1**. Este sistema embebido es el más completo, ya que cuenta con el módulo Bluetooth y de wifi, los cuales permitirán controlar todo el robot desde la aplicación, adicional permite la conexión de dos pantallas táctiles por medio de puerto HDMI, así mismo como la capacidad de controlar los dos motores por medio de los pines GPIO.

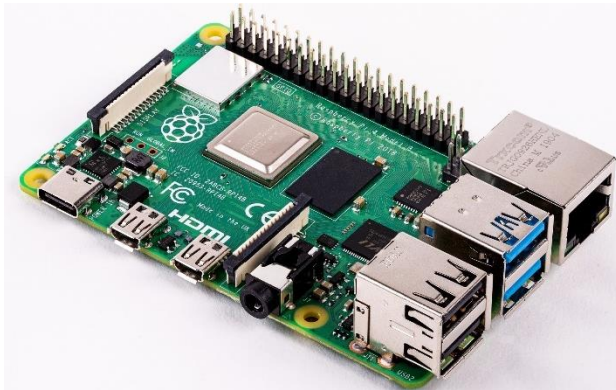


Figura 6-1. Raspberry Pi 4B

Tabla 6-7. Matriz de decisión de pantalla táctil

Referencia	Sensibilidad	Tamaño	Costo
Tablet LENOVO M8 2gen LTE	Adaptativa dependiendo necesidad	8in	\$699.000
Pantalla táctil JniTyOpt – Compatible con Raspberry Pi	Adaptativa dependiendo necesidad	7in/5in	\$357.000

Teniendo en cuenta que en la **Tabla 6-6** se decidió utilizar la **Raspberry Pi 4B**; basados en la **Tabla 6-7** se realizó el montaje con dos **Pantallas táctil JniTyOpt**

de 7in y 5in como se observa en la **Figura 6-2** debido a que esta también se podría controlar directamente desde la Raspberry a diferencia de la Tablet la cual tiene un sistema operativo independientes por lo cual es más complejo el manejo desde una sola aplicación ya que tendría controles independientes y adicionalmente presenta un costo más elevado.

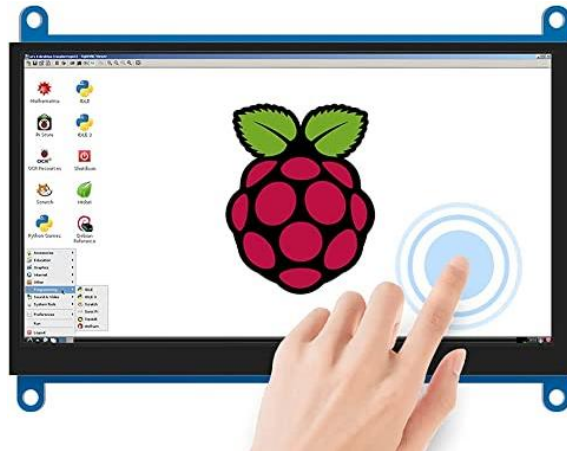


Figura 6-2. Pantalla táctil JniTyOpt 7in

Se implementaron servomotores debido a que estos presentan una alta precisión, lo cual permitirá que los movimientos sean muchos más apropiados para que no se genere rechazo por parte del niño.

Tabla 6-8. Matriz de decisión de servomotor

Modelo	Angulo	Torque	Tamaño y peso	Precio
SG90	180°	1.6 Kg x m (4.8v) 10 kg x cm (6v)	23mm x 12.2m m x 29mm 9g	\$10.000
MG90S	180°	1.8 kg x cm (4.8v) 14 kg x cm (6v)	22.8m m x 12.2m m x 28.5m m 13g	\$14.000
MG995	360°	17.25 Kg x cm (4.8v) 20.32 Kg x m (6v)	40.7m m x 19.7m m x 42.9m m 55g	\$26.000

MG946R	180°	17.25 Kg x cm (4.8v) 20.32 Kg x m (6v)	40.7m m x 19.7m m x 42.9m m 55g	\$29.000
---------------	------	--	--	----------

Para los movimientos del robot se utilizaron dos Servomotores de Referencia **MG90S** que se observa en la **Figura 6-3**, debido a que este presente un peso óptimo para que al momento de instalarlos al robot este se pueda transportar con facilidad adicionalmente el Angulo de 180° que es adecuado para los movimientos que requiere hacer igualmente el aluminio en el cual estará hecha la estructura del robot se puede observar en la **Tabla 6-10** es un metal muy ligero por lo cual no se presentara inconvenientes al momento de transportarlos.



Figura 6-3. Servomotor MG90S

- **Altavoz para RaspBerry PI 4B:**

Debido a que la RaspBerry PI 4B ya cuenta con un puerto de sonido se decidió utilizar un altavoz por medio de un cable auxiliar esto con el fin de no utilizar el módulo bluetooth con el cual se van a presentar inconvenientes debido a que cada vez que el robot sea apagado y encendido se debe realizar nuevamente su conexión. El altavoz elegido fue el **Nano-Tec NT-P2375** el cual se observa en la **Figura 6-4** este es portable y presenta una autonomía entre 3 y 4 horas con su carga al máximo y tiene su respectivo cable auxiliar para ser conectado a la Raspberry.



Figura 6-4. Altavoz Nano-Tec NT-P2375

(Nanotec Ntp2375 - Novedosos, n.d.)

- **Cálculo de baterías para su alimentación:**

Debido a que el Robot social debe ser portable se debe garantizar que la alimentación de la Raspberry, motores, pantallas y altavoz sea suficiente para generar una autonomía mínima de 4 horas.

Debido a esta razón en primer lugar se hizo el cálculo de la potencia máxima en la cual se tuvo en cuenta el voltaje y el amperaje de cada elemento electrónico con el cual se obtuvo 22.8W.

A continuación, se realizó el cálculo para la demanda de corriente del robot como se muestra en la ecuación 1:

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{Ec. 1}$$

Tenemos:

$$I = \frac{22.8W}{5V} = 4.56A$$

A continuación, se realizó el cálculo para la autonomía del robot como se muestra en la ecuación 2:

$$\text{Autonomia: } \frac{\text{Amperaje de bateria}}{\text{Demanda de corriente}} \quad \text{Ec. 2}$$

Tenemos:

$$\text{Autonomia} = \frac{20.0Ah}{4.56A} = 4.3 \text{ horas}$$

Por esta razón se decidió implementar para su alimentación una Power Bank Oraimo 20 Ah Carga Rápida 3.0 como se observa en la **Figura 6-5** la cual cuenta con puertos tanto USB, C los cuales facilitan la conexión y alimentación de las pantallas y la Raspberry Pi 4B.



Figura 6-5. Power Bank Oraimo 20Ah

(ORAIMO | Power Bank Oraimo 20000mah Traveler, 2021)

5. En la **Figura 6-7**, **Figura 6-6**, **Figura 6-9** y **Figura 6-8** se pueden observar los bocetos realizados con las posibles apariencias físicas que podría llegar a presentar el Robot Social. Para estos bocetos se tuvo en cuenta apariencias similares pero que presentan cambios puntuales entre los cuales está la forma de su rostro, si lleva manos con dedos o no, la forma de su cuerpo teniendo en cuenta que llevara una pantalla táctil.

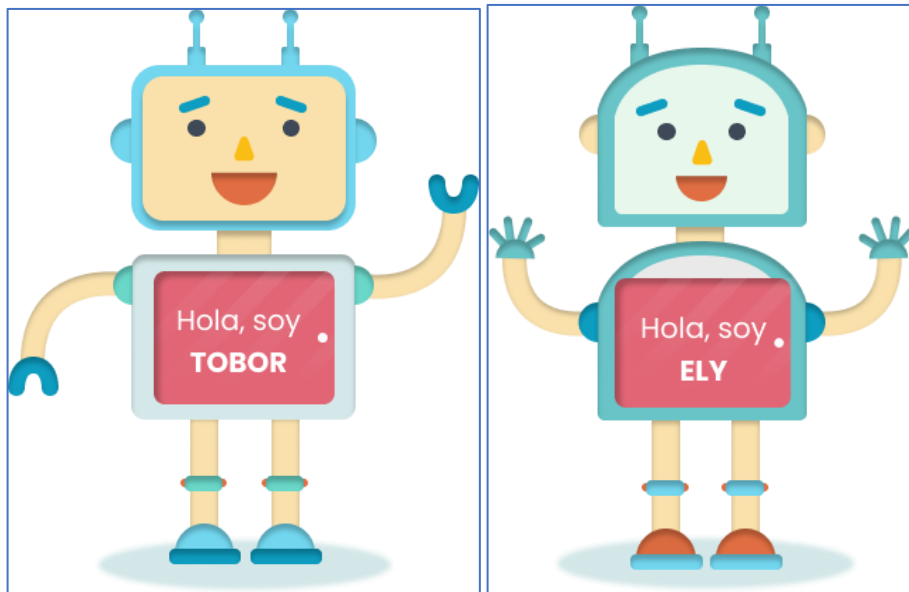


Figura 6-7. Boceto Robot Tobor **Figura 6-6.** Boceto Robot Ely

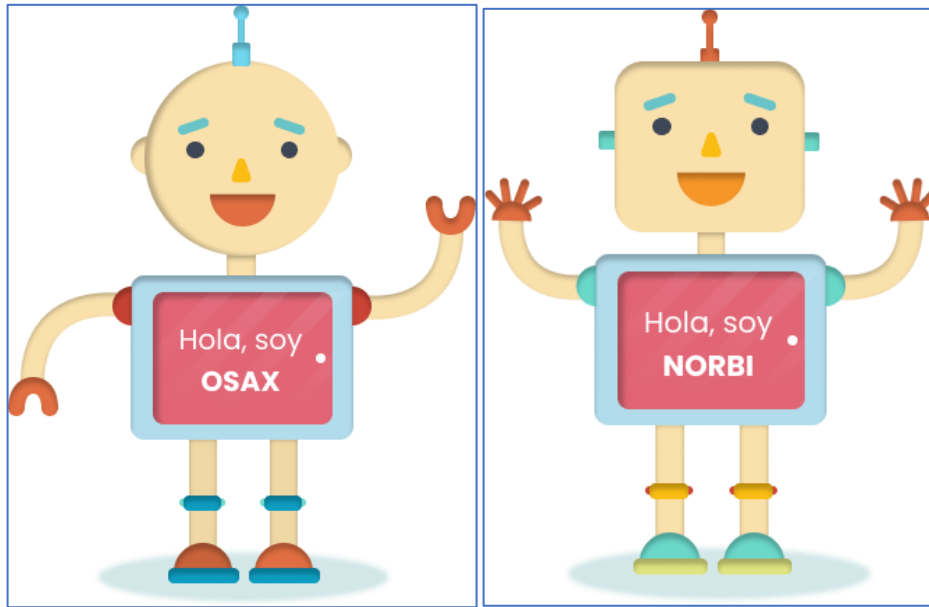


Figura 6-9. Boceto Robot Osax **Figura 6-8.** Boceto Robot Norbi

6. Los resultados obtenidos de la tabulación de la encuesta en el **Anexo D** se observan en la **Tabla 6-9**.

Tabla 6-9. Respuesta encuesta de Bocetos del robot

Pregunta	Repuesta en porcentaje										
Población	57 personas										
Según sus conocimientos cuál cree de estos diseños que sería el que captaría más rápido la atención del niño con TEA	<table border="1"> <caption>Data for Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>Robot Design</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tobor</td> <td>40,70%</td> </tr> <tr> <td>Ely</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Osax</td> <td>10,70%</td> </tr> <tr> <td>Norbi</td> <td>18,60%</td> </tr> </tbody> </table>	Robot Design	Percentage	Tobor	40,70%	Ely	30%	Osax	10,70%	Norbi	18,60%
Robot Design	Percentage										
Tobor	40,70%										
Ely	30%										
Osax	10,70%										
Norbi	18,60%										

Como se puede observar en la Tabulación el boceto que obtuvo la mayor puntuación es **TOBOR** con un **40.7%** por lo cual basado en este se re realizara la forma estética del robot teniendo en cuenta que van a ser reemplazados por componentes electrónicos y se evidenciaran algunos cambios del boceto de la **Figura 6-7**.

7. A continuación, se observan los materiales utilizados para el diseño del robot como lo son internos, cobertura antichoque y externos:

Tabla 6-10. Material Interno (Aluminio)

Material	Resistencia	Relación peso resistencia	Grosor
<p>Aluminio Se puede observar en la Figura 6-10</p>	<p>Posee una resistencia a la tracción de 90 MPa, aspecto que lo convierte en un metal muy útil para materiales estructurales</p>	<p>Es un metal perfecto para diseñar y construir estructuras resistentes y ligeras con muchas ventajas para estructuras en movimiento</p>	<p>Se puede fabricar con el grosor deseado dependiendo la necesidad</p>

(Aluminio, 2022)

Se eligió material interno el aluminio ya que como se observa en la **Tabla 6-10** este es un material muy resistente, pero al mismo tiempo liviano lo cual es de gran utilidad para el robot social debido a que se podrá manipular sin que se llegue a generar algún daño en su funcionamiento y en caso de una caída no se romperán sus partes.



Figura 6-10. Aluminio

Tabla 6-11. Material antichoque (Espuma polietileno) otros materiales

Material	Reacción a impactos	Peso	Aislante térmico
Espuma polietileno se observa en la Figura 6-11	Buena capacidad en absorción de impactos y vibraciones	Es un material muy liviano	Si

(Información Técnica de La Espuma de Polietileno, 2022)

Se eligió este material como se observa en la **Tabla 6-11** ya que en caso de una caída va a presentar una alta capacidad de absorción de impactos y de vibraciones este será utilizado en los componentes electrónicos así mismo es de importancia que es un aislante térmico por lo cual no se va a evidenciar un calentamiento en cada uno de estos y en caso de ser transportado el robot presenta un peso optimo.



Figura 6-11. Espuma polietileno

(Información Técnica de La Espuma de Polietileno, 2022)

Tabla 6-12. Material cobertura externa

Material	Peso	Nivel de transpiración	Protección contra salpicaduras
Tela Tipo Algodón antifluido Figura 6-12	Es un material muy liviano	Alto	Si

Se eligió este tipo de tela como se observa en la **Tabla 6-12** debido a que en primer lugar es un material muy liviano por lo tanto ayudara a que sea transportable, en segundo lugar, debe ser un material transpirable ya que en el interior se van a encontrar dispositivos electrónicos y esto permitirá que no se presente un

recalentamiento y en tercer lugar debido a que el robot va a ser manipulado por niños debe ser un material antifluido con el fin de que si se llega a presentar alguna salpicadura no ingrese y pueda llegar a presentar daños en su hardware.



Figura 6-12. Tela algodón antifluido

(Tipos De Tela| Nombre Arletex, 2022)

8. Se diseñaron los planos en 2D en el programa AUTOCAD para evidenciar las medidas generales del robot las cuales se encuentran rotuladas en cm y basados en este mandar diseñar la estructura interna en aluminio este se puede observar en la **Figura 6-13**:

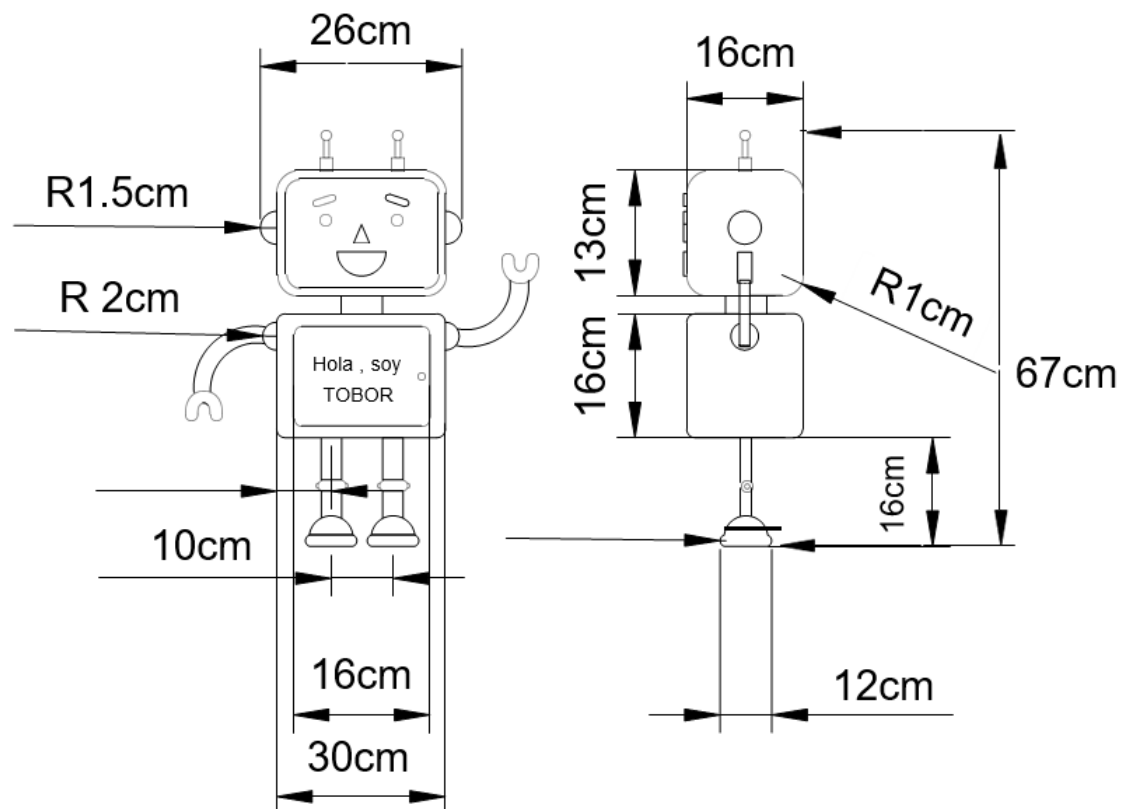


Figura 6-13. Planos 2D de Tobor

Fuente: Propia

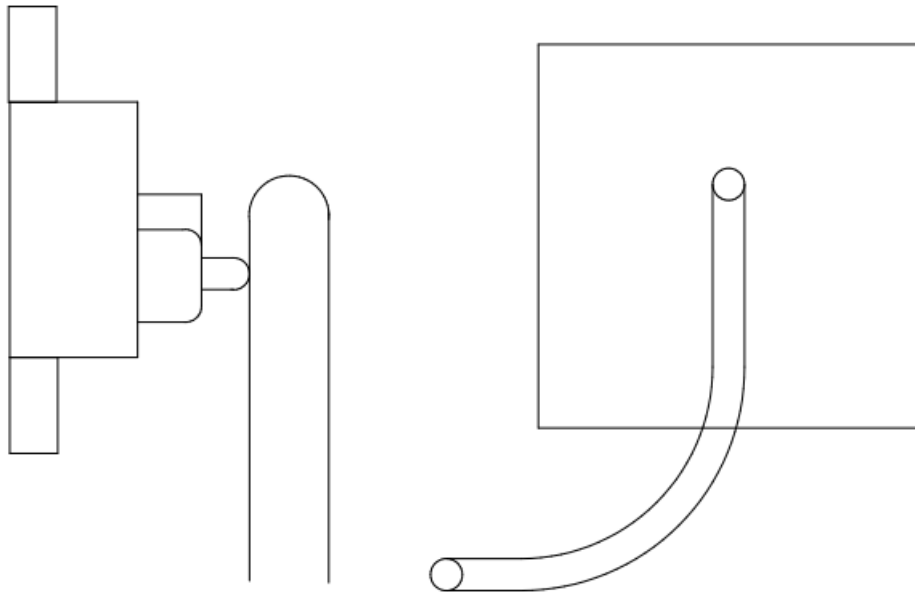


Figura 6-14. Planos 2D unión de servomotor MG90s y Brazo en aluminio del robot

Fuente propia

Se calculo el esfuerzo del motor para levantar el brazo y realizar los movimientos establecidos en primer lugar se tomó el peso del brazo en aluminio con su espuma y su tela anti fluido el cual arrojó un total de 150g

El punto crítico del centro de masas se obtuvo al momento de estar de manera horizontal hacia el frente.

A continuación, se observa la ecuación 3 para calcular el esfuerzo del motor:

$$W = m * g \quad \text{Ec. 3}$$

m= Peso brazo

g= gravedad

$$W = 1.4715 \text{ N}$$

Luego, se calculó la fuerza necesaria que debe realizar para levantarlo como se observa en la ecuación 4:

$$M1 = r1 * W \quad \text{Ec. 4}$$

r1= Distancia entre el centro de masa y la unión de brazo con el motor

W= Fuerza

$$M1 = 0.2207 \text{ Nm}$$

Se realizo el paso de M1 a Kg/cm² el cual arroja un valor de **0.02252 Kg/cm** teniendo en cuenta este valor se puede afirmar que el motor es apto para el funcionamiento del brazo debido a que este presenta una fuerza de 1.8kg/cm como se observa en la **Tabla 6-8**.

9. Se diseñaron los planos en 3D en el programa **Autodesk Maya** en el cual se evidencia el robot en diferentes perfiles y movimientos que desarrollara luego de su construcción, en la **Figura 6-15** se puede evidenciar con el movimiento de brazos hacia abajo y en la **Figura 6-16** con el movimiento de brazos hacia arriba:

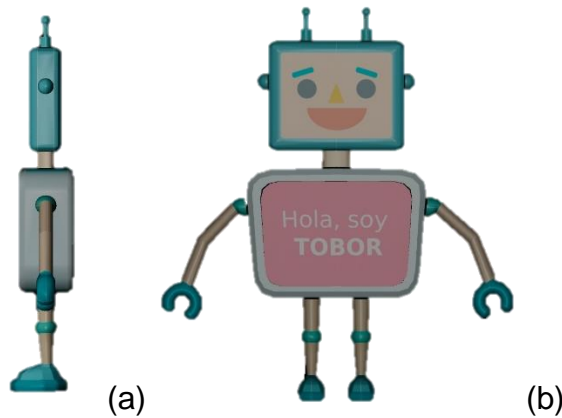


Figura 6-15. Planos 3D Tobor

(a)Perfil manos abajo, (b)Frente manos abajo

Fuente: Propia

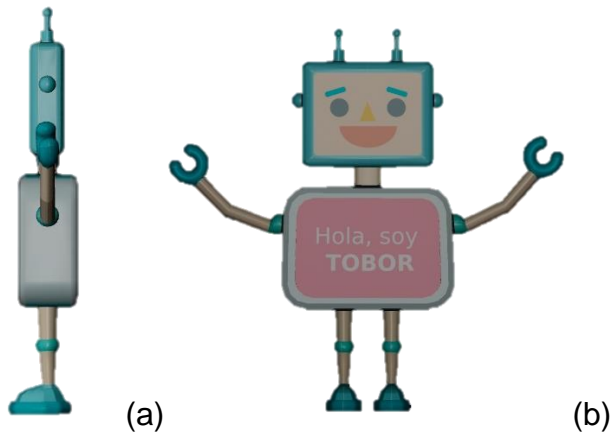


Figura 6-16. Planos 3D Tobor

(a)Perfil manos arriba, (b)Frente manos arriba

Fuente: Propia

Se diseño el circuito de los brazos (servomotores MG90S) y Raspberry PI 4B con el cual se ubicaron los puertos para posteriormente programar en Python para ejecución de movimientos:

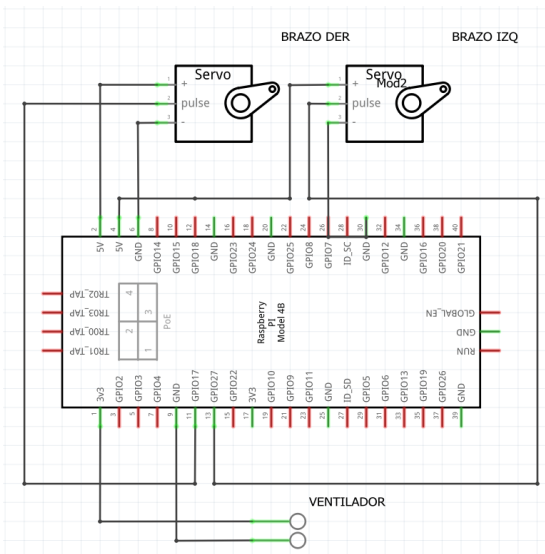


Figura 6-17. Circuito de Servomotores con Raspberry PI 4B

Fuente: Propia

Se realizo la compra de materiales y fabricación de estructura interna basada en los planos 2D y 3D en la **Figura 6-13** y **Figura 6-16** correspondientemente, al momento de estar terminada se tomó su peso que correspondió a 760 gramos. En la **Figura 6-18** se observan las 3 vistas de la estructura diseñado en aluminio debido a su alta

resistencia y peso liviano y en la **Figura 6-19** se observa la unión del brazo junto al motor.

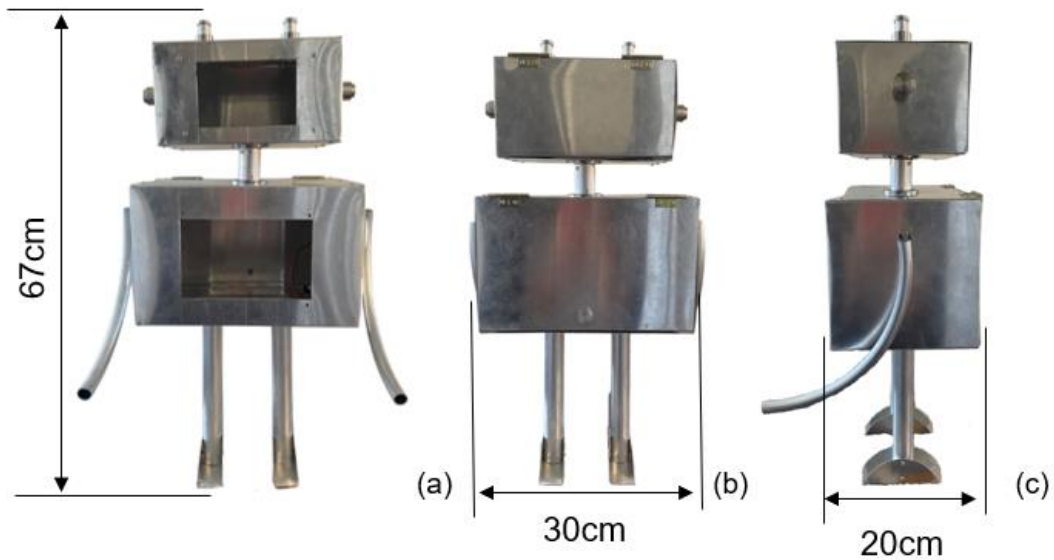


Figura 6-18. Vistas de Tobor (a) Vista Frontal (b) Vista Trasera (c) Vista lateral

Fuente: Propia



Figura 6-19. Unión Motor MG90S con brazo en aluminio

Fuente: Propia

Debido a que se colocaron dos compartimientos para dejar los materiales electrónicos se decidieron hacer dos puertas como se observa en la **Figura 6-18 B** con el fin de que el peso fuera equitativo para la estabilidad total del robot e igualmente para que de manera sencilla se pudiera retirar la Power Bank para realizar su carga luego de haber cumplido su tiempo de autonomía continua;

teniendo en cuenta lo anterior como un requerimiento adicional se debe tener una protección en caso de accidente por derrame de líquido a lo cual se realizó una cobertura en Tela poliéster antifluido como se observa **Figura 6-20** en esta también se puede apreciar que en la parte trasera donde se encuentran los compartimientos se utilizó velcro para poder ser abierto y cerrado con facilidad cuando sea necesario, en caso de caída para protección de las pantallas se realizó una cobertura en las esquinas de corcho y espuma para una absorción de impactos.



Figura 6-20. Cobertura en tela antifluido(a) Vista Frontal (b)Vista lateral (c)Vista trasera

Fuente: Propia

En la **Figura 6-18 B** se pueden observar las puertas de apertura para los elementos electrónicos que estarán distribuidos de la siguiente manera en la puerta superior se encuentra Pantalla 5in y altavoz; para la parte inferior se encuentra la Raspberry Pi4B, Power Bank oraimo, servomotores MG90S y pantalla táctil 7in. Adicionalmente se utilizó espuma de polietileno para la cobertura de los materiales electrónicos la cual presenta dos funciones cobertura antichoque y aislamiento eléctrico como se evidencia en la **Figura 6-21**.

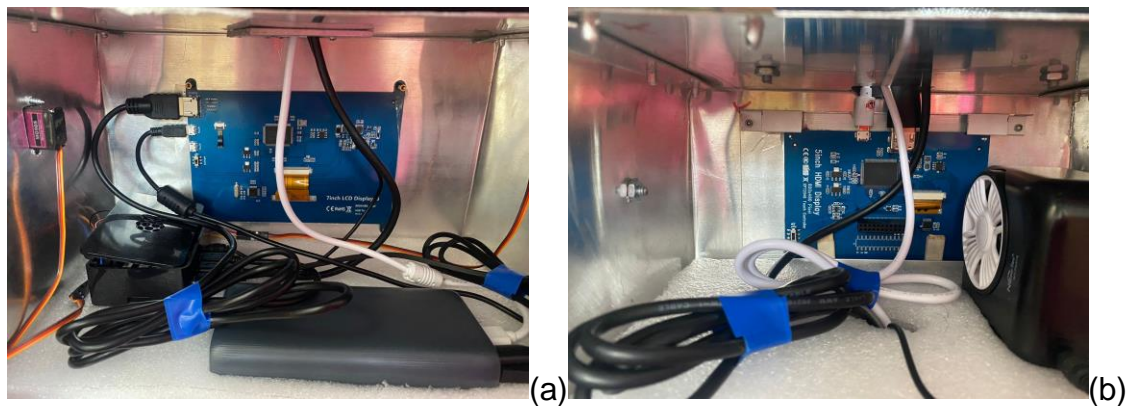


Figura 6-21. Cobertura en espuma de Polietileno para componentes electrónicos
(a) Puerta inferior (b) puerta superior

Fuente: Propia

Para el desarrollo de software, hardware de montaje y funcionamiento de los motores para el movimiento de los brazos se tuvo en cuenta en primer lugar el circuito anteriormente diseñado en la **Figura 6-17**, y su desarrollo en la **Figura 6-22**.

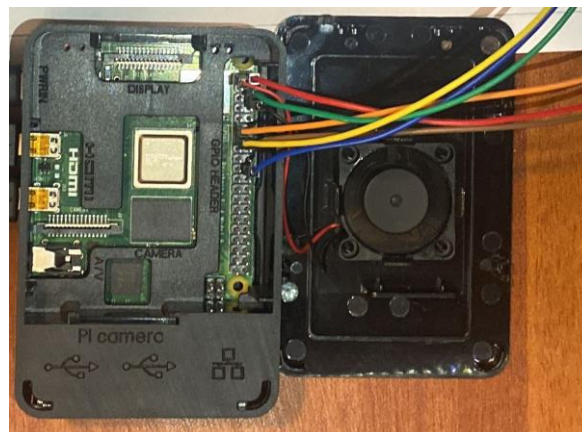


Figura 6-22. Montaje de servomotores MG90S con Raspberry

Fuente: Propia

Así mismo se desarrolló la programación en Python para poder ejecutar los comandos en primer lugar se implementó el encendido de motores donde se realizó la calibración de los mismo para saber el punto de partida de cada uno el cual se puede apreciar en el Algoritmo 1.

Algoritmo 1: Encendido de motores

```
def encender():
```

Definir pines Raspberry: servoPIN = 17 /Derecho

servoPIN2 = 27 /Izquierdo

Definir punto de partida: p.start(6.5)

p2.start(8)

Inicio de hilo: proceso= th.Thread(target=movimiento)

Teniendo en cuenta la calibración realizada anteriormente para los motores de los brazos del robot se debía tener diferentes movimientos que se pudieran ejecutar esta se puede observar en el Algoritmo 2 con definiciones tanto para el brazo derecho como para el izquierdo.

Algoritmo 2: Definición de movimientos

```
import RPi.GPIO as GPIO
```

Movimiento 1: def mov_1(): **/Baile**

```
    izq = [1.8, 4.5, 8]
```

```
    def mov_1Der():
```

```
        der = [8, 10, 13]
```

Movimiento 2: def mov_2(): **/Saludo**

```
    return [8, 8, 8]
```

```
    def mov_2Der():
```

```
        return [13, 13, 13]
```

Movimiento 3: def mov_3(): **/Arriba**

```
    return [1.8, 1.8, 1.8]
```

```
    def mov_3Der()
```

```
        return [13, 13, 13]
```

Movimiento 4: def mov_4(): **/Al Frente**

```
    return [4.5, 4.5, 4.5]
```

```
    def mov_4Der():
```

```
        return [10, 10, 10]
```

Se evidencia en el algoritmo 3 la ejecución de los movimientos en el cual selecciona el movimiento configurado previamente y como lo ubica en la barra de comando para iniciar su ejecución, cambiar de movimiento sin cerrar el ciclo y así mismo finalizar el proceso.

Algoritmo 3. Ejecución de movimiento

Seleccionar movimientos: def seleccionarMov():

valor = comboMotors.get()

if valor == "BAILE": **/Movimiento 1**

movIzq = mov_1()

movDer = mov_1Der()

elif valor == "SALUDO": **/Movimiento 2**

movIzq = mov_2()

movDer = mov_2Der()

Barra de comandos: comboMotors = ttk.Combobox(
state="readonly",

values=["BAILE", "SALUDO", "ARRIBA", "FRENTE"] **/Evalúa y busca el valor de la selección**

comboMotors.grid(column=3, row=1, columnspan=2) **/Ubicación en barra de comandos**

Fin del proceso: def detenerM():

p.stop() /Detener brazo Derecho

p2.stop() /Detener brazo Izquierdo

GPIO.cleanup()

Para la configuración de las pantallas en primer lugar se crearon 2 carpetas una para poder subir tanto videos, cuentos y demás interactivos, y la segunda para los videos de expresiones faciales; en el Algoritmo 4 se puede observar la lógica de programación utilizada para cada uno de los videos sabiendo que unos se reproducen en la pantalla de 7in que se encuentra en la parte inferior y otro en la de 5in de la parte superior.

Algoritmo 4. Reproducción de videos

Elegir video: def elegir():

dir_origen = "/home/raspberry/Desktop/pruebaVideo/videos" **/Origen**

video = combo.get()

video_path = ('{0}/{1}'.format(dir_origen, video)) **/Búsqueda video**

reproducir(video_path) **/Visualización**

btnVisualizar = tk.Button(root, text="Visualizar", command=elegir) **/Botones de consola**

btnVisualizar.grid(column=0, row=1, columnspan=1) **/Ubicación en consola**

Para la configuración de los sonidos de Presentación/Saludo/Despedida se utilizó en primer lugar la aplicación observada en la **Figura 6-23** la cual convierte cualquier texto en voz y permite su descarga en formato mpeg estos fueron agregados a una tercera carpeta.



Figura 6-23. Aplicación de narrador

Fuente: Propia

Se utilizó una lógica de programación basada en la búsqueda de la carpeta donde se encontraban los audios para luego generar su reproducción mediante una lista como se puede observar en el algoritmo 5.

Algoritmo 5. Reproducción de audios

Selección de audio: def SelSonido():

dir_origen = "/home/raspberry/Desktop/pruebaVideo/audios" **/Origen**

sonido = comboSonidos.get()

sonido_path = ('{0}/{1}'.format(dir_origen, sonido)) **/Busqueda sonido**

```
repSon(sonido_path) /Reproducción
```

```
dir_list3 = os.listdir(dir_origen3) /Genera Lista audios
```

```
btnSonido = tk.Button(root, text="Visualizar", command=SelSonido) /Boton de consola
```

```
btnSonido.grid(column=5, row=1, columnspan=1) /Ubicación en consola
```

Según lo indicado en los Algoritmos del 1 al 5 se puede apreciar en la **Figura 6-24** las carpetas correspondientes a las listas desplegadas en la **Figura 6-25** las cuales son ejecutables al mismo tiempo debido a que se manejan hilos diferentes para ejecutar procesos simultáneos que facilitan la versatilidad del robot social en la etapa de sensibilización.

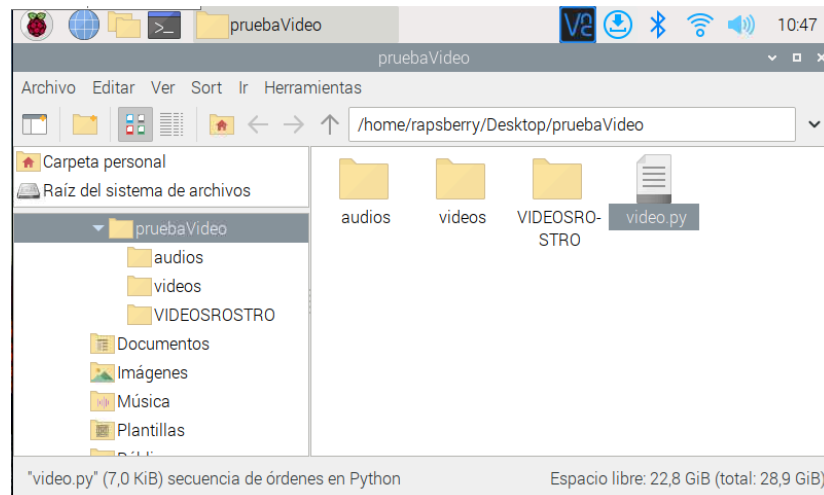


Figura 6-24. Carpetas para generación de listas

Fuente: Propia

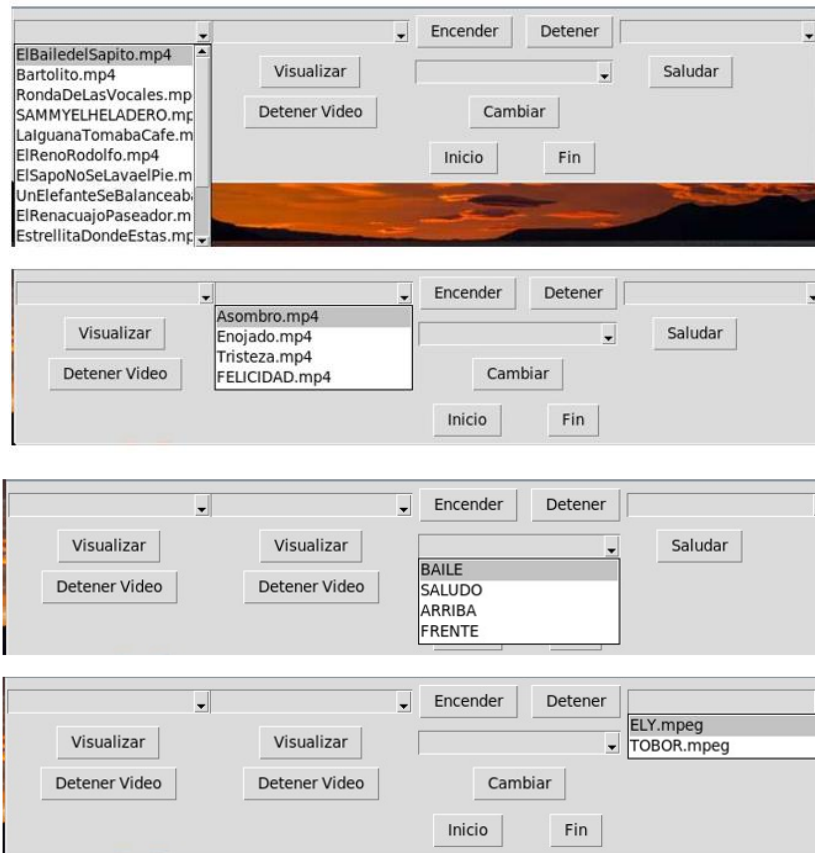


Figura 6-25. Consola con comandos de funciones y listas correspondientes

Fuente: Propia

Para la apariencia física del robot se tuvo en cuenta que fueran tonos neutrales y pasteles los cuales no generan alteración en los niños, así mismo como la tela Fleece ovejero para permitir que sea más agradable al tacto de los niños como se observa en la **Figura 6-26** se encuentra totalmente terminado el robot con la incorporación de todos los sistemas y detalles mencionados anteriormente



Figura 6-26. Robot social en Tela Fleece Ovejero



Figura 6-27. Peso total de Tobor

Un requerimiento de importancia era el peso del robot al tenerlo totalmente terminado se procedió a pesarlo el cual arrojó un peso de 2.540Kg como se observa en la **Figura 6-27** lo cual permite que sea portable, pero al mismo tiempo que sus materiales sean resistentes con respecto al uso que va a tener en las terapias.

Para generar practicidad en cuanto al control del robot por parte del terapeuta se implementó la aplicación **VNC VIEWER** la cual se encuentra disponible tanto para IOS como para Android **Figura 6-28** la cual permite controlar de manera remota los dos escritorios vinculados a la Raspberry Pi4B mediante la IP para verificar proceso de conexión revisar **Anexo F** desde la cual se pueden controlar todos los comandos de movimiento del robot e igualmente presenta versatilidad por poder ser utilizado desde otro dispositivo como lo es un computador o una tablet y colocar otro tipo de contenido en las pantallas fuera del configurado mediante el código Python.

- **VNC VIEWER:**

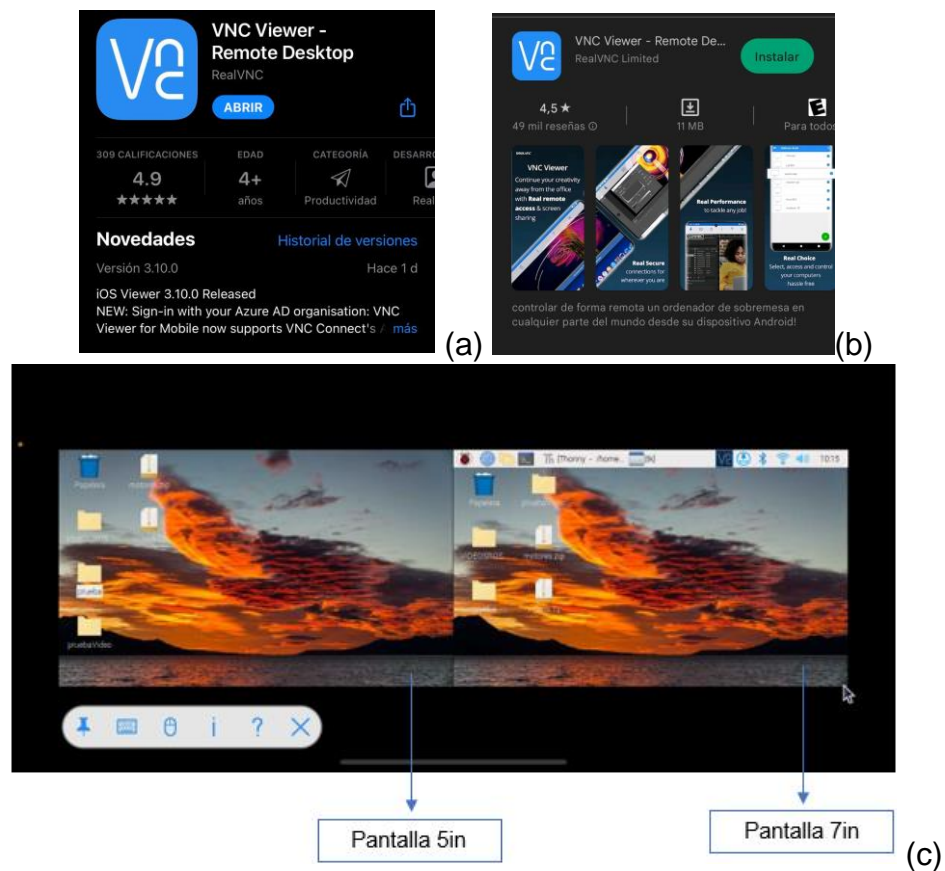


Figura 6-28. Aplicación remota para control del robot

(a) Logo IOS (b) Logo Android (c) Escritorios de Pantallas para control

Fuente: Propia

A continuación, se observa el funcionamiento de cada uno de los comandos establecidos tanto para los brazos como para las pantallas, en la **Figura 6-29** se puede apreciar las diferentes posiciones que toman los brazos controlados mediante la aplicación VNC VIEWER.

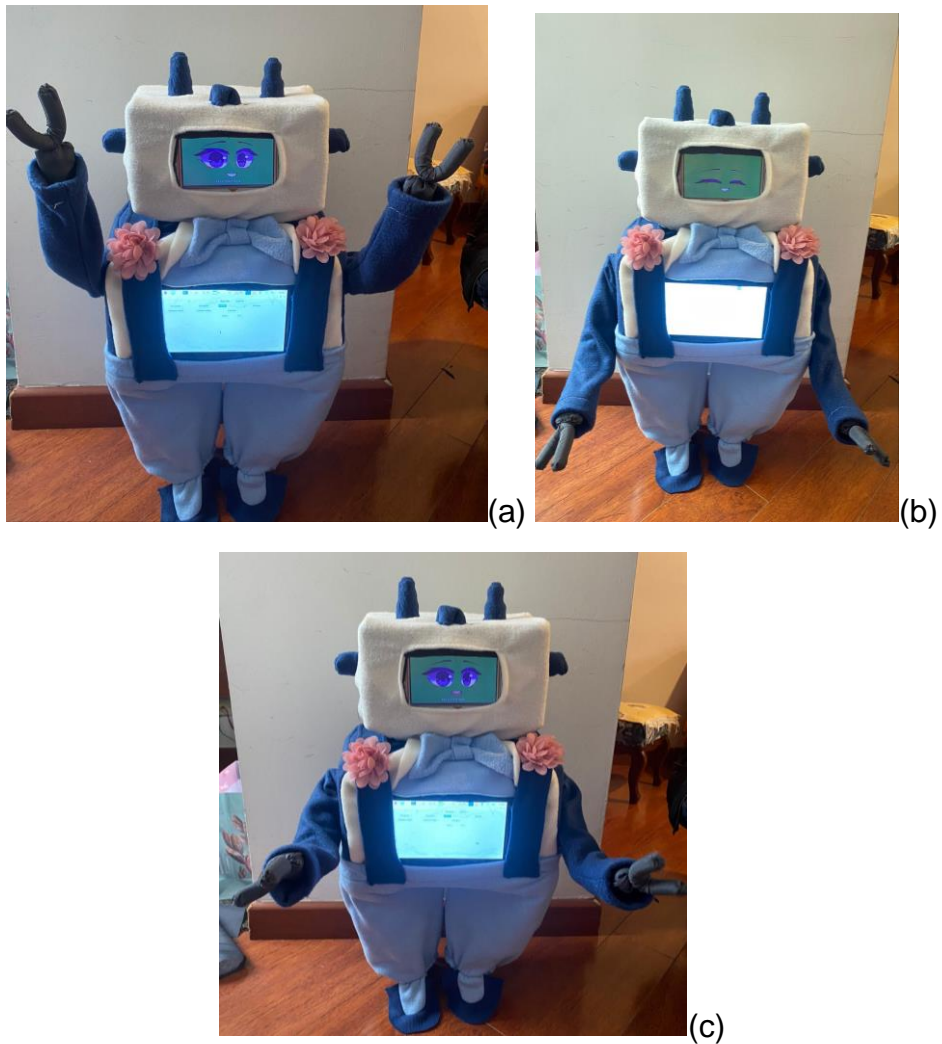


Figura 6-29. Movimiento de motores para funcionamiento de brazos (a) Brazos arriba (b) Brazos abajo (c) Brazos al frente

Fuente: Propia

Para el caso de las pantallas en la **Figura 6-30** se puede apreciar en la pantalla superior 5in expresiones faciales tanto de felicidad, tristeza y enojo; para la pantalla de 7in en la **Figura 6-31** se aprecia la reproducción de videos con canciones y cuentos que el terapeuta podrá escoger según sean los intereses del niño.

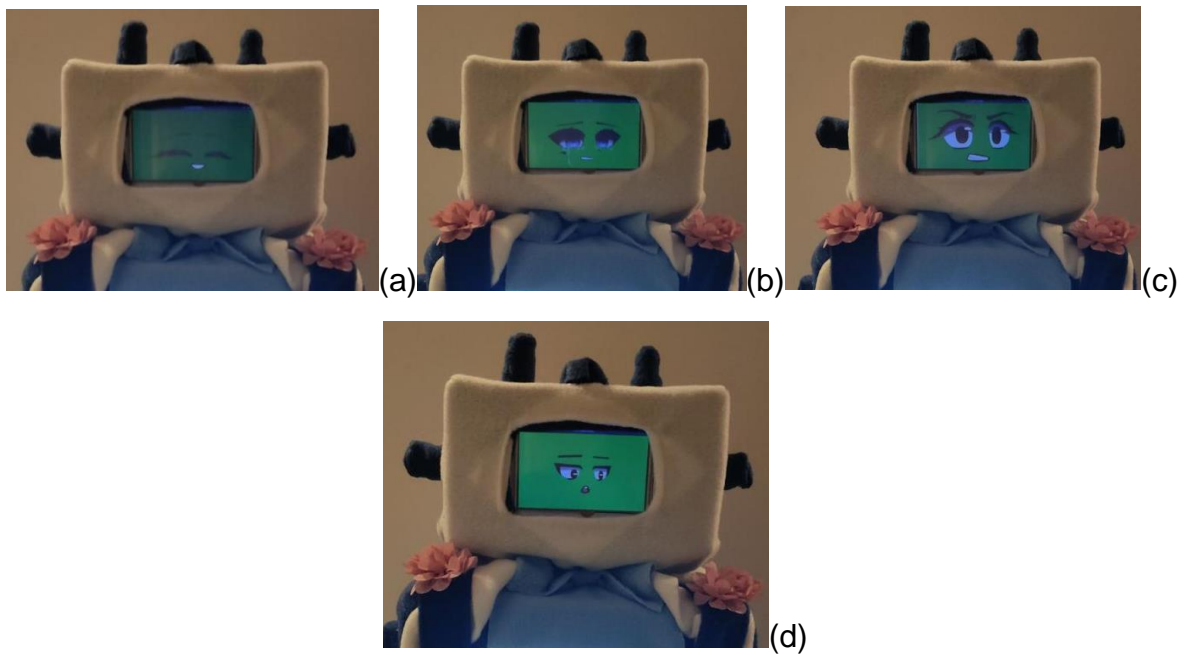


Figura 6-30. Expresiones Faciales (a) Felicidad (b) Tristeza (c) Enojo (d)Asombro

Fuente: Propia

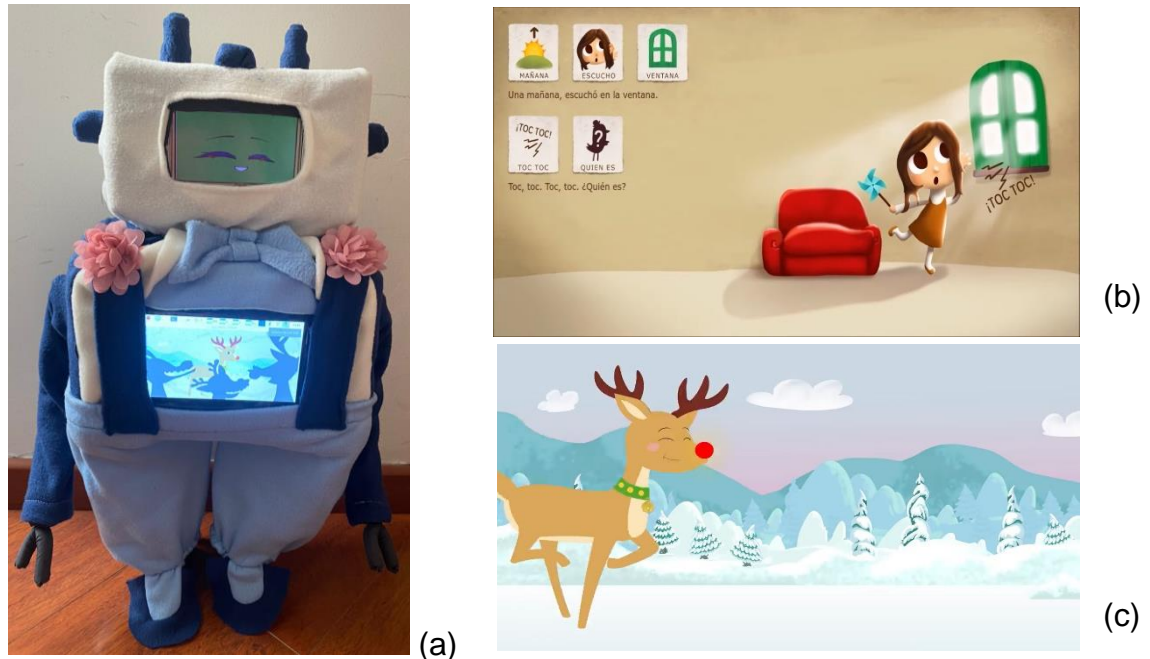


Figura 6-31. Funcionamiento de pantalla 7in (a) Pantalla 7in en funcionamiento (b) Cuento mediante pictogramas (c) Canciones infantiles

Fuente: Propia

En la **Figura 6-31** se puede apreciar el funcionamiento de la pantalla de 7in en la cual se reproducen canciones con videos y cuentos los cuales se observan en la **Tabla 6-13**, igualmente estas pueden ser sustituidas, así mismo como agregar nuevas canciones o cuentos dependiendo la necesidad que observe el terapeuta antes de la etapa de sensibilización este proceso se puede apreciar en el protocolo de pruebas **Anexo F**.

Tabla 6-13. Lista de canciones y cuentos para reproducción

Canciones	Cuentos	Meta del estímulo
Bartolito	El renacuajo paseador	Se logra generar interés del paciente pediátrico TEA, mediante imágenes en caso de cuentos con pictogramas ya que son una herramienta que facilita la comunicación con personas con TEA, especialmente entre los niños que todavía están desarrollando el lenguaje oral. Estas imágenes facilitan el aprendizaje y crean un entorno más fácil de comprender
El baile del sapito	La rana pirata	
El reno Rodolfo	El oledor explorador	
El sapo no se lava el pie	El pajarito rosa	
Estrellita donde estás	Rito el cotorrito	
La iguana tomaba café		
La Lechuza		
La vaca lola		
Ronda de las vocales		
Sammy el heladero		
Soy una serpiente		
Un elefante se balanceaba		
Si tú tienes muchas ganas de aplaudir		

Igualmente, esta pantalla presenta la funcionalidad de ser táctil para poder generar una interacción directa con el paciente TEA, esto con el fin de generar un mayor interés y así mismo aprendizaje en el **Anexo G** se puede observar el protocolo de sensibilización en el cual se agregó el siguiente link <https://arbolabc.com/juegos-de-colores> que es de acceso gratuito en el cual se presentan diferentes actividades como colorear, contar, dibujar entre otras las cuales ayudan a estimular el aprendizaje y se presenta un ambiente mucho más ameno para poder continuar con la terapia que se planeó desarrollar según la etapa en la cual se encuentra el niño la cual es implementada por el terapeuta encargado.

Al finalizar la construcción del Robot Social “Tobor” se hizo un primer acercamiento a la UAI para así evidenciar la reacción de pacientes pediátricos TEA y la opinión

de los diferentes terapeutas los cuales van a manipular directamente el Robot como se puede evidenciar en la **Figura 6-32**.



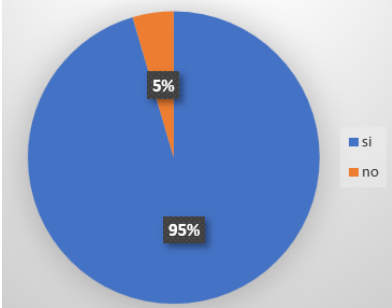
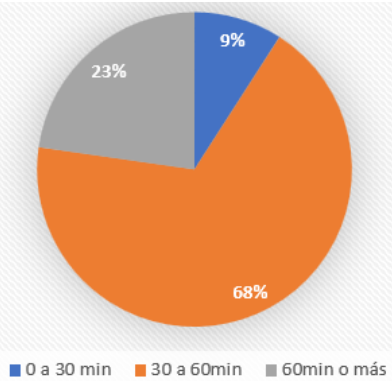
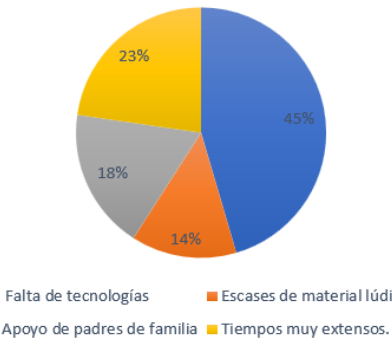
Figura 6-32. Interacción Robot Social (a) Paciente pediátrico TEA (b) Inducción Terapeutas (Educadora especial, Psicóloga, Fonoaudióloga) (c) Paciente pediátrico Síndrome de Down (Trisomía 21)

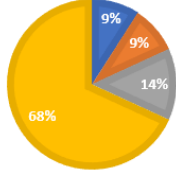
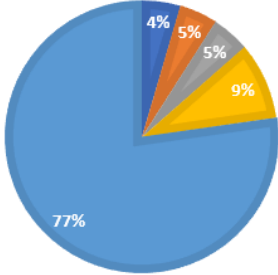
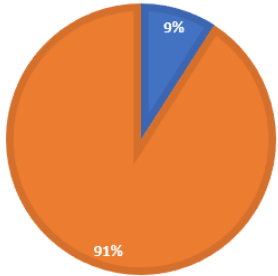
Basado en el trabajo en campo se pudo evidenciar principalmente que los pacientes pediátricos entre los cuales se pudo observar TEA y Síndrome de Down esto deja en evidencia el alcance que se logra con el desarrollo debido a que generan directamente interacción con el robot social debido a su movimiento de brazos y sus funciones audiovisuales lo cual es esencial para que pueda ser implementado en la etapa de sensibilización debido a que esta es el primer momento de contacto Paciente-Robot Social-Terapeuta. Así mismo con la inducción dada a los terapeutas sobre las funciones que tiene el robot se obtuvieron opiniones donde el robot es muy versátil en cuanto a sus funciones ya que se puede adaptar dependiendo el paciente pediátrico que se vaya a tratar igualmente su facilidad de control

remotamente que es de gran utilidad con un apoyo de la tecnología a las actividades realizadas actualmente.

Los resultados obtenidos de la tabulación de la encuesta en el **Anexo E** se observan en la **Tabla 6-14**.

Tabla 6-14. Respuestas de terapeutas a encuesta de etapa de sensibilización

Pregunta Población	Repuesta en porcentaje 22 personas										
¿Considera importante realizar la etapa motivacional o de sensibilización en los niños con TEA?	 <table border="1"> <caption>Data for '¿Considera importante realizar la etapa motivacional o de sensibilización en los niños con TEA?'</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>si</td> <td>95%</td> </tr> <tr> <td>no</td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	si	95%	no	5%				
Respuesta	Porcentaje										
si	95%										
no	5%										
¿Cuánto tiempo dura usted aproximadamente realizando la etapa de sensibilización en el niño con TEA?	 <table border="1"> <caption>Data for '¿Cuánto tiempo dura usted aproximadamente realizando la etapa de sensibilización en el niño con TEA?'</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 a 30 min</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>30 a 60min</td> <td>68%</td> </tr> <tr> <td>60min o más</td> <td>23%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	0 a 30 min	9%	30 a 60min	68%	60min o más	23%		
Categoría	Porcentaje										
0 a 30 min	9%										
30 a 60min	68%										
60min o más	23%										
¿Cuáles considera usted que son los principales inconvenientes en el desarrollo de la etapa de sensibilización?	 <table border="1"> <caption>Data for '¿Cuáles considera usted que son los principales inconvenientes en el desarrollo de la etapa de sensibilización?'</caption> <thead> <tr> <th>Inconveniente</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Falta de tecnologías</td> <td>45%</td> </tr> <tr> <td>Tiempos muy extensos</td> <td>23%</td> </tr> <tr> <td>Apoyo de padres de familia</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>Escases de material lúdico</td> <td>14%</td> </tr> </tbody> </table>	Inconveniente	Porcentaje	Falta de tecnologías	45%	Tiempos muy extensos	23%	Apoyo de padres de familia	18%	Escases de material lúdico	14%
Inconveniente	Porcentaje										
Falta de tecnologías	45%										
Tiempos muy extensos	23%										
Apoyo de padres de familia	18%										
Escases de material lúdico	14%										

<p>¿Qué acciones realiza usted con anterioridad al momento de las etapas de sensibilización de los niños TEA?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Consulta con respecto al gusto evidente en cada uno de los niños a sus padres. ■ Análisis a cada niño para definir un plan de actividades. ■ Identificar comportamientos para hallar maneras de sensibilización. ■ Todas las anteriores. 
<p>¿Qué actividades realiza usted en la sensibilización de los niños TEA?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Juegos didácticos ■ Apoyo visual ■ Juegos interactivos ■ Narración de cuentos ■ Todas las anteriores 
<p>¿Considera que estas actividades mencionadas en el punto anterior son suficientes para llevar a cabo la etapa de sensibilización de los niños con TEA?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Si ■ No 

Basados en las respuestas de la **Tabla 6-14** para la identificación de inconvenientes se puede evidenciar que en la etapa de sensibilización con los aportes dados por los terapeutas de los niños con TEA que hay más del **95%** los cuales consideran que esta etapa es importante para el desarrollo de la terapia. El **68%** estima que esta etapa dura entre 30 y 60 minutos. El **45%** opina que hace falta una implementación de tecnologías para el desarrollo de la sensibilización. El **68%** dice que se deben tener en cuenta todos los puntos mencionados en la pregunta 5. El

77% atiende a que se deben tener en cuenta todos los puntos mencionados en la pregunta 6. Más del **90%** piensa que no son suficientes las actividades que se realizan actualmente para la etapa. Por lo tanto, basados en esta se realizó un protocolo en el cual intervenga el robot social desarrollado con el fin de disminuir los principales “inconvenientes que se evidenciaron en las respuestas dadas por los terapeutas”.

Basado en la encuesta anteriormente tabulada se desarrolló un protocolo de sensibilización ver en **Anexo G** el cual tiene como finalidad ser un apoyo para el terapeuta ya que incluye actividades que se desarrollan actualmente en la etapa pero con la utilidad de poder ser utilizado el robot social como una herramienta que brinda un acercamiento al niño y es personalizado ya que el terapeuta tiene el libre albedrío de elegir que se muestra, que audios reproduce y que movimientos realiza basando esto en los gustos de cada niño con el desarrollo de este se busca promover las terapias en niños con TEA con el fin de evidenciar una evolución más amplia y no se genere un abandono de las terapias que son la clave fundamental para el buen desarrollo y que puedan generar actividades como cualquier otro niño sin que se evidencien “limitaciones”.

7. CONCLUSIONES

1. El robot presenta una apariencia fantástica lo cual esta soportada bajo la literatura, igualmente la capacidad de poder presentar interacción directa con el usuario para este caso se utilizaron materiales como el aluminio y su cobertura en tela Fleece ovejero que permiten que el niño pueda tener contacto ya que es de alta resistencia y ligero, e igualmente suave al tacto respectivamente. Su apariencia física se derivó de un estudio cualitativo soportado por 4 tipos de encuestas en un total de 57 personas donde se involucraron profesionales como Psicólogas, educadoras especiales, fonoaudiólogas, terapeutas ocupaciones y padres de familia destacándose de esta manera un diseño centrado en el usuario por lo cual se generó una mayor asertividad al momento de ser implementado.
2. Mediante los resultados obtenidos desde el punto de vista técnico se logra una autonomía de 5 horas en alimentación cumpliendo con las expectativas pactadas debido a que va a tener una amplia jornada de trabajo, se logra un peso de 2.540 kg y un tamaño de 67 cm de alto, 30 cm de ancho y 20 cm de profundidad, adecuado para que el robot pueda ser portable.
3. Mediante el protocolo de sensibilización se logró implementar actividades que se desarrollan actualmente en esta etapa (evidenciado en las encuestas y aportes dados por terapeutas) incluidas las diferentes versatilidades generadas por el robot, tanto en movimiento de brazos, audios, videos e interacción con pantalla táctil; basadas en los intereses de cada uno de los niños.
4. Con la primera interacción que tuvo el robot social en la UAI se evidencio el alto interés que genera en los pacientes pediátricos en cuanto a movimientos de brazos y funciones audiovisuales lo cual es de suma importancia para la etapa de sensibilización ya que es ese primer acercamiento que se tiene con el paciente.
5. Basado en las encuestas y en la población consultada las ayudas tecnológicas orientadas a procesos terapéuticos son limitadas lo cual se observó como una oportunidad de aportar desde la Bioingeniería. Así mismo con el trabajo realizado en campo se logró identificar la importancia de la unión de los diferentes campos profesionales para poder generar soluciones a necesidades humanas debido a los diferentes puntos de vista obtenidos en cuanto a la aplicación del producto final en este caso el Robot social.

8. RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

1. El robot social “Tobor” será donado a la fundación UAI (unidad de atención integral al discapacitado) del Municipio de Cajicá-Cundinamarca con el fin de que sea utilizado por los 22 terapeutas en la etapa de sensibilización. Esta fue elegida debido a la población TEA presente que se evidencio en las diferentes encuestas realizadas.
2. Se propone implementar el robot para validar la percepción que tienen los niños TEA al momento del contacto con este, e igualmente validar los tiempos en los cuales se está realizando la sensibilización o la etapa motivacional mediante comparaciones con los que se utilizan actualmente.
3. Evaluar el diseño propuesto teniendo en cuenta software, hardware y estructura con el fin de realizar un estudio longitudinal por al menos seis meses tanto en el terapeuta como en el paciente pediátrico TEA con el fin de evidenciar las características principales que se evidencian en la etapa de sensibilización y así definir las para ir generando mejores planes de trabajo basados en evidencias.
4. Respecto al sistema locomotriz: Mejorar sistema de unión en el engranado que existe para el movimiento de los brazos, buscar la manera de crear una sola pieza que, con el tiempo las vibraciones y el movimiento no puedan llegar a generar desgaste en las uniones.
5. Implementar movimiento para los pies cuando se reproduzca determinado video o se ejecute mientras hace el saludo, pueden ser ruedas para que se mueva en diferentes direcciones con respecto a la orden que se le programe.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alessandri, M., Thorp, D., Mundy, P., & Tuchman, R. F. (2005). Para la lógica de la cura del autismo y la psicosis infantil, el valor de lo imprevisto está en su cálculo. *Psicoanalisisapdeba.Org*.
<https://www.psicoanalisisapdeba.org/wp-content/uploads/2019/02/032001manzotti.pdf>
- Aluminio. (2022). <https://www.weerg.com/es/es/blog/aluminio-caracter%C3%ADsticas-propiedades-y-ventajas>
- CASTRO, R. (2020). Validación en un ambiente real de Robot Social CASTOR para el uso en terapias con niños con autismo. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/24432>
- Corredera, M., de, J. D. B.-A. P. y P., & 2016, undefined. (2016). Abordajes educativos y terapéuticos sobre las dificultades en la comunicación de niños con signos clínicos de autismo. *Sedici.Unlp.Edu.Ar*, 62(3), 195–206. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/103262>
- Cruz, J. C., & Salazar, Y. A. (2014). Aplicación robótica para realizar terapias en niños con autismo. *Laccei.Org*. <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP026.pdf>
- Dautenhahn, K., Nehaniv, C. L., Walters, M. L., Robins, B., Kose-Bagci, H., Mirza, N. A., & Blow, M. (2009). KASPAR—a minimally expressive humanoid robot for human–robot interaction research. *Content.lospress.Com*, 6(4), 369–397. <https://doi.org/10.1080/11762320903123567>
- Enrique, R., & Laiton, C. (2014). MUNICIPIO DE CAJICÁ CUNDINAMARCA AÑOS 2000 A 2014.
- Estadísticas oficiales en Colombia acerca del autismo. (2021). <https://www.edicionmedica.com.co/secciones/salud-publica/-en-colombia-no-hay-estadisticas-oficiales-acerca-del-autismo-1021>
- Faus, A. P. (n.d.). Intervención de terapia ocupacional con niños diagnosticados de trastorno del espectro autista (TEA) en el ámbito escolar. *Zaguan.Unizar.Es*. Retrieved February 25, 2022, from <https://zaguan.unizar.es/record/7439/files/TAZ-TFG-2012-255.pdf>;
- Fernaesus, Y., Håkansson, M., Jacobsson, M., & Ljungblad, S. (2010). How do you play with a robotic toy animal? A long-term study of Pleo. *Proceedings*

- of IDC2010: The 9th International Conference on Interaction Design and Children, 39–48. <https://doi.org/10.1145/1810543.1810549>
- Fernández, A.-R. internacional de audición y lenguaje, undefined. (2016). El mundo del autismo. Redalyc.Org, 2. <https://www.redalyc.org/journal/5746/574660898011/574660898011.pdf>
- Fierro Bósquez, M. J., Sandy, ;, Fierro Vasco, G., Lucía, ;, & Aguinaga Bosquez, B. (2018). La Equinoterapia en niños con trastornos del espectro autista. Dialnet.Unirioja.Es, 2(3), 650–665. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(3\).julio.2018.650-665](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(3).julio.2018.650-665)
- Garnica, C. A., Asesor, S., Carlos, J., & Calixto, B. (2021). Diseño del sistema de información para el apoyo de las terapias de los niños diagnosticados con TEA. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/25754>
- Grados de protección IP e IK. (2019). https://www.google.com/search?q=Grados+de+protecci%C3%B3n+IP+e+IK&rlz=1C1CHBF_esCO967CO967&oq=Grados+de+protecci%C3%B3n+IP+e+IK&aqs=chrome..69i57j69i60.475j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Gutiérrez, A. undefined. (2015). El diseño de experiencias en robótica social asistencial para la tercera edad. Nexus.Univalle.Edu.Co. <https://nexus.univalle.edu.co/index.php/nexus/article/view/704>
- Información técnica de la Espuma de polietileno. (2022). <https://www.cosmos.com.mx/wiki/espuma-de-polietileno-4rxy.html>
- Instituto Psicoeducativo de Colombia (IPSICOL). (2021). <https://www.icbf.gov.co/instituto-psicoeducativo-de-colombia-ipsicol>
- León, M. G.-R. jurídica de la U. de, undefined. (2017). Regulación legal de la robótica y la inteligencia artificial: retos de futuro= Legal regulation of robotics and artificial intelligence: future challenges. Revpubli.Unileon.Es, 25–50. <http://revpubli.unileon.es/index.php/juridica/article/view/5285>
- Liga Colombiana de Autismo. (2021). <https://ligautismo.org/a-ninos-jovenes-y-adultos/>
- Martínez, M. electrónica de terapia ocupacional, T. undefined, 2016, undefined. (2016). Efectividad de la terapia ocupacional en niños con autismo. Dialnet.Unirioja.Es, 13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5536314>

- Modelo de Raspberry Pi. (2022). <https://www.xataka.com/seleccion/que-modelo-raspberry-pi-comprar-repaso-a-principales-placas-proyectos-habituales-para-dar-mejor>
- Morales, L.-C. R. de la A. de D. undefined. (2010). Autismo, familia y calidad de vida. Dialnet.Unirioja.Es. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3701024>
- Mulas, F., Ros-Cervera, G., Millá, M. G., Etchepareborda, M. C., & Abad, L. (2010). Modelos de intervención en niños con autismo. *Skat.Ihmc.Us*, 50, 77–84. <https://skat.ihmc.us/rid=1QRC5GFYJ-292V2Z3-5PPM/modelos%20de%20intervencion%20en%20ni%C3%B1os%20autistas.pdf>
- Nanotec Ntp2375 - Novedosos. (n.d.). Retrieved September 10, 2022, from <https://losnovedosos.com/producto/parlante-nanotec-ntp2375/?v=c86d34d52ae3>
- Oftalmoseo. (2017). La Luz Azul de Las Pantallas No Afecta a Los Ojos Ni Provoca Ceguera. <https://www.oftalmoseo.com/informacion-para-pacientes/la-luz-azul-de-las-pantallas-no-afecta-a-los-ojos-ni-provoca-ceguera/>
- ORAIMO | Power Bank Oraimo 20000mah Traveler. (2021). <https://mymstech.com.co/power-bank/3288-oraimo-opb-p204dq-dark-grey-power-bank-oraimo-cargador-portatil-bateria-20000mah-traveler-4-gris.html>
- Pennisi, P., Tonacci, A., Tartarisco, G., Billeci, L., Ruta, L., Gangemi, S., & Pioggia, G. (2016). Autism and social robotics: A systematic review. *Wiley Online Library*, 9(2), 165–183. <https://doi.org/10.1002/aur.1527>
- Pichot, P., López, J., & Valdés, M. (2016, September). Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales. https://dsm.psychiatryonline.org/pb-assets/dsm/update/Spanish_DSM5Update2016.pdf
- Pinel, V., Rendón, L. A., & Adrover-Roig, D. (2018). Los robots sociales como promotores de la comunicación en los Trastornos del Espectro Autista (TEA). *Letras de Hoje*, 53(1), 39–47. <https://doi.org/10.15448/1984-7726.2018.1.28920>
- Ramírez-Duque, A. A., Frizera-Neto, A., & Bastos, T. F. (2019). Robot-Assisted Autism Spectrum Disorder Diagnostic Based on Artificial Reasoning. *Journal of Intelligent & Robotic Systems* 2019 96:2, 96(2), 267–281. <https://doi.org/10.1007/S10846-018-00975-Y>

- Rodríguez, A., & Rodríguez, M. R. de N. (2002). Diagnóstico clínico del autismo. Files.Usal-Psicopatoinfanto.Webnode http://files.usal-psicopatoinfanto.webnode.com.ar/200000291-1b5061c4e5/Rodriguez_Diagnostico%20Clinico%20del%20Autista.pdf
- Rosell-Raga, L., neurología, V. V.-V.-R. de, & 2006, undefined. (2006). Sintomatología autista y síndrome de Prader-Willi. Academia.Edu. https://www.academia.edu/download/56919819/Autismo_PW_y_FE.pdf
- Ruiz-Lázaro, P., Posada de la Paz, M., Hijano Bandera, F., & España, M. (2009). Trastornos del espectro autista. Detección precoz, herramientas de cribado. Revista Pediatría de Atención Primaria, XI.
- Saldien, J., Goris, K., Yilmazyildiz, S., Verhelst, W., & Lefeber, D. (2008). On the design of the huggable robot Probo. JOURNAL OF PHYSICAL AGENTS, 2(2), 3. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/12583>
- Salemi, B., Reis, J., ... A. S.-... on I. R., & 2005, undefined. (2005). MILO: Personal robot platform. [ieeexplore.ieee.Org. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1545566/](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1545566/)
- Sharma, N., Ruchi, #, And, M., & Mishra, D. (2015). The Fifth Edition of Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5): What is New for the Pediatrician? INDIAN PEDIATRICS, 141. www.psychiatry.org/dsm5
- Silva Costa, F. C., Luzia, Y., & Pfeifer, I. (2021). Intervención de integración sensorial en niños con trastorno del espectro autista. Revista Chilena de Terapia Ocupacional, 22(2), 197–205. <https://doi.org/10.5354/0719-5346.2016.41947>
- Sociedad Ciencia Educación Padres e hijos Sucesos Motor Salud. (2019). <https://www.diariovasco.com/sociedad/robots-...>
- TEA | Fisioterapia y Salud. (2014). <http://fisioyil.blogspot.com/2014/09/trastorno-del-espectro-autista-tea.html>
- Tendlarz, S. Elena., Bayon, P. Alvarez., & Laurent, Eric. (2020). ¿Qué Es el Autismo? Infancia y Psicoanálisis.
- Tipos De Tela| Nombre Arletex. (2022). <https://arletex.mx/telas/tipos-de-tela>
- Torras, C. (2014). Robots sociales. <https://roderic.uv.es/handle/10550/40245>
- Zalaquett, D., Schönstedt, M., & ... M. A.-R. C. de pediatria, undefined. (2015).

Basics of early intervention in children with autism spectrum disorders.
Europepmc.Org. <https://europepmc.org/article/med/26235694>

10. ANEXOS

Anexo A. Encuesta secretaria de planeación Cajicá, Cundinamarca

Presentación:

Mi nombre es Marilyn Daniela Rodríguez Jiménez actualmente me encuentro en el desarrollo de mi Proyecto de grado Titulado **“Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado en el Municipio de Cajicá, Cundinamarca”** para optar por el Título de Bioingeniera de la Universidad El Bosque con el acompañamiento del Dr. Mario Fernando Jiménez de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Universidad El Rosario, Bogotá, Colombia. Con el fin de permitir el mejoramiento en cuanto al desenvolvimiento y desarrollo en la calidad de vida de los niños y las familias e igualmente como una herramienta de apoyo continuo para el terapeuta basado principalmente en el modelo biopsicosocial.

Introducción:

Con el fin de contextualizar el porcentaje actual de niños que presentan Autismo o algún TEA en el Municipio de Cajicá para así evidenciar el nivel de impacto que va a presentar el proyecto. Me dirijo amablemente a ustedes con el fin de obtener información de fuentes primarias sobre esta patología:

1. Autoriza usted el uso de su información para un previo análisis de datos:
 - A. Si
 - B. No
2. Podría especificar número de niños con Autismo o algún TEA en el municipio de Cajicá
3. Podría especificar estrato socioeconómico al cual pertenece cada uno
4. Podría especificar constitución familiar en la cual habita cada niño

5. Podría especificar si los integrantes de la familia presentan un trabajo formal

6. Podría especificar la escolaridad de los niños y si asisten a Colegios convencionales o a colegios con necesidades especiales.

Cierre

De antemano gracias por responder de manera honesta la encuesta anteriormente realizada, procederé a tabular y analizar cada una de las preguntas con el fin de poder implementarlas en el desarrollo del proyecto titulado: Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado.

Ley de Protección de Datos Personales: “La autorización suministrada en el presente formulario faculta a la alcaldía municipal de Cajicá para que dé a sus datos aquí recopilados el tratamiento señalado en la “Política de Privacidad para el Tratamiento de Datos Personales” el cual incluye, entre otras, el envío de información promocional, así como la invitación a eventos. El titular de los datos podrá, en cualquier momento, solicitar que la información sea modificada, actualizada o retirada de las bases de datos de la alcaldía municipal de Cajicá.

- A. Si

- B. No

Anexo B. Encuesta a padres de familia

Presentación:

Mi nombre es Marilyn Daniela Rodríguez Jiménez actualmente me encuentro en el desarrollo de mi Proyecto de grado Titulado “**Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado en el Municipio de Cajicá, Cundinamarca**” para optar por el Título de Bioingeniera de la Universidad El Bosque con el acompañamiento del Dr. Mario Fernando Jiménez de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Universidad El Rosario, Bogotá, Colombia. Con el fin de permitir el mejoramiento en cuanto al desenvolvimiento y desarrollo en la calidad de vida de los niños y las familias e igualmente como una herramienta de apoyo continuo para el terapeuta basado principalmente en el modelo biopsicosocial.

1. Autoriza usted el uso de su información para un previo análisis de datos:
 - A. Si
 - B. No

2. Genero del niño:
 - A. Hombre
 - B. Mujer

3. ¿Qué edad tiene el niño actualmente?
 - A. Entre 3 y 5 años
 - B. Entre 6 y 8 años
 - C. Entre 9 y 10 años

4. ¿A que estrato socioeconómico pertenece?
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3 o más

5. ¿Me podría indicar quien es el cuidador?
 - A. Madre
 - B. Padre
 - C. Otro familiar

6. ¿Cuenta usted con un diagnóstico médico en el cual se le indico que el niño o la niña presenta autismo o algún Trastorno del Espectro Autista?
 - A. Si. ¿Cuál?

B. No

7. ¿A qué edad fue diagnosticado el niño o niña?
- A. Entre 3 y 5 años
 - B. Entre 6 y 8 años
 - C. Entre 8 y 10 años
8. ¿El autismo o TEA del niño o niña es leve, moderado, o severo?
- A. Leve
 - B. Moderado
 - C. Severo
9. En los últimos meses, ¿Cuál de los siguientes tratamientos ha utilizado el niño o niña?
- A. Terapia Conductual
 - B. Terapia del habla
 - C. Terapia Psicoeducativa
 - D. Medicamentos
 - E. Todas las anteriores
 - F. Otra ¿Cuál? _____
10. ¿Cuánto tiempo lleva en tratamiento el niño o la niña?
- A. Menos de 1 año
 - B. De 1 año a 3 años
 - C. De 4 años a 6 años
 - D. Más de 6 años
11. El niño o niña utiliza o a utilizado otro tipo de terapias alternativas para el tratamiento del autismo o TEA ¿Cuáles de las siguientes?
- A. Terapia musical
 - B. Terapia Acuática
 - C. Terapia asistida por animales
 - D. Todas las anteriores
 - E. Otra ¿Cuál? _____
 - F. Ninguna
12. ¿Cuál es su nivel de satisfacción con respecto a las terapias y tratamientos recibidos por el niño o la niña? siendo 1 Mínimo y 5 Máximo
- A. 1
 - B. 2

- C. 3
- D. 4
- E. 5

INTRODUCCIÓN A LA ROBOTICA SOCIAL

Esta es una rama de la robótica la cual se encarga de poder ofrecer servicios de apoyo o de atención artificial a necesidades humanas mediante robots que tengan la capacidad de acoplarse a la inteligencia social estas interacciones principalmente están dadas en ámbitos de terapias las cuales incluyen la educación y el juego como se observa en la figura 1(Gutierrez,A.2017).



Figura 1. Interacción de un robot social con niños por medio de juego (Torras,C.2014)

Videos- Robótica Social

- <https://www.youtube.com/watch?v=GOUhLSVAXys>
- <https://www.youtube.com/watch?v=sKgGXiLpf1Y>

13. Basado en la información dada anteriormente que entiende por **robot**. De una descripción de máximo 5 palabras

14. ¿Está de acuerdo con la implementación de los robots sociales como herramienta de apoyo en las diferentes terapias de niños con autismo o algún TEA?

- A. Totalmente de acuerdo
- B. De acuerdo
- C. En desacuerdo
- D. Totalmente en desacuerdo

15. De las siguientes áreas del conocimiento en cuál de las siguientes le gustaría que se enfocara el robot:

- A. Lenguaje
- B. Conducta
- C. Relaciones interpersonales
- D. Todas las anteriores

Cierre

De antemano gracias por responder de manera honesta la encuesta anteriormente realizada, procederé a tabular y analizar cada una de las preguntas con el fin de poder implementarlas en el desarrollo del proyecto titulado: Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado.

Ley de Protección de Datos Personales: “La autorización suministrada en el presente formulario faculta a la alcaldía municipal de Cajicá para que dé a sus datos aquí recopilados el tratamiento señalado en la “Política de Privacidad para el Tratamiento de Datos Personales” el cual incluye, entre otras, el envío de información promocional, así como la invitación a eventos. El titular de los datos podrá, en cualquier momento, solicitar que la información sea modificada, actualizada o retirada de las bases de datos de la alcaldía municipal de Cajicá.

- A. Si
- B. No

Anexo C. Encuesta a terapeutas de niños con autismo

Presentación:

Mi nombre es Marilyn Daniela Rodríguez Jiménez actualmente me encuentro en el desarrollo de mi Proyecto de grado Titulado **“Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado”** para optar por el Título de Bioingeniera de la Universidad El Bosque con el acompañamiento del Dr. Andrés Alberto Ramírez Duque del departamento de Bioingeniería e igualmente con el Psicólogo Sergio Andrés Munévar Rodríguez, con el fin de permitir el mejoramiento en cuanto al desenvolvimiento y desarrollo en la calidad de vida de los niños y las familias e igualmente como una herramienta de apoyo continuo para el terapeuta basado principalmente en el modelo biopsicosocial.

Introducción:

Con el fin de obtener información de fuentes primarias sobre los diferentes puntos de vista acerca de la implementación de la robótica social como herramienta de apoyo en niños con autismo e identificar tanto las funciones como los movimientos que debe presentar el Robot Social que son de importancia y van a tener un papel relevante en el momento de la sensibilización en terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado; se realiza esta encuesta con terapeutas encaminados en este tipo de tratamientos con el fin de lograr identificar qué apoyo tecnológico se necesita para generar avances en esta etapa:

1. Autoriza usted el uso de su información para un previo análisis de datos:
 - A. Si
 - B. No

2. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el tratamiento de terapias de niños con autismo o TEA?
 - A. Entre 1 a 3 años
 - B. Entre 4 a 5 años
 - C. De 5 años en adelante

3. ¿En qué tipo de terapias tiene experiencia en niños con Autismo o TEA?
 - A. Terapia Conductual
 - B. Terapia del habla
 - C. Terapia Psicoeducativa
 - D. Todas las anteriores

E. Otra ¿Cuál? _____

- **Sensibilización:**

Entiéndase como la etapa en cual el terapeuta capta la atención del niño para poder dar inicio a la terapia y esta se pueda llevar a cabo con cada uno de los estándares establecidos con anterioridad.

4. Durante una terapia en la etapa de la Sensibilización ha presentado inconvenientes que disminuyan la eficiencia de la terapia:
 - A. Falta de tecnologías
 - B. Escases de material lúdico
 - C. Todas las anteriores
 - D. Otra, ¿Cuál?

5. Que es lo que se le dificulta a usted en el momento de la sensibilización en niños con autismo o algún TEA
 - A. Tiempos muy extensos
 - B. Captación de interés del niño
 - C. Falta de innovación
 - D. Todas las anteriores
 - E. Otra, ¿Cuál?

Robótica Social

Esta es una rama de la robótica la cual se encarga de poder ofrecer servicios de apoyo o de atención a necesidades humanas mediante robots que tengan la capacidad de acoplarse a la inteligencia social como herramienta que permita interacciones dadas en ámbitos de terapias las cuales incluyen la educación y el juego como se observa en la figura 1(Gutierrez,A.2017).



Figura 1. Interacción de un robot social con niños por medio de juego (Torras,C.2014)

Videos- Robótica Social en otros países

- <https://www.youtube.com/watch?v=GOUhLSVAXys>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=sKgGXilPf1Y>
6. Cree conveniente implementar el robot social en la etapa de sensibilización para terapias de TEA:
 - A. Si.
 - B. No.
 7. ¿En qué edades cree usted que es adecuado implementar el uso de Robots Sociales?
 - A. Entre 1 a 3 años
 - B. Entre 4 a 5 años
 - C. De 5 años en adelante
 8. Cree usted que el uso de una pantalla táctil con la cual el niño pueda interactuar (Tablet) es eficiente en el desarrollo de la etapa de sensibilización
 - A. Si.
 - B. No.
 9. ¿Qué tipo de movimientos que genere el robot pueden ayudar a mejorar la fase de sensibilización o encuadre?
 - A. Generación de expresiones faciales (Simulación de tristeza, felicidad y enojo)
 - B. Movimiento de ojos
 - C. Movimiento de brazos Adelante, arriba y abajo (Señalar objetos, saludar)
 - D. Todas las anteriores

E. Otra, ¿Cuál? _____

10. Qué tipo de sonidos (NO mayor a 50 decibeles(dB)) que genere el robot pueden ayudar a mejorar la fase de sensibilización:

- A. Saludos
- B. Juegos
- C. Indicaciones de acciones
- D. Narración de cuentos
- E. Todas las anteriores
- F. Otra, ¿Cuál?

Cierre

De antemano gracias por responder de manera honesta la encuesta anteriormente realizada, procederé a tabular y analizar cada una de las preguntas con el fin de poder implementarlas en el desarrollo del proyecto titulado: Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado.

Ley de Protección de Datos Personales: “La autorización suministrada en el presente formulario faculta a la alcaldía municipal de Cajicá para que dé a sus datos aquí recopilados el tratamiento señalado en la “Política de Privacidad para el Tratamiento de Datos Personales” el cual incluye, entre otras, el envío de información promocional, así como la invitación a eventos. El titular de los datos podrá, en cualquier momento, solicitar que la información sea modificada, actualizada o retirada de las bases de datos de la alcaldía municipal de Cajicá.

- A. Si
- B. No

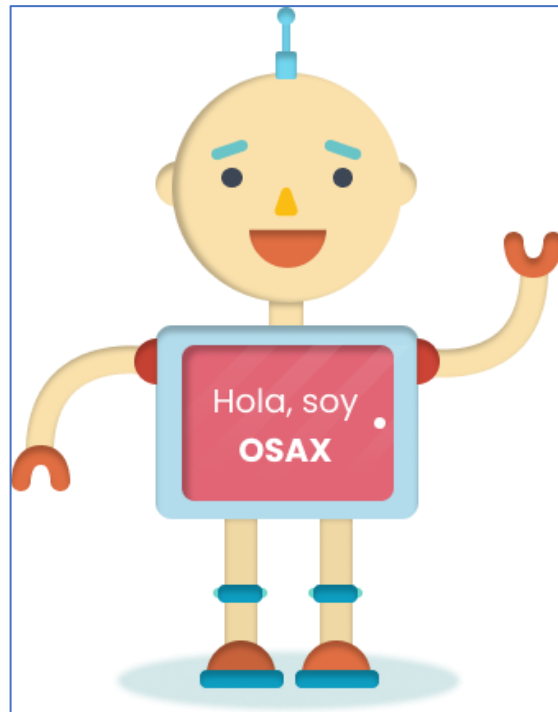
Anexo D. Encuesta bocetos para diseño de robot social

Presentación:

Mi nombre es Marilyn Daniela Rodríguez Jiménez actualmente me encuentro en el desarrollo de mi Proyecto de grado Titulado “**Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado en el Municipio de Cajicá, Cundinamarca**” para optar por el Título de Bioingeniera de la Universidad El Bosque con el acompañamiento del Dr. Mario Fernando Jiménez de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Universidad El Rosario, Bogotá, Colombia. Con el fin de permitir el mejoramiento en cuanto al desenvolvimiento y desarrollo en la calidad de vida de los niños y las familias e igualmente como una herramienta de apoyo continuo para el terapeuta basado principalmente en el modelo biopsicosocial.

1. Autoriza usted el uso de la información para un posterior análisis de datos:
 - A. Si
 - B. No

2. A continuación, se muestran **4 bocetos** de los cuales basado en uno de ellos se realizará la apariencia final del robot (se debe tener en cuenta que el boceto presenta una apariencia animada ya que al momento de llegar a la apariencia final se van a presentar unos cambios específicos ya que serán reemplazados por componentes electrónicos).
Teniendo en cuenta lo anterior según sus conocimientos cuál cree de estos diseños que sería el que captaría más rápido la atención del niño con Autismo y así mismo sus características son de mayor utilidad para la implementación de movimientos en la etapa de sensibilización:



- A. TOBOR
- B. ELY
- C. OSAX
- D. NORBI

Cierre

De antemano gracias por responder de manera honesta la encuesta anteriormente realizada, procederé a tabular y analizar cada una de las preguntas con el fin de poder implementarlas en el desarrollo del proyecto titulado: Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado.

Ley de Protección de Datos Personales: “La autorización suministrada en el presente formulario faculta a la alcaldía municipal de Cajicá para que dé a sus datos aquí recopilados el tratamiento señalado en la “Política de Privacidad para el Tratamiento de Datos Personales” el cual incluye, entre otras, el envío de información promocional, así como la invitación a eventos. El titular de los datos podrá, en cualquier momento, solicitar que la información sea modificada, actualizada o retirada de las bases de datos de la alcaldía municipal de Cajicá.

- A. Si
- B. No

Anexo E. Encuesta sobre etapa de sensibilización a terapeutas

Presentación:

Mi nombre es Marilyn Daniela Rodríguez Jiménez actualmente me encuentro en el desarrollo de mi Proyecto de grado Titulado **“Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado en el Municipio de Cajicá, Cundinamarca”** para optar por el Título de Bioingeniera de la Universidad El Bosque con el acompañamiento del Dr. Mario Fernando Jiménez de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Universidad El Rosario, Bogotá, Colombia. Con el fin de permitir el mejoramiento en cuanto al desenvolvimiento y desarrollo en la calidad de vida de los niños y las familias e igualmente como una herramienta de apoyo continuo para el terapeuta basado principalmente en el modelo biopsicosocial.

Introducción:

Con el fin de obtener información de fuentes primarias sobre los diferentes puntos de vista acerca de la implementación de la etapa de sensibilización de niños con TEA (trastorno del espectro autista) con el fin de implementar un robot social como herramienta de apoyo.

1. Autoriza usted el uso de su información para un previo análisis de datos:
 - A. Si
 - B. No

2. ¿Considera importante realizar la etapa motivacional o de sensibilización en los niños con TEA?
 - A. SI
 - B. NO

3. ¿Cuánto tiempo dura usted aproximadamente realizando la etapa de sensibilización en el niño con TEA?:
 - A. De 0 A 30 minutos.
 - B. De 30 a 60 minutos.
 - C. Más de 60 minutos.

4. ¿Cuáles considera usted que son los principales inconvenientes en el desarrollo de la etapa de sensibilización?:
 - A. Falta de tecnologías

- B. Escases de material lúdico
- C. Apoyo de padres de familia
- D. Tiempos muy extensos.

5. ¿Qué acciones realiza usted con anterioridad al momento de las estepas de sensibilización de los niños TEA?

- A. Consulta con respecto al gusto evidente en cada uno de los niños a sus padres.
- B. Análisis a cada niño para definir un plan de actividades.
- C. Identificar comportamientos para hallar maneras de sensibilización.
- D. Todas las anteriores.

Cierre

De antemano gracias por responder de manera honesta la encuesta anteriormente realizada, procederé a tabular y analizar cada una de las preguntas con el fin de poder implementarlas en el desarrollo del proyecto titulado: Desarrollo de un robot social como herramienta de apoyo en la etapa de sensibilización para terapias psicoeducativas de niños con autismo regresivo moderado.

Ley de Protección de Datos Personales: “La autorización suministrada en el presente formulario faculta a la alcaldía municipal de Cajicá para que dé a sus datos aquí recopilados el tratamiento señalado en la “Política de Privacidad para el Tratamiento de Datos Personales” el cual incluye, entre otras, el envío de información promocional, así como la invitación a eventos. El titular de los datos podrá, en cualquier momento, solicitar que la información sea modificada, actualizada o retirada de las bases de datos de la alcaldía municipal de Cajicá.

- A. Si
- B. No