

**DISEÑO DE UN ROBOT SOCIAL PARA EL APOYO A TERAPIAS CON NIÑOS CON
TEA: APLICACIÓN DEL DISEÑO PARTICIPATIVO INTEGRANDO LA COMUNIDAD EN
EL PROCESO DE INGENIERÍA**

CRISTIAN CAMILO BOLIVAR HUERTAS

Trabajo Dirigido

Tutor

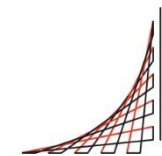
Ing. Carlos Andrés Cifuentes García PhD

Co-Tutor

Bioing. Marcela Muñera Ramírez PhD



**Universidad del
Rosario**



**ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C
2019**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme avanzar y por estar a punto de culminar esta etapa llamada "universidad". A mi padre Nelson Bolívar, mi madre Carolina Huertas quienes con sus enseñanzas, amor, apoyo, comprensión y motivación me impulsaron siempre que necesitaba de ellos durante la carrera.

A mi hermana Sara Bolívar que es mi motivación y algún día quiero ser el ejemplo para ella, a mis familiares que de alguna otra manera han aportado su granito de arena para terminar la carrera.

Un agradecimiento especial a mi hermano que está en el cielo y se convirtió en un ángel de la guardia para mí y el de mi familia, quiero agradecer a todas las personas que me encontré y me ayudaron para ser mejor persona, en especial a Margarita Bautista y Catalina Malagón que sin importar las circunstancias me han apoyado y ayudado cuando me tropiezo.

Quiero agradecer al proyecto CASTOR, a la empresa Tejidos de Sueños, a la clínica Howard G por permitirme realizar el Trabajo dirigido y adquirir conocimientos en el área de la rehabilitación, también al centro e investigación un Biomecatronica por la colaboración cuando siempre lo necesite, y por ultimo a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, profesores y demás colaboradores que contribuyeron durante el desarrollo de las carrera.

RESUMEN

En América Latina existe una gran variedad de patologías susceptibles a rehabilitación, cada vez más se están explorando nuevas estrategias para mantener y rehabilitar la capacidad funcional de ciertas estructuras. El trastorno autista (TEA) es un desorden neurobiológico que se desarrolla durante los primeros años de vida y perdura a lo largo de la vida de quienes son diagnosticados, los pacientes con TEA presentan deficiencias en las siguientes áreas: deterioro en la interacción social, comunicación y comportamientos repetitivos [1]. Sin embargo una detección temprana, una adecuada estimulación combinada con conocimiento de las áreas de la salud, metodologías y herramientas innovadoras van a permitir que el paciente con TEA sea más autónomo y participativo en la sociedad.

En países en desarrollo como Colombia el sistema de salud cuenta con notables limitaciones en la detección y tratamiento del TEA, mientras que en países desarrollados se han conseguido prometedores resultados realizando intervenciones con robots sociales en el tratamiento del TEA, sin embargo en países en desarrollo los costos de importación y mantenimiento hacen inviable la implementación de esta tecnología en la clínica práctica. En este contexto, el proyecto CASTOR, (CompliAnt SofT Robotics) financiado por el programa "Industry Academia Partnership Programme - 17/18" de la Academia Real de Ingeniería del Reino Unido, pretende desarrollar tecnologías robóticas compatibles con la realidad de los escenarios terapéuticos con niños con TEA en Colombia, combinando la experiencia de la Escuela Colombiana de Ingeniería y la Universidad de Plymouth, junto con el apoyo de dos empresas: Tejidos de sueños (Medellín) y Fieldwork Robotics (Reino Unido).

El presente trabajo de grado está enfocado en el diseño, validación y primeras intervenciones con niños y su entorno en el contexto del proyecto CASTOR. La plataforma está diseñada para niños entre las edades entre dos y trece años que estén diagnosticados con TEA, se está implementando una metodología participativa para el diseño de la caracterización física del robot, este proceso se encuentra en la etapa de selección del diseño definitivo que se representa por medio de un boceto que le dará la apariencia física al robot.

Inicialmente se realizó una encuesta a los terapeutas de la clínica Howard G. Para evaluar la percepción de la actividad de sensibilización con el robot Ono, allí se tuvieron en cuenta aspectos del robot como lo son el manejo de la terapia y el comportamiento del niño(a) durante la sesión.

Para la selección del boceto se han realizado actividades en la clínica con los padres, terapeutas y niños, mediante grupos focales y encuestas, las actividades están diseñadas según cada participante. La selección empezó con 61 bocetos y en la primera etapa se redujo a 44, posteriormente con una encuesta en línea se redujo a 9 bocetos y en la actualidad restan tres bocetos, con estos bocetos se realizará un modelo 3D para la etapa final.

De las actividades realizadas se obtuvieron resultados positivos junto con la aceptación e integración de la comunidad en el diseño participativo. Como resultado específico del

diseño, los padres y terapeutas prefieren un aspecto humano para el robot, mientras los niños muestran una inclinación por el aspecto de robot futurista o un personaje fantástico, para minimizar esta diferencia se ha pensado en diseñar objetos extras (cachuchas, disfraces, gafas, entre otros) con el objetivo de hacer que el robot sea del gusto de los terapeutas, padres y niños.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Motivación	10
1.2 Trabajos relacionados	11
1.3 Trabajo preliminar del Proyecto CASTOR	18
1.3.1 Intervención para validar la interacción con el robot Ono	24
1.4 Contribuciones.....	25
2. OBJETIVOS	26
2.1. General.....	26
2.2. Específicos	26
3. METODOLOGÍA	27
3.1 Evaluación de percepción en la interacción del Robot social con niño con TEA	27
3.2 Etapa inicial de la selección del boceto (encuesta en línea)	27
3.3 Segunda etapa de selección del boceto (protocolo con los niños)	29
3.3.1 Actividad de ranking.....	29
3.3.2 Asociación de adjetivos.....	30
4. RESULTADOS	31
4.1 Resultados de la percepción de la interacción del Robot Ono y Kinect.....	31
4.1.1 Robot	31
4.1.2 Protocolo	34
4.1.3 Niño(a)/paciente.....	36
4.2 Resultados etapa inicial (encuesta en línea).....	38
4.3 Resultados segunda etapa (actividades con los niños(as)).....	40
5. DISCUSIÓN.....	42
5.1 Encuesta de percepción de los terapeutas a la intervención del robot en la clínica	42
5.1.1 Robot.....	42
5.1.2 Protocolo	43
5.1.2 Niño(a)/Paciente	43
5.2 Etapa inicial de la selección del boceto (encuesta en línea)	43
5.3 Segunda etapa de la selección del boceto (actividad con los niños).....	44
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	46
7. CONCLUSIONES	47
REFERENCIAS	48

ANEXOS..... 49

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del estudio con Ono.

Tabla 1. Puntaje de la encuesta por categoría de los bocetos.

Tabla 2. Resultados individuales de cada boceto.

Tabla 3. Resultados de asociación de adjetivos de cada boceto.

INDICIE DE IMÁGENES

Figura 1. Robot humanoide NAO.

Figura 2. Etapas del proceso de diseño utilizando en el robot “Haru”.

Figura 3. Robot Darwinop utilizado en terapia musical.

Figura 4. Robot Probo.

Figura 5. Robot Nao desarrollando una terapia.

Figura 6. Robot ONO: a) distribución de los módulos del robot; b) caracterización física del robot.

Figura 7. Robot Kaspar: a) diseño del robot con rostro humano; b) diseño del robot con apariencia humana; c) Kaspar realizando una actividad.

Figura 8. Kaspar en el desarrollo de una intervención.

Figura 9. Esquema general del diseño participativo utilizado en el proyecto CASTOR.

Figura 10. Actividades realizadas en el proyecto CASTOR.

Figura 11. Resultados de la actividad de priorización.

Figura 12. Poster diseñado para mostrar los avances en las clínicas.

Figura 13. Intervención con el robot ONO en la clínica.

Figura 14. Reconocimiento facial de las cámaras durante la intervención.

Figura 15. Algunos bocetos diseñados por Tejidos de Sueño.

Figura 16. Actividad con los niños, en la parte (a) y (b) los niños están realizando la tarea de dibujar su boceto preferido.

Figura 17. (a): acompañamiento del terapeuta en la actividad ; (b) el niño esta pintado los bocetos seleccionados por el.

Figura 18. Gráfica de participación de los terapeutas en la intervención.

Figura 19. Porcentaje del numero de respuestas del manejo del robot durante la terapia.

Figura 20. Porcentaje del número de respuestas de las características físicas adecuadas del robot.

Figura 21. Porcentaje del número de respuestas al aspecto físico que mejoraría del robot.

Figura 22. Porcentaje del número de respuestas de las características funcionales adecuadas del robot.

Figura 23. Porcentaje del número de respuestas al aspecto funcional que mejoraría del robot.

Figura 24. Porcentaje del número de respuestas al tiempo de uso del robot.

Figura 25. Porcentaje del número de respuestas a aspectos positivos de la intervención del robot.

Figura 26. Porcentaje del número de respuestas a aspectos negativos de la intervención del robot.

Figura 27. Porcentaje del número de respuestas a la actitud del niño(a) en la terapia.

Figura 28. Porcentaje del número de respuestas al comportamiento del niño(a) durante las terapia

Figura 29. Porcentaje del número de respuestas del desempeño del niño durante la terapia.

Figura 30. Porcentaje del número de respuestas cuando el niño genero contacto visual.

Figura 31. Bocetos más calificados de la encuesta en línea.

Figura 32. Bocetos elegidos de la encuesta en línea aplicada a la comunidad autista.

Figura 33. Gráfica de resultados de la actividad ranking.

Figura 34. Gráfica de resultados de la actividad de asociación de adjetivos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es un desorden neurobiológico que se produce durante el desarrollo del niño(a) en los primeros años de vida y perdura a lo largo de la vida de quien lo padece [2]. La estadística de mayor prevalencia de autismo en el mundo dice que 4.5 de cada 10.000 niños padecen este trastorno [3], esta estadística se basa en estudios realizados en Estados Unidos e Inglaterra. Las personas con TEA presentan un amplio espectro de dificultades y habilidades, todos los individuos diagnosticados con TEA muestran deficiencias en las siguientes áreas: deterioro cualitativo en la interacción social, comunicación, patrones de comportamientos repetitivos y estereotipados restringidos [4]. El diagnóstico autista se define por criterios de diagnóstico específicos, los cuales se encuentran en el DSM-IV (Manual de diagnóstico y estadístico de trastornos mentales, asociación americana de psiquiatría, 1994) [2].

El TEA se caracteriza por tres síntomas principales, el primero de ellos puede ser el más significativo ya que se refiere a la interacción social, viéndose esta muy afectada. Cuando se compara un niño(a) con autismo y un niño(a) con un desarrollo normal se puede observar que el niño(a) con autismo presta más atención a objetos como juguetes o figuras e interactúa muy poco con otras personas [5]. La falta de interacción social tiene consecuencias muy graves en los niños(as), sobre todo en el área de habilidades sociales ya que estas son casi nulas, en ocasiones comentarios negativos por parte de otros niños(as) o de adultos genera que el niño(a) decida evadir algunas actividades que impliquen interacción con otras personas [6]. El segundo síntoma es el deterioro de la comunicación en un 30% [5], llegando a tener modales atípicos, un ejemplo de esto es la tendencia a imitar el habla del locutor en vez de formar sus propias oraciones. Y por último el tercer síntoma es la presencia de comportamientos repetitivos como movimientos con las manos, girar en círculos o en los peores casos conductas agresivas con la gente o autolesivas [5].

En Colombia la Liga Colombiana de autismo (LICA), estima que 1 de cada 110 niños tiene autismo [7]. Leo Kanner M.D. fue el primero en identificar un grupo de niños que mostraban extrema abstinencia y dificultad en el desarrollo de relaciones sociales cotidianas, él se refirió a esta condición como “autismo infantil temprano” [8] diciendo que con estas características los niños no tendrán un desarrollo normal durante las diferentes etapas de la niñez [4]. Con los estudios realizados enfocados a terapias de los niños(as) con TEA se evidenció que el niño(a) con TEA es único, es decir que no hay dos con este trastorno que tengan las mismas características [8].

La Interacción Humano-Robot (IHR) es un campo muy prometedor en el apoyo a pacientes, implementándolo en intervenciones terapéuticas en el área de la salud. Este campo cuenta cada vez con más interés por parte de investigaciones en el área de la robótica de asistencia social (RAS) [6], según la Real Academia Española un robot es “una máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones donde antes solo se podían realizar por personas” [8].

Un robot de asistencia social (RAS) tiene la capacidad de crear un vínculo con una persona [9], su objetivo principal es poder simular la comunicación humano-humano de manera natural con acciones como reconocer a la persona y sus gestos, el habla y hasta emociones humanas [10]. Las investigaciones sobre los robots de asistencia social están creciendo día a día, caracterizados por estar diseñados para apoyar a los pacientes en diferentes intervenciones terapéuticas en el área de la salud, donde es importante destacar que se han logrado intervenciones en terapias para niños, ancianos, pacientes con accidentes cerebrovasculares y enfermedades cardíacas [7].

Actualmente en la sociedad ciertos casos necesitan atención prioritaria en rehabilitación, como en el caso de poblaciones con necesidades especiales como por ejemplo niños(as) con TEA [7], personas con obesidad o sobre peso y aquellos que padecen enfermedades crónicas como diabetes tipo II, entre otras patologías [11]. Con lo anterior nace un nuevo objetivo en la robótica de asistencia social, el cual consiste en mejorar la calidad de vida de las personas, convirtiéndose en una herramienta de ayuda para los terapeutas en cada sesión con el paciente. Con el uso eficaz de la tecnología de RAS en personas con alguna necesidad especial se puede obtener resultados efectivos en rehabilitación [8][12][13], por ejemplo el robot Humanoide NAO (Figura 1) hizo parte de un estudio de autismo en que se realizaron una serie de clases a ocho niños, el estudio concluyó que las personas que sufren de TEA respondieron favorablemente a la presencia e interacción con el robot y notaron que los niños mostraban una mejora en el aprendizaje [8].



Figura 1. Robot humanoide NAO [7].

1.2 Trabajos relacionados

Para el diseño de nuevas tecnologías en RAS algunos proyectos como (Kaspar, ONO, Haru, entre otros) [1] [10] [14] involucraron grupos interdisciplinarios donde incluyeron

diseñadores, intérpretes, dibujantes, entre otros, con el objetivo de crear robots enfocados en RAS [14].

En este contexto, el robot “Haru” es un proyecto experimental para la interacción Humano-Robot, el cual cuenta con una particularidad, ya que para el desarrollo de este proyecto se utilizó una metodología de “diseño participativo” (DP) [14]. Esta metodología se utiliza para facilitar la participación de personas (usuarios) en las diferentes fases del proceso de diseño de un robot, es por ello que desde estudios de ciencia y tecnología (STS siglas en inglés) se discute hasta donde debe ser la participación y el impacto público [15].

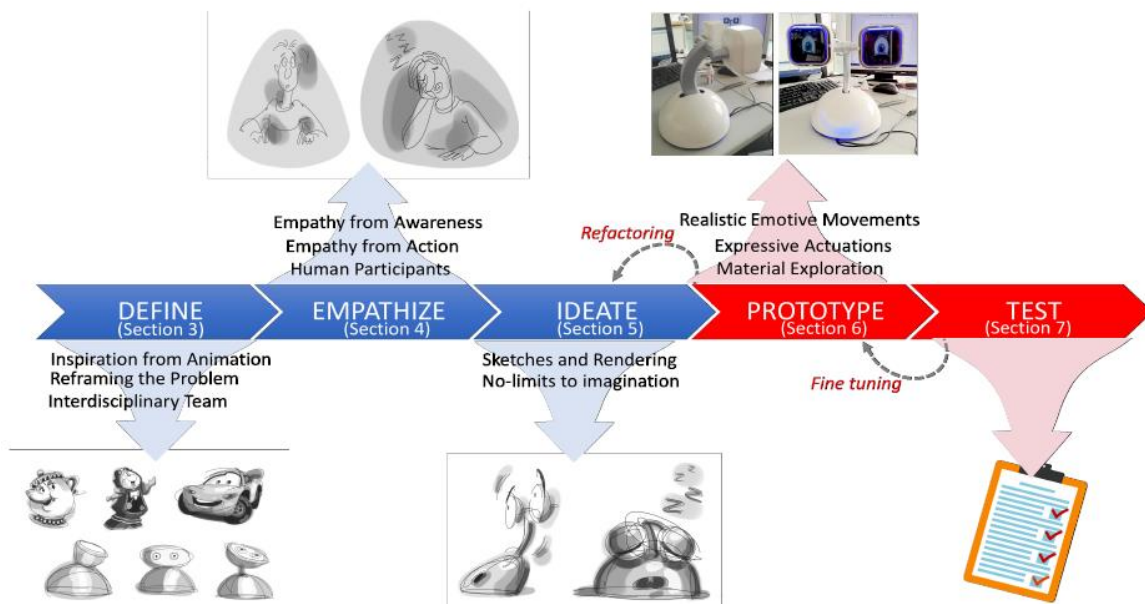


Figura 2. Etapas del proceso de diseño utilizando en el robot “Haru” [14].

En la Figura 1 se observa el proceso de la metodología utilizada para el diseño del robot Haru, donde se optó por un proceso de pensamiento reflexivo, acción productiva, seguimiento responsable y replanteamiento constante. Cada ciclo de la metodología de diseño participativo se basa en la comprensión obtenida del ciclo anterior, “DEFINE” es donde el diseño empieza con una lluvia de ideas con el fin de obtener diferentes diseños de bocetos, estos bocetos le darán forma física al robot, en “EMPATHIZE” se desarrolla un intercambio de ideas con el objetivo de saber que están pensado y sintiendo los usuarios, en “IDEATE” se obtienen los datos de lo que quieren los usuarios se pueden realizar modificaciones a los diseños establecidos para dejar un solo boceto para el prototipo del robot este proceso se llama “PROTOTYPE” [14]. Este tipo de metodología de DP se está implementado cada vez más en proyectos que desarrollan robots en el área de RAS debido a que los pacientes perciben que están más involucrados y cuentan con ellos durante el desarrollo del proyecto [6] [7] [14].

El éxito de las terapias de rehabilitación está directamente relacionado al tipo de terapia que se practique y al compromiso del paciente con la terapia [11], debido a que la rehabilitación se basa en que el paciente complete una cantidad significativa de ejercicios dirigidos por el terapeuta durante la sesión de terapia, si el paciente no completa los ejercicios durante la sesión es muy poco probable que el proceso de rehabilitación sea eficiente [16]. Al utilizar RAS se espera que los pacientes mejoren el aspecto de compromiso y logren culminar las sesiones de terapia para que el proceso de rehabilitación sea eficaz [11].

En los últimos años ha ido incrementando la investigación y el desarrollo de tecnologías para niños con TEA, con las cuales se practican diferentes clases de terapias: terapia de música, arte, juego, integración sensorial e hidroterapia [6] [12]. Por ejemplo el robot Darwinop (Figura 3) hizo parte de un estudio de autismo, donde utilizaron un computador, un xilófono y una cámara para grabar la terapia, la cual consista en que el robot imitaba al niño cuando él estaba jugando con el xilófono, las sesiones se repitieron varias veces para que el niños fuera conociendo poco a poco al robot. El estudio concluyó que los niños con TEA desarrollaron más habilidades sociales y de comunicación [12].



Figura 3. Robot Darwinop utilizado en terapia musical [11].

Durante la terapias los terapeutas necesitan mediadores debido que los niños(as) con TEA tienen problemas de concertación o en algunos casos sienten miedo a ser rechazados, por esta razón y la necesidad de aumentar la participación de los niños, se está implementado el uso de robots en terapias con niños con TEA y convirtiéndose en una potencial solución

[12] [8]. A continuación se mostrarán algunos de los robots más utilizados en estudios en el área de la robótica social para niños(as) con autismo.

Probo (Figura 4) es un robot fabricado por Vrije Universiteit Brussel, tiene más de 20 grados de libertad en su cabeza, todos los motores tienen un resorte en serie (serie elástica, SEA), que en caso de colisión sus propiedades elásticas no permitirán que se dañe, el robot está equipado con sensores, cámaras digitales, micrófonos, sensores táctiles debajo de la piel y una pantalla táctil en la parte superior. Probo ha participado en muchas investigaciones en el área de robótica social, un ejemplo es el estudio realizado con dos niños y dos niñas con TEA donde la terapia consistía en enseñarle a los niños(as) a compartir sus juguetes con otros niños, evaluando la habilidad social de los niños(as). El estudio concluyó que en general los 4 niños(as) desarrollaron la habilidad social e incluso algunos aprendieron a decir “gracias” [17], cada vez son más los estudios que demuestran que los robots son de gran ayuda en las terapias.

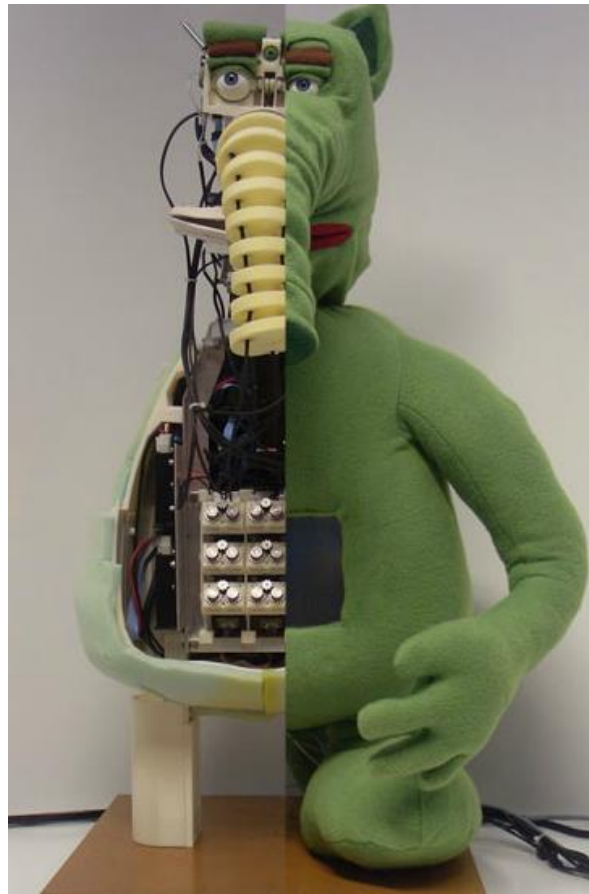


Figura 4. Robot Probo [17].

Nao es un robot humanoide fabricado por Aldebaran Robotic, es uno de los robots más avanzados y comerciales, cuenta con un sistema multimedia a bordo basado en Linux, incluyendo cuatro micrófonos (para el reconocimiento de voz y la localización del sonido), dos altavoces (para la síntesis de texto a voz) y dos cámaras de alta definición (para la visión artificial, como el reconocimiento facial y de formas). Además contiene con un software para ser programado [13]



Figura 5. Robot Nao desarrollando una terapia [12]

Nao es utilizado con fines investigativos y de aprendizaje, teniendo un sin número de estudios en RAS, debido a esto Nao ha sido utilizado en intervenciones con niños(as) autistas. Un estudio donde un grupo de niños diagnosticados con TEA participaron en varias sesiones de terapia con Nao (Figura 5), estas sesiones se dividieron en 5 partes:

1. Introducción entre el niño y el Nao
2. Preguntas al niño por parte del robot (¿Cómo te llamas?, ¿Cuántos años tienes?, entre otras)
3. Movimiento con las manos por parte del robot
4. Cantar una canción y parpadeo de los ojos por parte del robot
5. Cantar una canción y mover las manos por parte del robot

Cada etapa de la terapia tenía una duración de 2.9 minutos, donde se evaluaron las habilidades sociales y de comunicación, concluyendo que el niño era capaz de concentrarse rápidamente cuando el robot hacía movimientos y cantaba canciones, también observo que el niño tenía más contacto visual cuando interactuó con el robot [8] [13].

Ono (Figura 6. (b)) es un robot diseñado por el departamento de robótica de la universidad de Bruselas, Bélgica, es utilizado en robótica de asistencia social [9] y gracias a su hardware y software libre se puede adaptar a las necesidades de los investigadores [10].

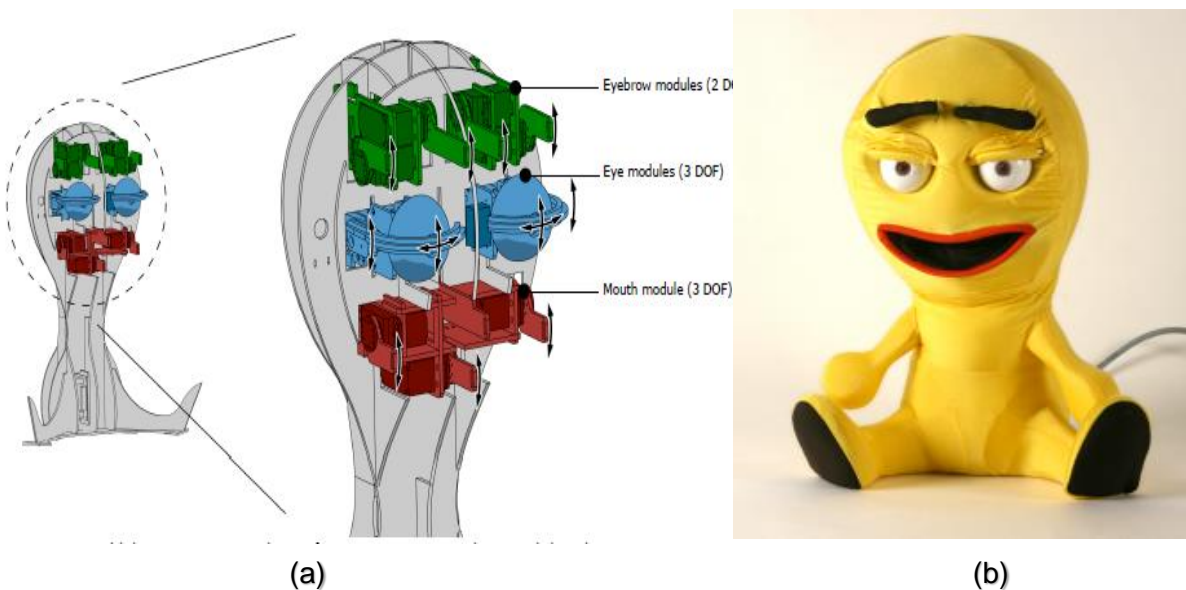


Figura 6. Robot ONO: a) distribución de los módulos del robot; b) caracterización física del robot [14].

Este robot tiene muchas ventajas debido a la forma en que está construido, está dividido en subunidades funcionales (Figura 6. (a)), debido a esto se puede reparar fácil y rápido, los materiales del Ono son componentes estandarizados y fáciles de realizar en impresoras 3D [10]. La cara cuenta con 13 grados de libertad para lograr mostrar gestos faciales, está cubierta con una suave espuma y piel textil con el fin de lograr una apariencia suave y acogedora para los niños(as) y de proteger los componentes internos. La cabeza es grande con el objetivo de que los niños noten las expresiones faciales y la posición de sentado mejora la estabilidad. Para lograr expresiones faciales cada módulo posee actuadores relacionados, se divide en 2 módulos para los ojos, 2 módulos para la cejas y 1 módulo para la boca [9].

Ono ha participado en diferentes intervenciones con niños con TEA. Por ejemplo un estudio para evaluar el uso del Ono en una terapia asistida, fue realizado en Rumania, este estudio fue realizado con 5 niños con TEA con edades entre 3 a 10 años. La terapia consistió en que el niño tenía que identificar la emoción que estaba expresando el robot, también se les pidió que imitaran las expresiones faciales y finalmente tuvieron un tiempo libre para interactuar con el robot [9].

El estudio concluyó (Tabla 1) que todos los niños intentaron crear una comunicación con el robot, también la mayoría de los participantes interactuaron con él abrazándolo,

	Imitación	Tocar	Interacción verbal	Tiempo
Niño 1	11	70	25	3.08s/4.16s
Niño 2	0	4	15	2.10s/3.46s
Niño 3	0	9	5	2.43s/9.43s
Niño 4	7	13	3	2.09s/1.29s
Niño 5	0	0	40	0.23s/2.55s

Tabla 1. Resultados del estudio con el Ono [9].

acariciándolo y tocando su cara. estos resultados demuestran que los niños reaccionan positivamente frente a las intervenciones con el robot [9].

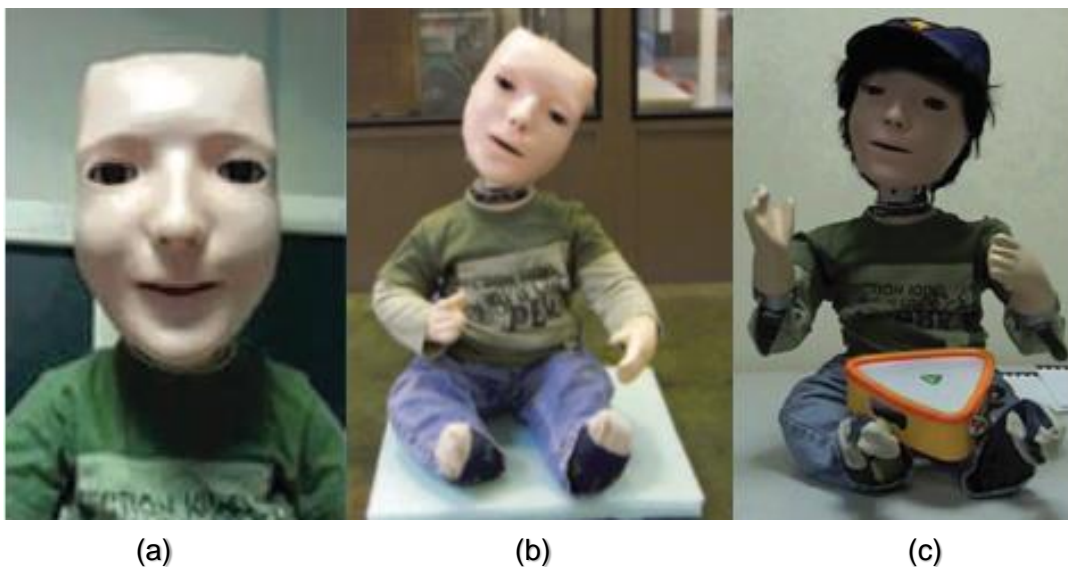


Figura 7. Robot Kaspar: a) diseño del robot con rostro humano; b) diseño del robot con apariencia humana; c) Kaspar realizando una actividad [15].

Kaspar (Figura 7 (b)) es un robot humanoide diseñado por la universidad de Hertfordshire en el Reino unido, su aspecto físico está inspirado en comics y teatro japonés, debido a su tamaño infantil es una herramienta para ser un compañero social.

Kaspar tiene la facilidad de hacer muchos movimientos parecidos a los de un humano debido a los motores que hacen la tarea de articulaciones para generar movimiento. Kaspar actúa como un mediador social, ayudando a los niños a interactuar mejor y comunicarse con los adultos, ayuda a los niños a explorar emociones básicas, también responde al tacto utilizando sensores en sus mejillas (Figura 7 (a)), brazos, cuerpo, manos y pies. El robot ha

participado en varios escenarios de juegos interactivos para ayudar a los niños aprender habilidades sociales fundamentales, por ejemplo Kaspar fue utilizado en una intervención que consista en que los niños podían interactuar libremente con el robot es decir podían abrazarlo, tocarle la cara, cambiar sus prendas de vestir, entre otras. Los resultados de esta intervención fueron positivos, los niños interactuaron con el robot (Figura 8) abrazándolo y tocándolo, ya sea en las mejillas, brazos y manos [1]. Gracias a las nuevas tecnologías en robótica de asistencia social se puede ayudar a la población que necesite ser rehabilitada con proyectos nombrados anteriormente



Figura 8. Kaspar en el desarrollo de una intervención [13].

1.3 Trabajo preliminar del Proyecto CASTOR

Como trabajo preliminar a este trabajo de grado el proyecto CASTOR implementó una metodología de diseño participativo donde incluyeron la participación de niños, entre edades de dos y trece años que estén diagnosticados con TEA (incluyendo trastorno generalizado del desarrollo, no especificado de otra manera, síndrome de Asperger, autismo o TEA), ninguno de estos niños tiene deficiencias auditivas o visuales graves [7]. También incluyó a padres, terapeutas y cuidadores de niños con TEA se incluyen a este grupo para crear un vínculo de toda la comunidad autista.



Figura 9. Esquema general del diseño participativo utilizado en el proyecto CASTOR.

En la Figura 9 se observan el proceso que se utilizó en el diseño participativo del robot, este proceso está dividido por diferentes etapas:

- **Sensibilización:** La fase de sensibilización tiene como objetivo divulgar la información y objetivos del proyecto a la comunidad TEA y también permite a los integrantes del grupo CASTOR aprender y saber más sobre las necesidades en las terapias de los niños con TEA, además de experiencias de los padres y terapeutas. Esta fase se desarrolló en tres pasos, el primero consistió en realizar una campaña de expectativas basado en las visitas en la clínica, el segundo paso se basa en una demostración no estructurada de un robot y por último en el tercer paso se realizó una presentación del proceso de diseño participativo acompañado de un taller y una reunión social.
- **Necesidad de la población:** Esta etapa se diseñó con el fin de permitir un espacio para compartir experiencias interactivas entre los investigadores y la comunidad, se realizaron una serie de preguntas donde los participantes pudieron discutir las respuestas en pequeños grupos, también se delegó a un miembro del equipo CASTOR para desempeñar el papel de moderador, se le preguntó a los participantes como se imaginan las intervenciones con el robot y es el intermediario para contestar inquietudes que tengan los participantes.
- **Intervenciones con los pacientes:** La clínica Howard Garden participó activamente en las decisiones durante el proceso de diseño participativo, se diseñaron actividades simples, de acuerdo a la condición de los participantes se realizaron actividades con seis tarjetas donde cada una contaba con imágenes o referencias de robots usados comúnmente en terapias de ASD, siendo divididos según sus características (antropomorfo, biométricos) realizándolo en 3 etapas. En la primera etapa, se le hizo seleccionar entre dos tarjetas de robots según la anterior clasificación, pidiéndole que escogiese la que más le gustara, obteniendo una nueva clasificación. Para la segunda etapa, las tarjetas se colocaron nuevamente frente al niño, en esta ocasión las tarjetas representaban los adjetivos a través de emoticones como: lindo, feo, héroe, villano, amable y temido, viendo su reacción respecto a cada tarjeta, buscando cualquier asociación o sentimiento que pudiera tener para cada robot. Y para la tercera etapa, el terapeuta presentó al niño las tarjetas con la modificación estética de tres robots (Kaspar, Probo y Leka), con la intención de conocer las preferencias del niño sobre las características específicas del robot.
- **Validar y ratificar:** Se desarrolló un cuestionario para ratificar y validar los hallazgos de las fases anteriores, los cuestionarios fueron distribuidos en la clínica Howard Garden y a otras instituciones colombianas especializadas de TEA, el cuestionario tenía preguntas sobre características del robot, características físicas y preguntas abiertas sobre el papel que tuvo el robot en la intervención [6].

El grupo CASTOR decidió implementar el método participativo descrito anteriormente. Se dispusieron en las diferentes clínicas buzones donde padres o personas interesadas pueden dar sugerencias sobre el aspecto físico del robot. Por otro lado se formaron 4 grupos focales, 2 de padres y 2 de terapeutas para desarrollar las actividades propuestas en cada fase del diseño participativo. Las actividades fueron supervisadas por un psicólogo designado previamente por la clínica, cada actividad tuvo una duración de aproximadamente 20 minutos, las cuales fueron monitoreadas por video, audio y registro fotográfico, con el fin de analizar las reacciones de los participantes durante todo el proceso de diseño. Por cada niño su acudiente diligenció un consentimiento informado.



Figura 10. Actividades realizadas en el proyecto CASTOR [5].

En la Figura 10 se observan algunos registros fotográficos de las fases del diseño participativo, en la actividad de **contextualización** se realizó introducción al proyecto CASTOR y se explicó el objetivo de la robótica social RAS. En el **collage** se hicieron diferentes dibujos en 2D de como los participantes imaginan el robot ideal, los niños junto a su acudiente realizaron el **diseño del robot** con materiales reciclables en 3D. Por último, en la actividad de **priorización** se eligieron que aspectos físicos eran importantes para el diseño del robot [6].

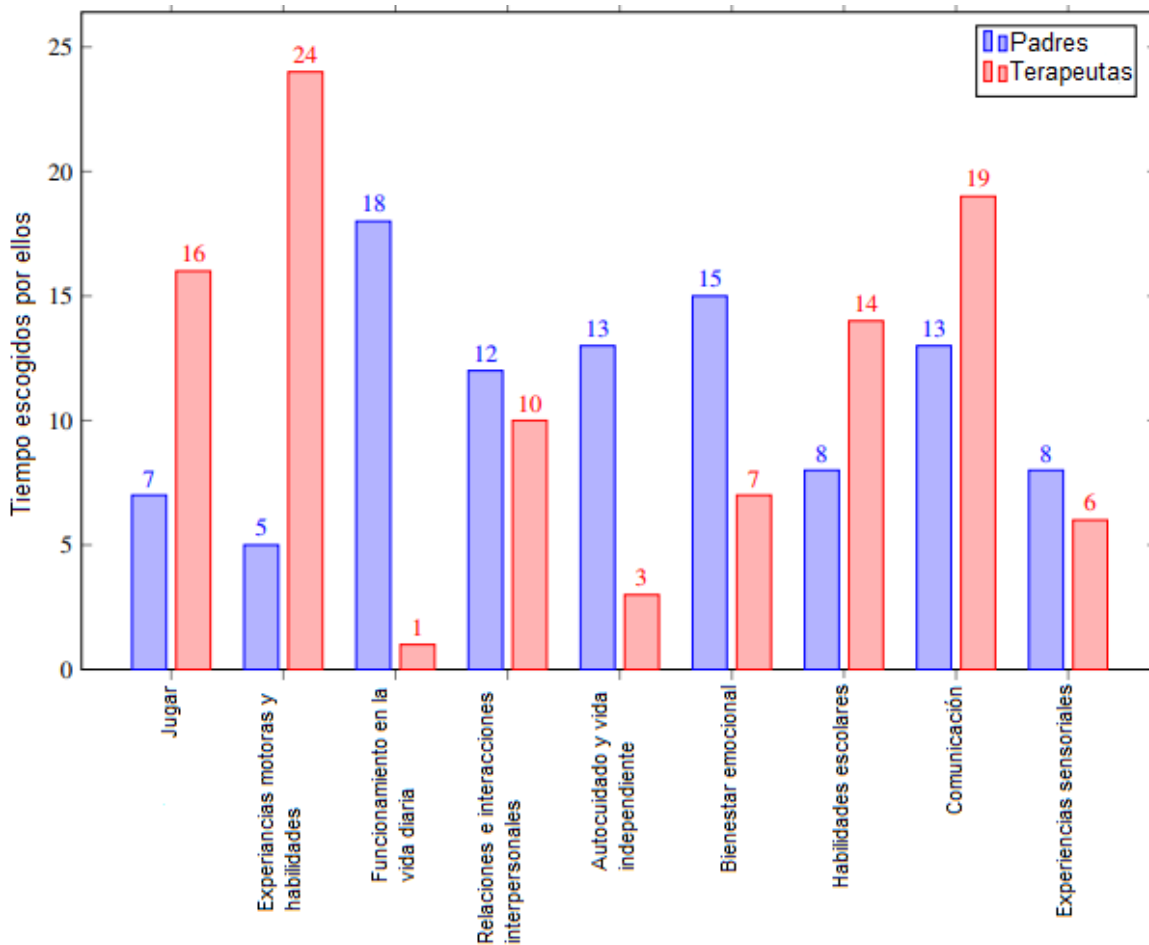


Figura. 11 Resultados de la actividad de priorización [5].

En la Figura 11 se pueden observar los aspectos más importantes de la actividad de priorización, donde los padres y terapeutas fueron participantes dando sus votos. En primer lugar los padres escogieron funcionamiento de la vida diaria, es decir fortalecimiento en actividades como cruzar la calle o tomar el transporte público. En segundo lugar se eligió el bienestar emocional y como últimos parámetros se dejaron el autocuidado, la vida independiente y la comunicación. Los terapeutas eligieron experiencias motoras y habilidades como la actividad más importante a desarrollar y en segundo lugar la comunicación.

De estos resultados se puede destacar que el aspecto que generó mayor desacuerdo entre los padres y terapeutas fue el funcionamiento en la vida diaria. En la discusión sobre la estética del robot se generaron grandes hallazgos, por ejemplo todos los participantes consideraron que el robot debería tener luces de colores, diferentes texturas, botones, pantallas, micrófono y altavoces para permitir la comunicación multimodal. Los participantes afirmaron que el robot debería tener una apariencia más humana para permitir que el niño con TEA identifique al robot como un compañero.

Con la implementación del proceso de DP se logró establecer una forma natural de entender las expectativas de la comunidad, cuando iniciaron las actividades todos los participantes tenían altas expectativas sobre el diseño del robot y de las capacidades que el robot tendría, por ejemplo los participantes afirmaron que deseaban una herramienta que mejorara la comunicación y la interpretación de los sentimientos de los niños [6].

En el semestre II del 2018 se diseñó un poster ver Figura 12 con el objetivo de mostrar los avances y resultados de las actividades durante el proyecto. El poster tenía los resultados del grupo de padres y terapeutas e imágenes de los niños con los diseños del robot. Integrantes del grupo CASTOR fueron a las clínicas a socializar el poster y hacer acompañamiento.

1.3.1 Intervención para validar la interacción con el robot Ono

Se realizó una actividad de sensibilización en las dos sedes de la clínica Howras Garden, consistió en hacer una intervención con el robot Ono (Figura 13) diseñado en la Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito. Para realizar la intervención se utilizó una interfaz, dos Kinects, video cámara y el robot.



Figura. 13 Intervención con el robot ONO en la clínica.

La intervención se desarrolló con el objetivo de validar un sistema de cámaras para el seguimiento del rostro del niño(a) para ser implementado en un futuro en el proyecto CASTOR. La terapia se desarrolló en un cuarto donde se ubicaron tres figuras (avión, moto y carro) en las paredes, la terapia inicia haciendo una pequeña introducción del robot al niño, el robot se presenta e inicia la interacción haciendo preguntas como “¿Cuántos años tienes?”, “¿Cómo te llamas?”, “¿Cuál es tu color favorito?“, “¿Dónde está el avión? y otras preguntas básicas para desarrollar una conversación.

Se utilizó una interfaz donde se podía observar el tiempo y la veces que el niño(a) está mirando el robot, en la Figura 14 se puede observar cuando las cámaras identifican la cara del niño. Esta intervención se realizó con el acompañamiento de varios terapeutas, con el objetivo de realizar una encuesta para recolectar los resultados de la intervención.

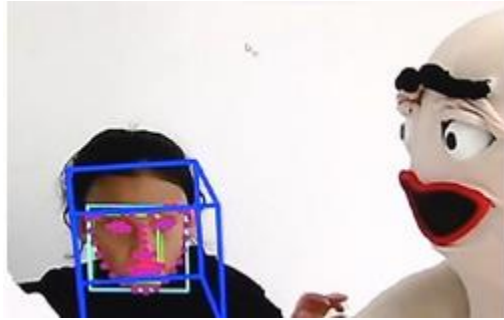


Figura 14. Reconocimiento facial de las cámaras durante la intervención.

1.4 Contribuciones

Después de aclarar el trabajo preliminar del proyecto CASTOR, este trabajo de grado desarrollo las siguientes.

- Inicialmente se hizo un estudio de percepción de RAS-TEA, de la intervención con el robot Nao, se evaluaron aspectos del robot, protocolo y niño(a).
- Ejecución de estudios de diseño participativo y análisis de datos cualitativos.

2. OBJETIVOS

2.1. General

- Definir la caracterización física del robot CASTOR por medio de la metodología de diseño participativo involucrando la comunidad de terapeutas, padres y niños(as) que estén relacionada con el autismo.

2.2. Específicos

- Evaluar y conocer el efecto en los terapeutas de la etapa de sensibilidad donde se realizaron intervenciones con robot social.
- Valida un estudio con niños con TEA para obtener el diseño de robot CASTOR.
- Desarrollar una metodología adecuada para la selección de los bocetos por medio de una intervención con niños(as) con TEA.

3. METODOLOGÍA

Dados los objetivos específicos de este trabajo se plantearon tres etapas, para estas actividades se tomaron en cuenta a la comunidad autista (padres, terapeutas, niños(as) con TEA), las actividades realizadas son: Evaluación de percepción en la intervención de un robot social con niño con TEA, etapa inicial de selección del boceto (encuesta en línea), segunda etapa de selección de boceto (protocolo con los niños). Donde se explicarán detalladamente en esta sección, para estas actividades se tomaron en cuenta a la comunidad autista (padres, terapeutas, niños(as) con TEA)

3.1 Evaluación de percepción en la interacción del Robot social con niño con TEA

En la actividad de sensibilización realizada en el año 2018-2, se realizó una intervención de robot Ono (Figura 14) en la clínica liderada por Andrés Ramírez, debido a la fase de validación y ratificación se diseñó una encuesta (anexos 1) para analizar la percepción de los terapeutas frente a la intervención del robot. En la encuesta se evaluó:

- **Robot:** Manejo de la plataforma durante la terapia, características físicas, funcionales y aspectos establecidos.
- **Protocolo:** La pertinencia del protocolo en las actividades realizadas, tiempo de exposición, frecuencia y aspectos positivos/negativos de la actividad.
- **Niño(a)/Paciente:** Respuesta del niño frente a la dinámica, cambios percibidos frente a la terapia convencional, reacción y seguimiento de las instrucciones requeridas por el instructor.

Se lideró la realización de la encuestas en las dos sedes de la clínica por parte de los terapeutas que estaban enterados del proyecto CASTOR o que hicieron parte de la intervención del robot, la encuesta contaba con preguntas abiertas y en las otras se utilizó una escala numérica de 1 a 5 donde 1 “significa totalmente en desacuerdo” u 5 “totalmente de acuerdo”, los resultados fueron tabulados (anexos 2) y analizados en analizados.

El desarrollo de la encuesta fue realizada en un cuarto donde se les dio la libertad a los terapeutas de sentarse donde ellos quisieran, se observó que los terapeutas hacían grupos para desarrollar la encuesta y ellos aceptaron que la encuesta fue un buen método de evaluación de la interacción.

3.2 Etapa inicial de la selección del boceto (encuesta en línea)

De los resultados de las actividades de **collage** y **diseño del robot** (Figura 11), la empresa Tejidos de Sueño diseño 61 bocetos, los bocetos estaban divididos en 5 categorías: Persona caricaturizada, robots tradicionales, futuristas / indeterminados, animales / apariencia animal y monstruos o personajes fantásticos. En la Figura 16 se pueden observar algunos bocetos diseñados por Tejidos de Sueño, En el anexo 3 se presentan todos los bocetos.

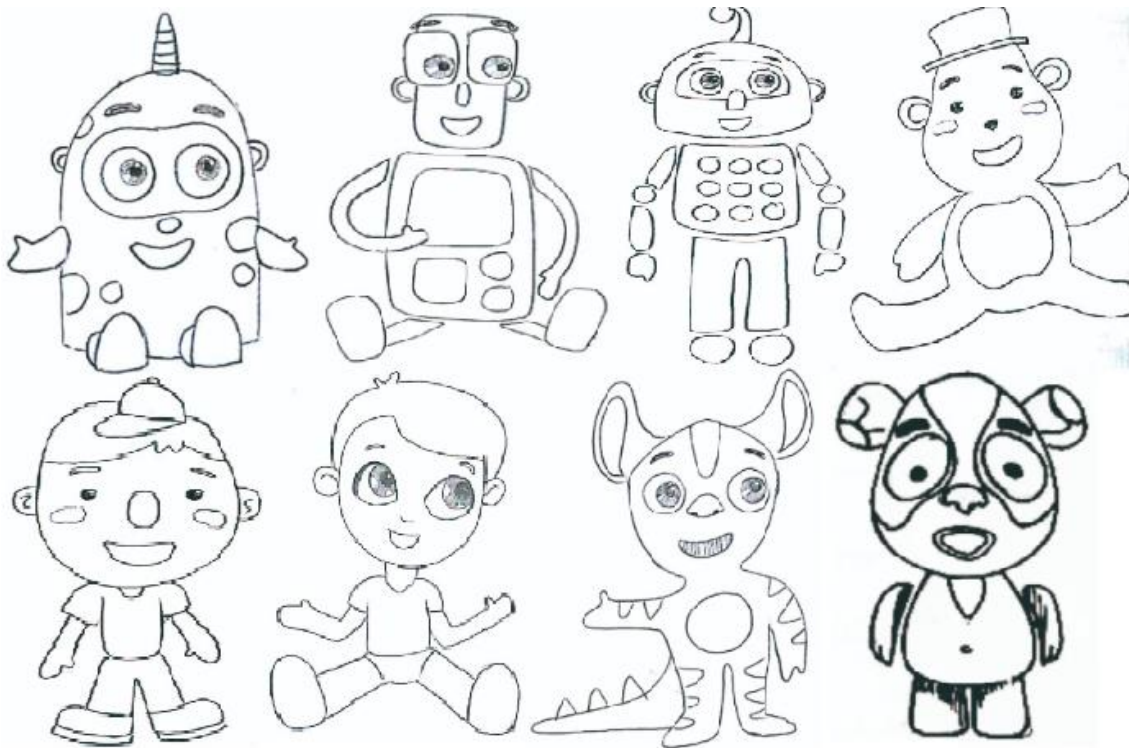


Figura 15. Algunos bocetos diseñados por Tejidos de Sueño.

En la Figura 15 se observan bocetos con características llamativas (cuernos, orejas grandes, antenas, ojos pequeños y grandes, entre otros) todas estas características pueden generar curiosidad en el niño e incitarlo a interactuar con el robot.

Para continuar con el cronograma (anexo 3). En la siguiente etapa se diseñó en conjunto con Tejidos de Sueños una encuesta en línea para la comunidad autista, esta se evaluaron 44 bocetos en dos partes, en la primera parte se usó un sistema de calificación de 0 a 5 donde 0 era “no me gusta” y 5 era “me encana” se evaluaron todos los bocetos, en la otra partes se les pidió a los usuarios que marcaran cuales bocetos les había gustado más. Se realizó acompañamiento en las clínicas para el desarrollo de la encuesta, se obtuvieron 52 respuestas y se decidió elegir los 9 bocetos más votados de las encuestas. Para esta actividad se tomó en cuenta la participación de la comunidad autista excepto los niños, se consideró que para ellos actividad podría ser difícil el desarrollo de la actividad.

Durante el desarrollo de la encuesta se observó que los papas tienen algunas restricciones con los bocetos de característica animal y personaje fantástico. Muchas de las encuestas se aplicaron a los padres mientras esperaban al niño(a) que estaba en la terapia con objetivo de aprovechar el tiempo libre de los papas, debido a esto se realizaron varias campañas presenciales en la clínica y en internet se hizo publicidad con el fin de tener datos de la comunidad autista.

3.3 Segunda etapa de selección del boceto (protocolo con los niños)

Con los 9 bocetos elegidos por la encuesta en línea (Figura 32), se dio inicio a la segunda etapa de selección del boceto para la caracterización física del robot. En esta etapa se decidió incluir a los niños(as) con TEA y excluir a los participantes de la encuesta en línea, se diseñó un protocolo (anexo 4) para realizar dos actividades con el objetivo de seleccionar 2 o 3 bocetos de los 9 obtenidos anteriormente, las actividades realizadas fueron ranking y asociación de adjetivos con el acompañamiento de los terapeutas, en esta etapa la realizaron 15 niños la actividad de ranking y 4 niños la actividad de asociación de adjetivos.

3.3.1 Actividad de ranking

La actividad de ranking se realizó en un cuarto y consistió en mostrarle al niño(a) todos los bocetos, estos se encontraban organizados de forma aleatoria pegados en las paredes del consultorio, para posteriormente explicarle al niño(a) que debía elegir máximo 2 bocetos que más le llamaran la atención para coloréarlos, repitiendo la actividad 2 veces más hasta saber que boceto le llama más la atención.

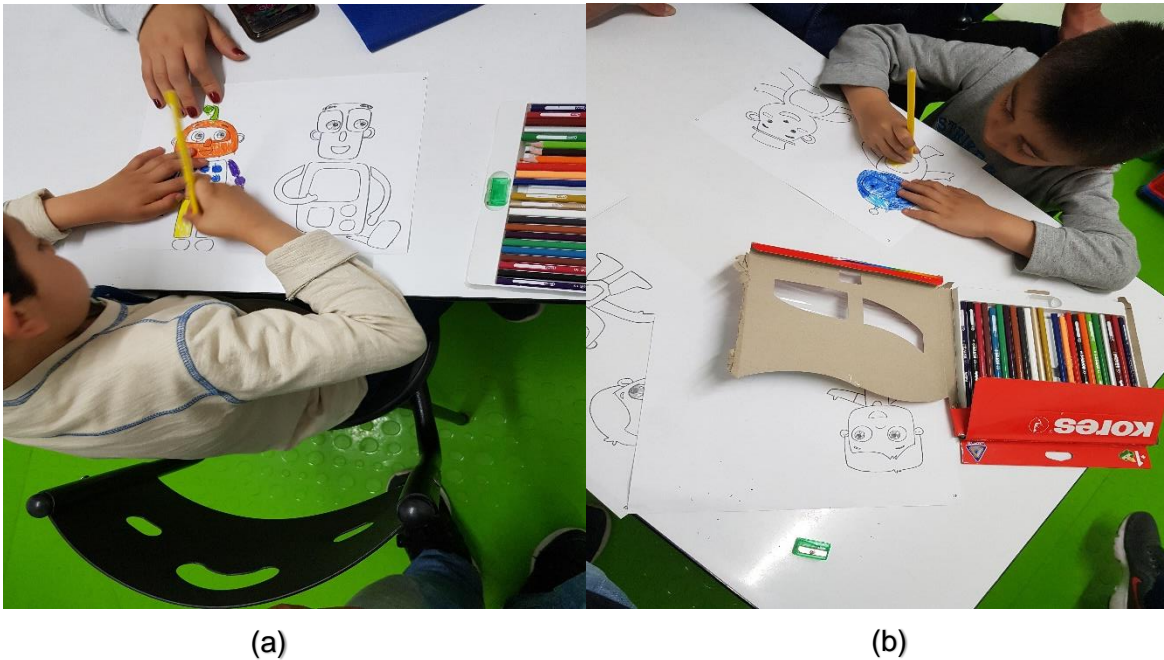


Figura 16. Actividad con los niños, en la parte (a) y (b) los niños están realizando la tarea de dibujar su boceto preferido

3.3.2 Asociación de adjetivos

La segunda actividad se realizó con niños(as) de funcionalidad media-alta debido a que ellos tienen mayor capacidad de hablar y conocen el significado de los adjetivos utilizados, actividad consistió en que los niños(as) tenían que asociar y ubicar diferentes tipos de adjetivos (Héroe, villano, lindo, feo, amigable y temible) a los bocetos que ellos elegían.

En Figura 16 se puede observar que los dos niños están desarrollando la actividad de ranking con normalidad, al incluir la opción de que los niños(as) podían colorear ellos se mostraron felices.



Figura. 17 (a): acompañamiento del terapeuta en la actividad ; (b) el niño está pintando los bocetos seleccionados por él.

Durante el desarrollo de las actividades de esta etapa siempre estuvo con el acompañamiento de los terapeutas en la Figura 17 parte (a) se observa a la terapeuta haciendo una introducción de todos los bocetos al niño y en la parte (b) el niño se encuentra coloreando los bocetos seleccionados por él, en algunas ocasiones los niños escogían 2 o 3 bocetos de su preferencia, se tomaron todos los votos de los niños para realizar la tabulación, durante el proyecto se han desarrollado más actividades preliminares donde se cuenta con los consentimientos de niños(as), padres y terapeutas para la realización de todas las actividades durante el proyecto.

4. RESULTADOS

En esta sección se mostrarán los resultados de las contribuciones hechas por el trabajo dirigido, se muestran resultados de la percepción de la interacción del robot social con el niño, resultados etapa inicial de selección de bocetos (encuesta en línea) y por último resultados de la segunda de selección de bocetos (protocolo niño), todos los resultados fueron tabulados y graficados para dar a conocer de una mejor forma todos los datos obtenidos.

4.1 Resultados de la percepción de la interacción del Robot con niño

En la metodología se explica que parte se evaluó durante la interacción del Robot con el niño, el diseño de la encuesta estuvo a cargo del grupo de trabajo CASTOR. En la Figura 18 se encuentra el registro de los terapeutas de la clínica que tuvieron algún contacto con el robot durante la intervención o tienen conocimiento del proyecto CASTOR, fueron 12 terapeutas de los cuales 8 fueron participantes de la terapia con el robot.

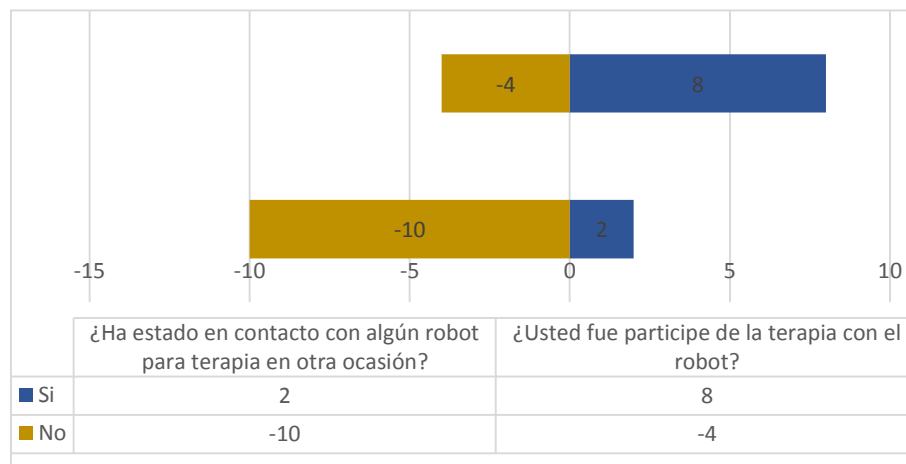


Figura. 18 Gráfica de participación de los terapeutas en la intervención.

4.1.1 Robot

En la figura 19, se observan los porcentajes de las respuestas a las preguntas sobre el manejo de la plataforma durante la terapia realizada por el robot Ono, en general los terapeutas contestaron de forma positiva sobre el manejo de la plataforma. Las dos preguntas con un mayor porcentaje de “totalmente de acuerdo” fueron la importancia del terapeuta durante la sesión y la necesidad de realizar una introducción del robot hacia los niños.

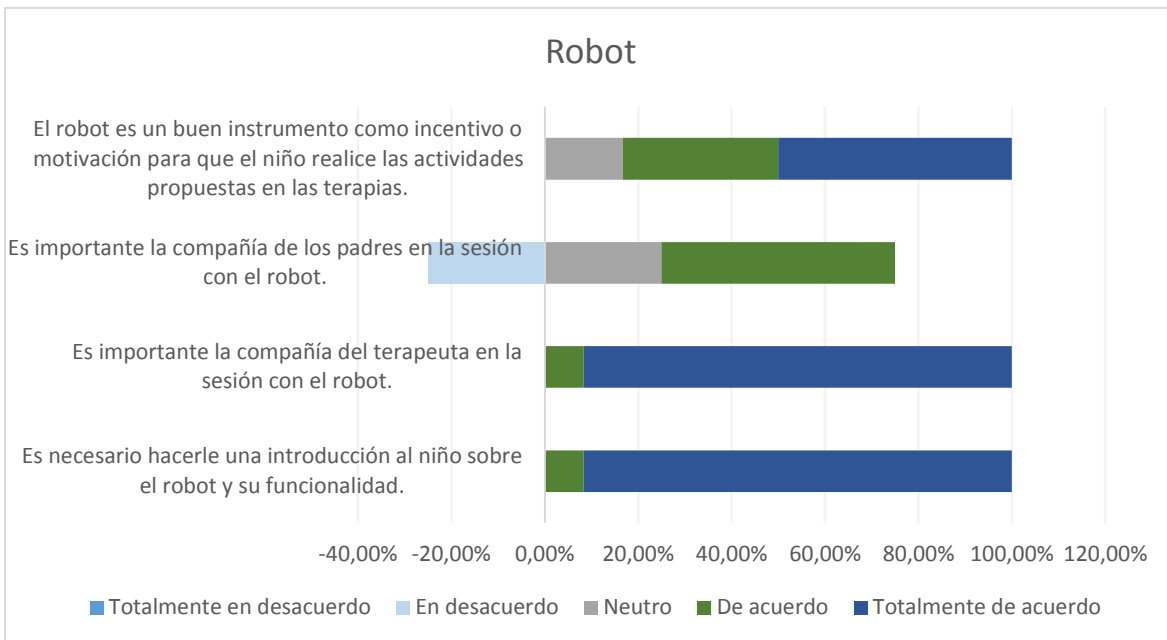


Figura 19. Porcentaje del número de respuestas del manejo del robot durante la terapia.

En la encuesta de precepción se realizaron preguntas sobre características físicas del robot que son adecuadas para la terapia, se muestran los resultados en la Figura 20 sobre expresión, tamaño y color, siendo el tamaño del robot el más importante para los terapeutas, los terapeutas comentan que el tamaño influye mucho debido que el niño al ver un robot grande el niño lo mirara más fácil.

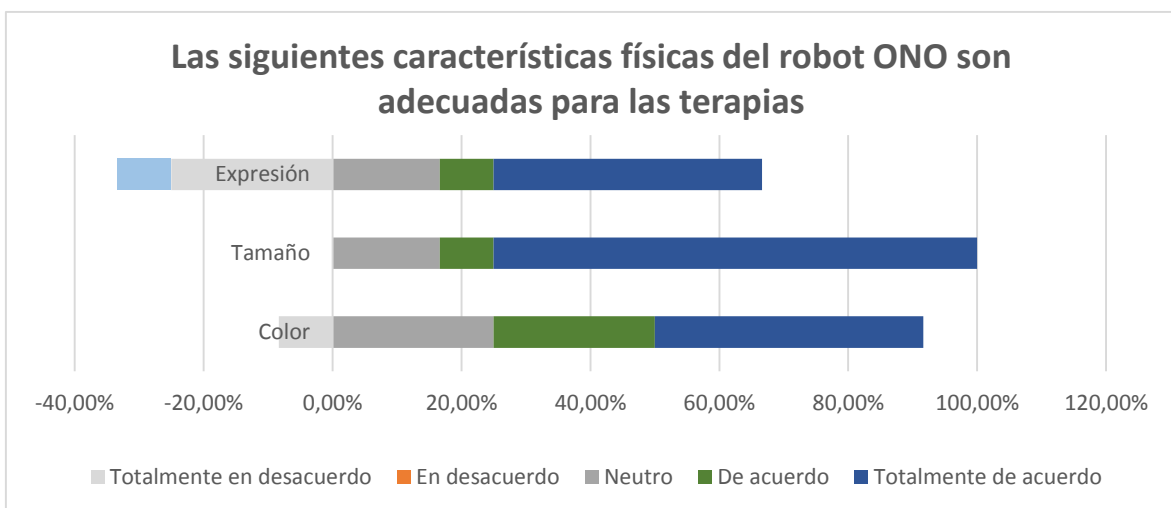


Figura 20. Porcentaje del número de respuestas de las características físicas adecuadas del robot.

Teniendo preguntas sobre características físicas también se optó por preguntar sobre las características funcionales (volumen, movimiento de sus partes y tono de la voz), las respuestas se pueden observar en la Figura 21 donde las respuestas están divididas se alcanza a observar que los terapeutas ven el movimiento de los brazos, ojos, cejas y boca como el más importante para la terapia.

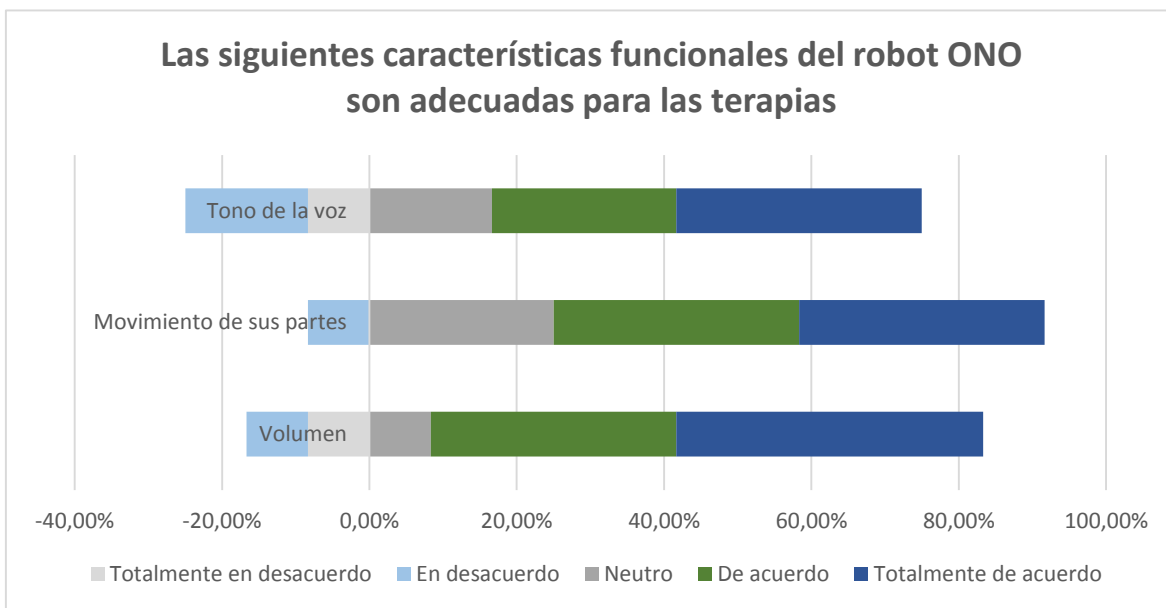


Figura 21. Porcentaje del número de respuestas al aspecto físico que mejoraría del robot.

En la encuesta de percepción estaba dividido en preguntas cerradas como preguntas abiertas con el fin de obtener más datos del robot y tener el conocimiento de las posibilidades de mejora en cada etapa, en la Figura 22 y Figura 23 se pueden observar las respuestas más comunes de los terapeutas, rostro, vestimenta partes reales (cachucha, pantalones, camisa, medias entre otros) fue la más popular entre los terapeutas.

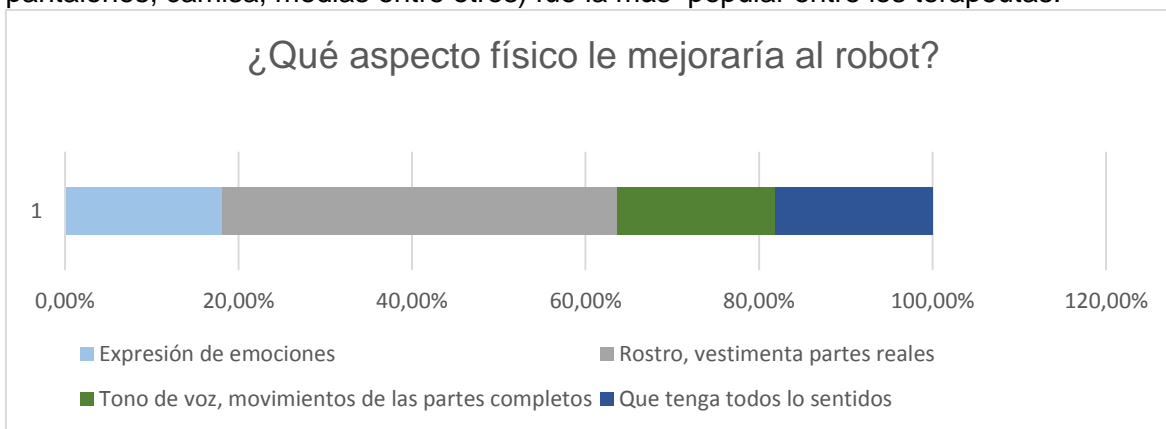


Figura 22. Porcentaje del número de respuestas de las características funcionales adecuadas del robot.

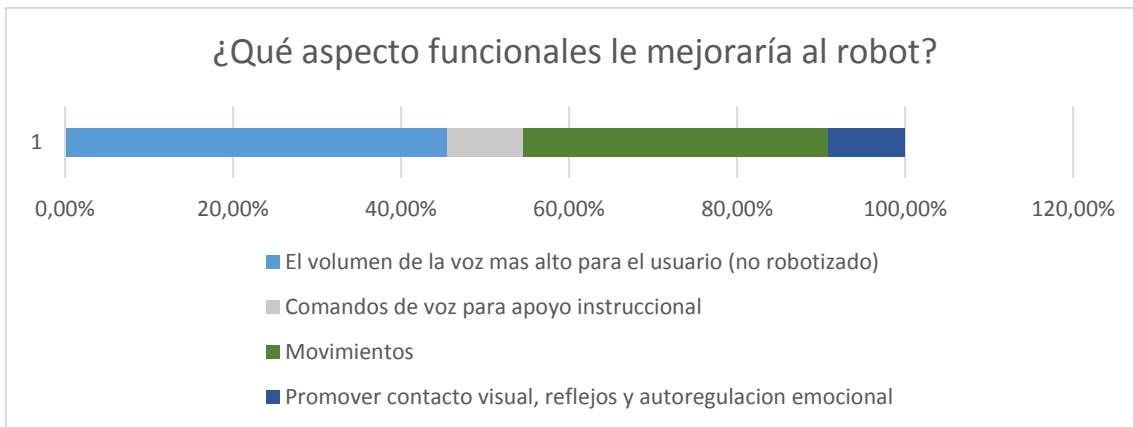


Figura. 23 Porcentaje del número de respuestas al aspecto funcional que mejoraría del robot.

En esta sección se realizaron preguntas sobre las actividades que el robot podría realizar realizadas, por ejemplo tiempo de exposición, frecuencia, analizar la capacidad de dividir la atención, entre otros, en la Figura 24 se observan los resultados.

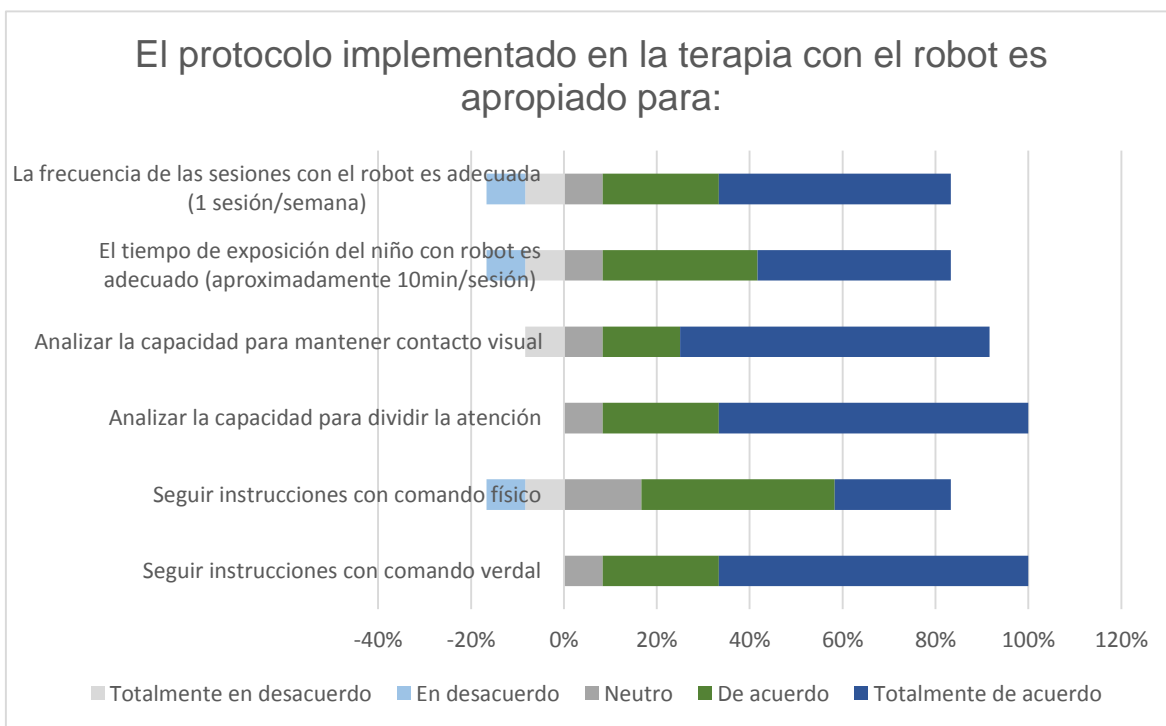


Figura 24. Porcentaje del número de respuestas al tiempo de uso del robot.

En la figura anterior se observan las respuestas más comunes de los terapeutas sobre el tema de aspectos positivos del robot en la intervención.

En la Figura 25 se observan las respuestas más comunes de los terapeutas sobre el tema de aspectos positivos del robot en la intervención, los terapeutas están de acuerdo que a los niños les interesa y la capacidad de imitación se vio más expuesta.

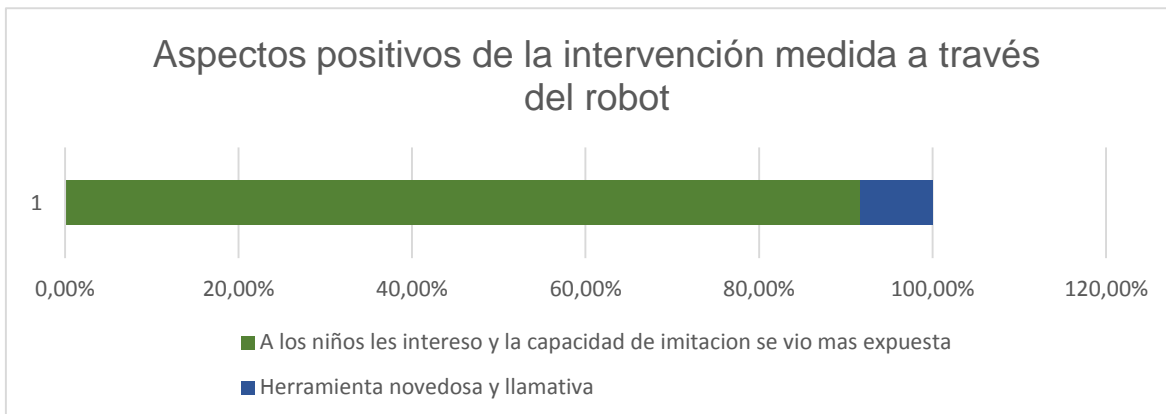


Figura 25. Porcentaje del número de respuestas a aspectos positivos de la intervención del robot.

En la Figura 26 se pueden observar las opiniones negativas de los terapeutas durante la intervención, se realizó una preselección de todas las respuestas de los terapeutas con el fin de filtrar las más repetidas por ellos.

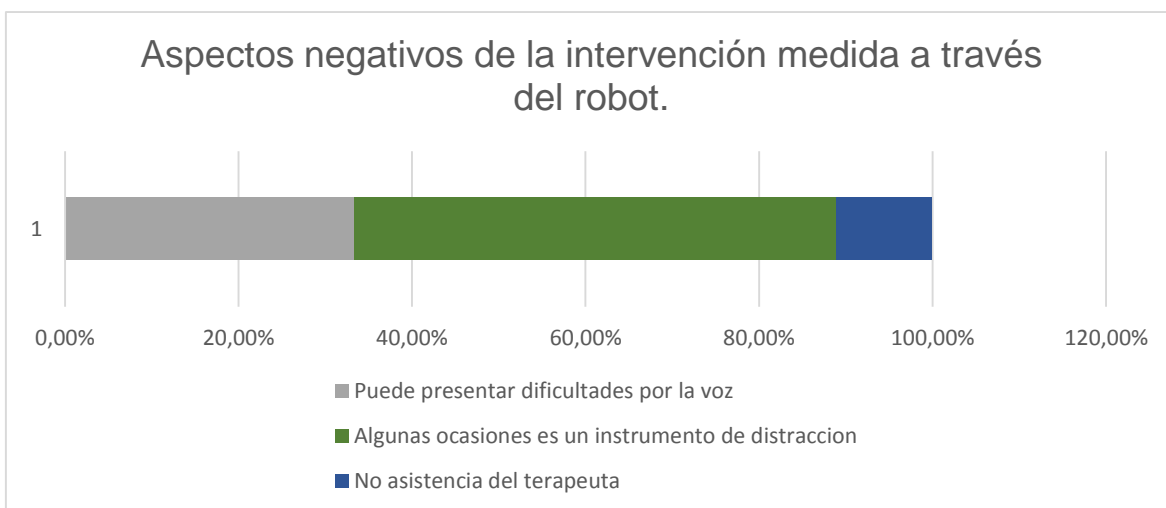


Figura 26. Porcentaje del número de respuestas a aspectos negativos de la intervención del robot.

4.1.3 Niño(a)/paciente

En esta sección se encuentran las respuestas a preguntas con tema de respuesta del niño en la intervención. Como se puede observar en la Figura 27, las respuestas sobre la actitud del niño durante la intervención, los terapeutas están en desacuerdo en que el niño presente estado de ansiedad y estereotipado durante la terapia.

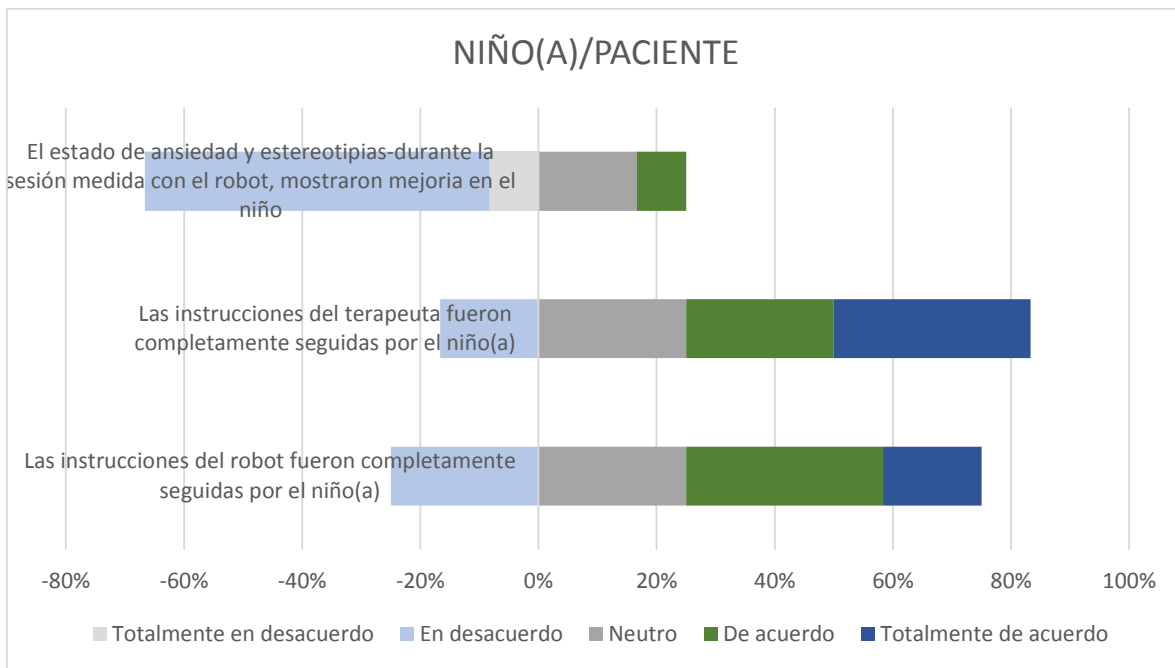


Figura 27. Porcentaje del número de respuestas a la actitud del niño(a) en la terapia.

En la Figura 28 se observan las respuestas sobre el comportamiento en aspectos sociales, en la mayoría de respuestas fueron positivas esto quiere decir el niño obtuvo un buen desempeño durante la intervención con el robot.

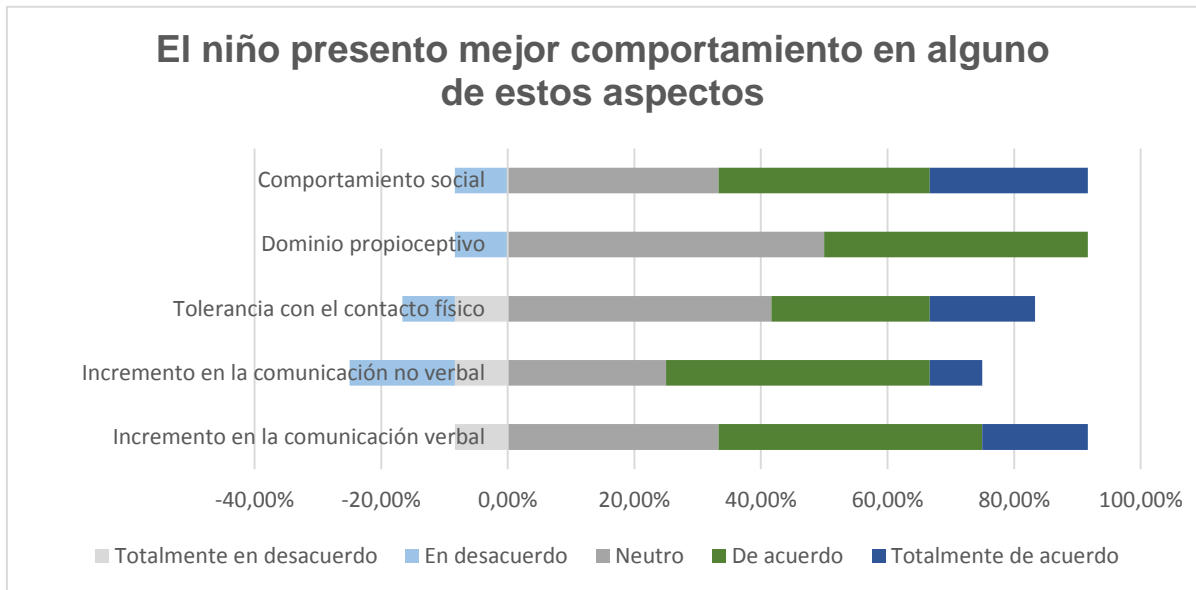


Figura 28. Porcentaje del número de respuestas al comportamiento del niño(a) durante las terapia

El robot tiene la capacidad de hablar haciendo uso de sus altavoces, de esta manera puede generar una conversación con el niño(a), en la Figura 29 se encuentran los resultados de las preguntas relacionadas con estímulos que provoca el robot al hacer la terapia.

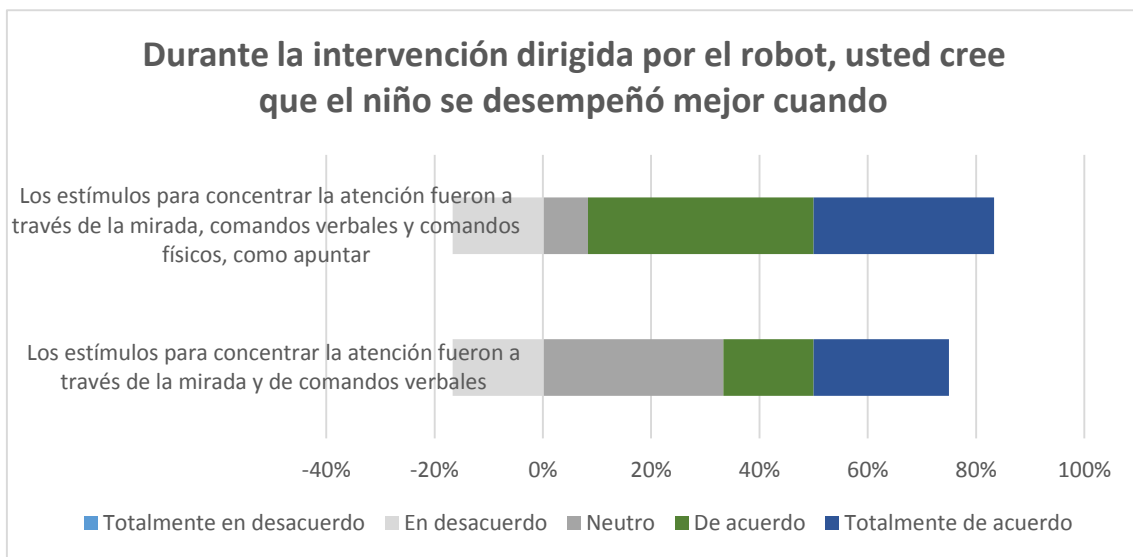


Figura 29. Porcentaje del número de respuestas del desempeño del niño durante la terapia.

En la Figura 30 están los resultados del momento en que el niño tuvo contacto visual durante toda la terapia, esta pregunta puede ser una de las más importantes de la encuesta debido que uno de los objetivos es incentivar al niño(a) a generar un contacto visual con alguna persona o el robot.

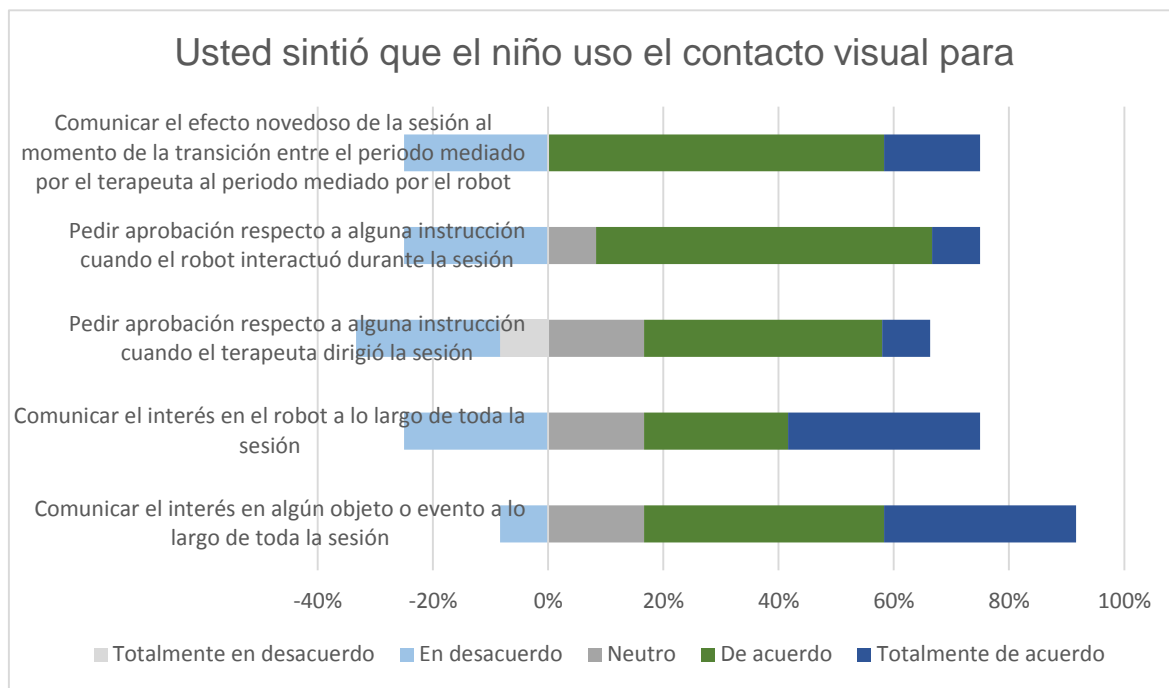


Figura 30. Porcentaje del número de respuestas cuando el niño genero contacto visual.

4.2 Resultados etapa inicial (encuesta en línea)

De las 52 personas de la comunidad autista que contestaron la encuesta, se obtuvieron los resultados de las categorías de bocetos que más le llamo la atención (Tabla 2), la categoría de persona caricaturizada fue la preferida por los votantes.

	Ranking por categoría	Promedio puntaje
1	Persona caricaturizada	4.1
2	Robots tradicionales	3.0
3	Futuristas / indeterminados	1.9
4	Animales / apariencia animal	1.7
5	Monstruos o personajes fantásticos	1.5

Tabla 2. Puntaje de la encuesta por categoría de los bocetos.

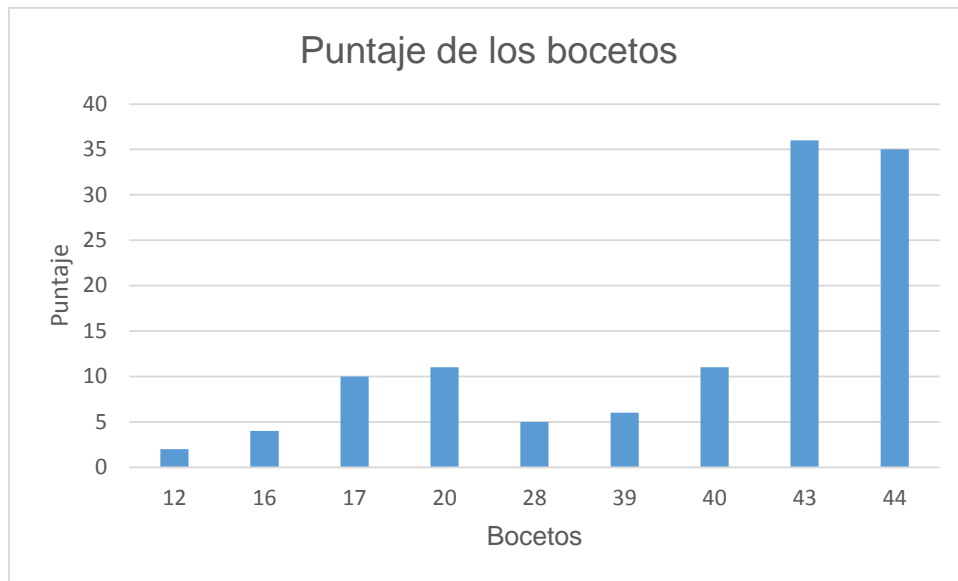


Figura 31. Bocetos más calificados de la encuesta en línea.

En la Figura 31 se graficaron los resultados de los votos de cada boceto, los bocetos 43 y 44 tuvieron muchos más votos que los otros bocetos.

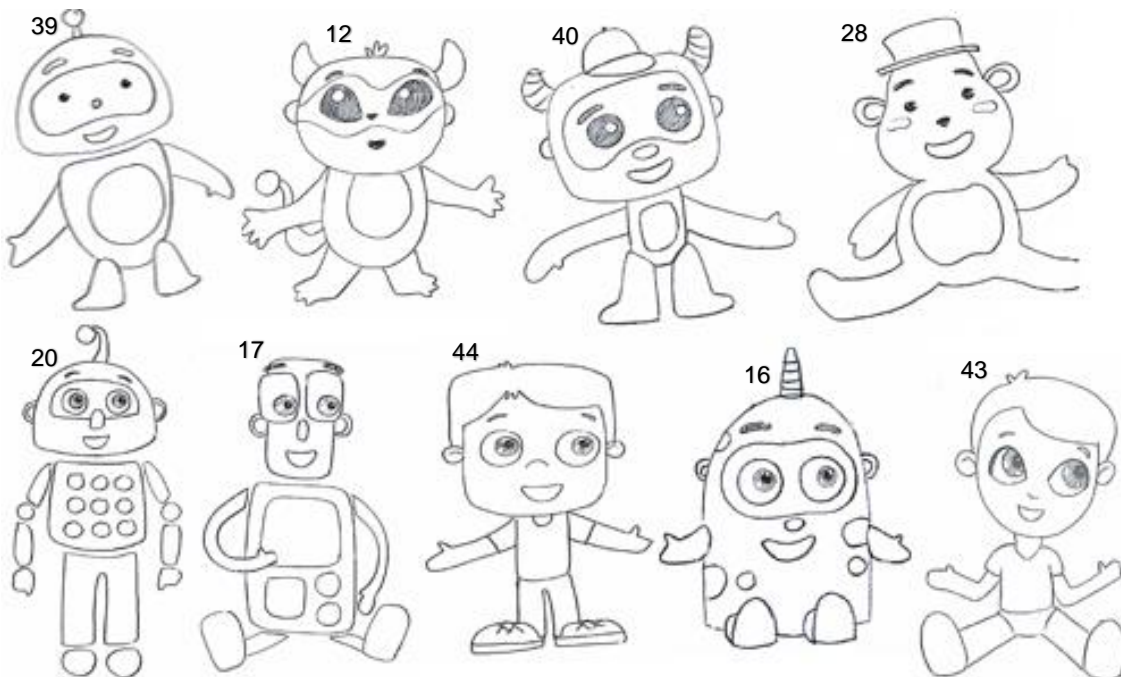


Figura 32. Bocetos elegidos de la encuesta en línea aplicada a la comunidad autista.

La encuesta tuvo una duración de 20 días, donde los padres y terapeutas dieron sus opiniones. En la Figura 32 se puede observar los 9 bocetos elegidos por el consenso entre las partes se observa que los bocetos 44 y 43 hacen parte de la categoría persona caricaturizada.

4.3 Resultados segunda etapa (actividades con los niños(as))

En estos resultados se muestran los resultados de las actividades hechas a los niños(as) la tabla 3 se puede observar los datos obtenidos al realizar la actividad de ranking de los bocetos 9 bocetos elegidos por la comunidad autista, esta actividad se realizó a niños(as) de la clínica

Boceto numero	12	16	17	20	28	39	40	43	44
Número de votos	2	5	1	4	5	6	6	3	0

Tabla 4. Resultados individuales de cada boceto.

En la figura 33 se encuentra los resultados de la actividad ranking, el color morado pertenece a monstruos o personajes fantásticos, el rosado pertenece a robots tradicionales, el amarillo pertenece a animales, el azul pertenece a futuristas y el color negro pertenece a persona caricaturizada, la categoría más votada por los niños fue futuristas.

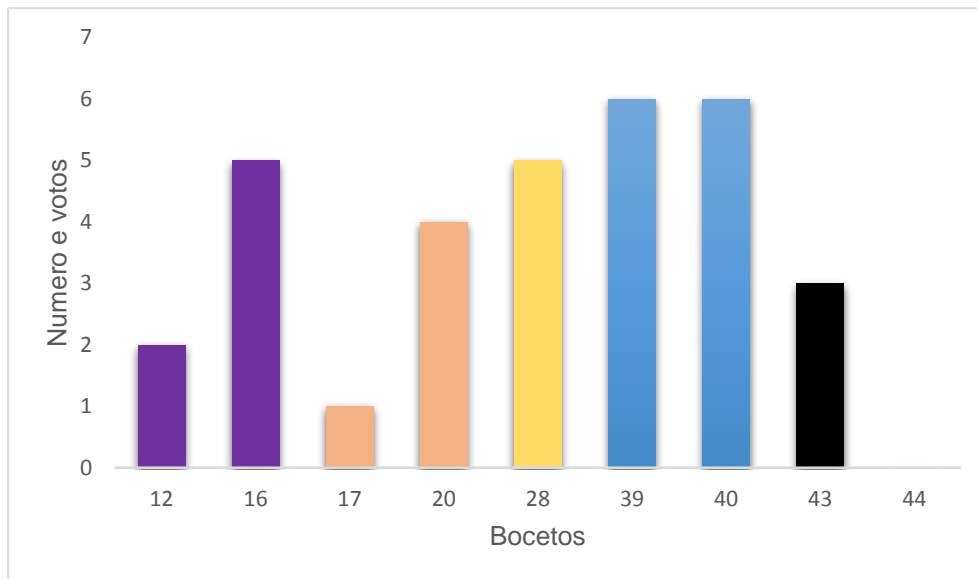


Figura 33. Grafica de resultados de la actividad ranking.

En la tabla 4 se observan los datos de la asociación de adjetivos en cada boceto, algunos niños no completaban la actividad debido a que se estresan y no quieren seguir con la actividad.

Boceto numero	Héroe	Villano	Lindo	Feo	Amigable	Temible
12		1	1	1		
16			1		1	
17			1		1	
20	1		1			
28						
39		1	2			
40						
43				1		
44				2		

Tabla 4. Resultados de asociación de adjetivos de cada boceto.

En la segunda parte del proceso se les practicó una actividad de clasificación de adjetivos a algunos niños(as) con un nivel de funcionalidad medio-alto, en la Figura 34 y Tabla 4, se puede observar la clasificación de los bocetos de acuerdo a los criterios de los niños(as) que participaron en la actividad

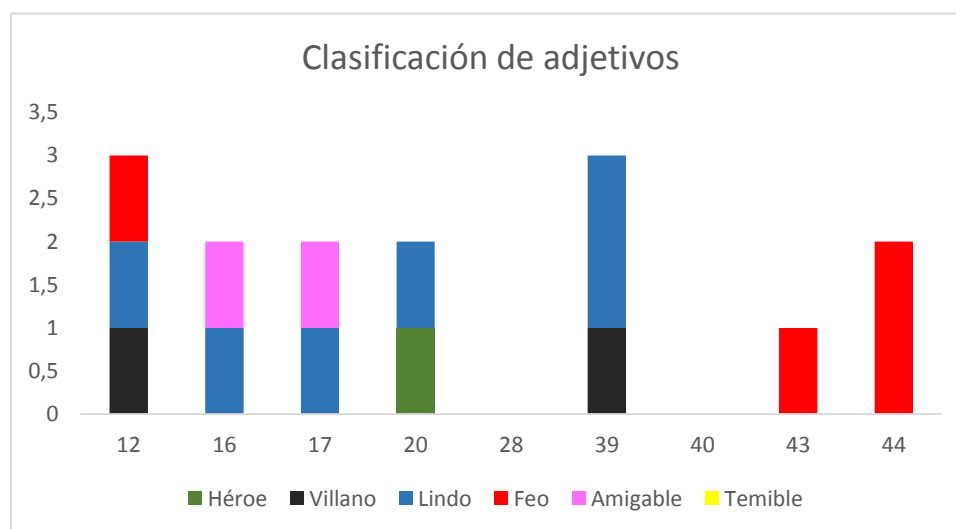


Figura 34. Gráfica de resultados de la actividad de asociación de adjetivos.

5. DISCUSIÓN

En la presente sección se va realizar un análisis de los datos obtenidos en tres etapas planeadas que se llevaron a cabo en este trabajo. En la primera parte se discute y se explican los resultados de la encuesta de percepción de los terapeutas de la clínica frente a una intervención del robot Ono. Posteriormente se discute sobre los resultados obtenidos en la encuesta en línea y se dan las razones por las cuales se excluyeron a los niños(as) de esta actividad. Finalmente se analiza por que se escogieron las actividades de ranking y asociación de adjetivos para desarrollarlas con los niños(as).

5.1 Encuesta de percepción de los terapeutas a la intervención del robot en la clínica

5.1.1 Robot

En la primera parte de la encuesta se realizaron preguntas sobre el robot y del papel que cumple en la terapia, las respuestas fueron tabuladas (anexos) y posteriormente se graficaron los datos del porcentaje total de las respuestas obtenidas, esta encuesta se le realizó a 12 terapeutas (Figura 19), los cuales creen que el robot fue un incentivo para que el niño realice las actividades de la terapia, donde un poco más del 20 % piensa que la compañía de los padres no es necesaria, la mayoría de terapeutas está totalmente de acuerdo con que el terapeuta es necesario para la terapia con el robot. Con estas respuestas se puede afirmar que los terapeutas están de acuerdo de tener como apoyo un robot en la terapia.

Para captar la atención del niño se preguntaron sobre 3 características, en la Figura 20 los terapeutas ven el tamaño del robot como la característica física más importante y en segundo lugar el color. Los terapeutas siempre comentaron que si el robot tiene un mayor tamaño los niños van a notarlo más y la tendencia hacer contacto visual será mayor [9].

Los terapeutas piensan que la característica funcional más importante es el movimiento de sus partes, el robot durante la terapia mueve los brazos, ojos, boca y cejas, ellos quieren que estos movimientos sean lo más natural posible, debido a que en ocasiones los movimientos bruscos hacen que el niño se asuste, esto se ve reflejado en la Figura 21.

Los terapeutas al ver la intervención del robot Ono [10] empiezan a tener una idea de cómo podría ser el robot del proyecto CASTOR, ellos dieron su opinión sobre los aspectos físicos que mejorarían, la mayoría propuso cambios en el rostro además de agregar vestimenta al robot, los otros aspectos físicos se pueden ver en la Figura 22. En aspectos funcionales los terapeutas opinaron (ver Figura 23) que el volumen de la voz debería ser más alto y el tipo de voz (robotizado) debería cambiarse, esta característica funcional es importante debido que cuando el robot le habla a los niños, ellos tienen que escuchar una voz de calidad o el niño puede perder la concentración en cualquier momento.

5.1.2 Protocolo

El tipo de intervención utilizado durante la intervención de un robot para niños con TEA fue evaluado verificando si el tipo de actividad utilizado es apropiado para aplicarlo en otras tareas, en la Figura 24 se puede observar que los terapeutas piensan que con la intervención se puede analizar la capacidad de dividir la atención y funcionaría para que el niño siga instrucciones con comando verbal.

La mayoría de terapeutas opinan que a los niños les interesó el robot y la capacidad de imitación aumentó durante la terapia con él, estas opiniones se observan en la Figura 25, aunque en algunas ocasiones el robot fue un motivo de distracción los terapeutas sugieren para disminuir esto tener un tiempo prudente de sección de terapia. Otro aspecto negativo es la voz, la cual en ocasiones es muy baja y de mala calidad, estos resultados se pueden ver en la Figura 26.

5.1.2 Niño(a)/Paciente

Esta puede ser la parte más importante de la encuesta ya que se encuentran los resultados de preguntas sobre las actitudes del niño durante la terapia. Los terapeutas piensan que el niño disminuyó los comportamientos de estereotipado durante la sección, también ellos observaron que las instrucciones fueron completamente seguidas por el niño, estas respuestas se pueden observar en la Figura 27. Los terapeutas creen que el comportamiento del niño mejoró en los siguientes aspectos: comportamiento social, tolerancia con el contacto físico, incremento en la comunicación no verbal y verbal, estos resultados se pueden ver en la figura 28.

Según los terapeutas los niños se desempeñaron mejor cuando el robot generó estímulos a través de la mirada, comandos verbales y físicos, debido a que los niños al ver el robot moverse o hablar centraban su atención hacia él, ellos usaban el contacto visual para comunicar el interés en algún objeto durante la sesión de terapia (ver figura 29).

5.2 Etapa inicial de la selección del boceto (encuesta en línea)

Al iniciar el estudio la empresa Tejidos de Sueño diseñó 61 bocetos, ellos se basaron sus diseños en los resultados obtenidos en las actividades participativas **collage** y **diseño del robot** (Figura 7). Los bocetos se dividen en categorías (Persona caricaturizada, robots tradicionales, futuristas/ indeterminados, animales/ apariencia animal y monstruos o personajes fantásticos), el primer filtro consistió en una preselección de los bocetos se redujeron de 61 a 44, con los 44 bocetos se diseñó una encuesta en línea, la cual fue desarrollada por la empresa Tejidos de Sueño. La encuesta fue dirigida a padres y terapeutas debido a que los niños podrían tener dificultades por la falta de concentración.

En la clínica se realizaron varias visitas con el fin de promover el desarrollo de la encuesta, debido a que la mayoría de padres no tienen correo electrónico, no tienen el conocimiento de navegar en internet o no contaban con una herramienta tecnológica para hacer la encuesta. Al finalizar la encuesta se obtuvieron 52 respuestas y 9 bocetos que se pueden

observar en Figura 16, de las visitas se puede destacar que muchos padres como terapeutas muestran un gran apoyo al desarrollo de proyectos para ayudar a los niños(as).

Cuando se realizaron las encuestas a los padres, se observó que ellos prefieren que el robot tenga una apariencia física de humano, basando su respuesta en que piensan que el niño puede interactuar mejor de esta forma con el robot, mejorando su comunicación con otros humanos. En la Tabla 3 se puede observar que la categoría más votada en la encuesta fue **persona caricaturizada** y en segundo lugar **robots tradicionales**, y viendo que la diferencia del puntaje de estas dos categorías respecto a las otras es bastante alto podemos decir que los padres y terapeutas tienen una mayor preferencia por el aspecto de persona caricaturizada, siendo los bocetos 43 y 44 los más votados.

Con base a los resultados de la encuesta se decidió elegir uno o dos bocetos con mayor votación por cada categoría con el objetivo de que en la siguiente actividad los niños(as) puedan conocer todas las categorías. Con la información recopilada de la encuesta en línea, se puede decir que los padres y terapeutas prefieren que los niños vean al robot como un amigo de la vida real y no como un personaje inanimado con el cual nunca van a poder interactuar en la vida diaria.

5.3 Segunda etapa de la selección del boceto (actividad con los niños)

Con los bocetos seleccionados de la encuestas (Figura 32), inició la segunda etapa donde se decidió realizar la actividad con solo niños(as), debido a los resultados anteriores era necesario saber la categoría preferían los niños. Para esta actividad se implementaron actividades de ranking y asociación de adjetivos, estas actividades ya habían sido puestas en marcha al inicio del proyecto y debido a su éxito se volvieron a retomar.

La actividad de ranking se implementó a 18 niños(as) en la clínica, en la Tabla 3 se puede observar el número de votos de cada boceto por separado, en la Figura 34 se puede observar el comportamiento gráfico de los datos de la Tabla 3, el código de color de la gráfica está seleccionado dependiendo la categoría de cada boceto, el color morado pertenece a monstruos o personajes fantásticos, el rosado pertenece a robots tradicionales, el amarillo pertenece a animales, el azul pertenece a futuristas y el color negro pertenece a persona caricaturizada.

Con los datos obtenidos en esta actividad se puede decir que los niños prefieren que el robot tenga características físicas futuristas, donde esta categoría obtuvo un total de 6 votos en cada boceto, aunque de forma paralela las demás categorías fueron del agrado de ellos, excepto la categoría de apariencia humana, esta categoría obtuvo solo 3 votos para un boceto y el otro boceto no obtuvo ningún voto. Durante el desarrollo de la actividad en la clínica (Figura 17 y 18) los niños mostraron mayor interés por los bocetos que tenían antenas, cachos, cachuchas o botones.

La segunda actividad de asociación de adjetivos se desarrolló con los niños de una funcionalidad media- alta, teniendo una participaron de 4 niños(as). Los resultados se pueden observar en la Tabla 4 y se graficaron en la Figura 34, no se lograron clasificar a todos los bocetos debido a que a los niños perdían la concentración muy fácilmente y en algunas ocasiones se estresaban y no continuaban con la actividad. Los bocetos que fueron calificados negativamente pertenecen a persona caricaturizada, siendo calificado por los niños(as) como “Feo”. Por otro lado la categoría de robots tradicionales fue la mejor votada con adjetivos de “héroe”, “lindo” y “amigable”.

Los resultados de las actividades con los niños fueron muy importantes para comprender qué les gusta y qué no les gusta, una de las razones por lo que se decidió hacer esta actividad exclusivamente con niños fue porque se pensaba que preferían características de animales, héroes o personajes fantásticos y de esta forma se pudo evidenciar en los resultados de esta actividad que gustan más de personajes como los robots o personajes fantásticos.

Los resultados de los padres y terapeutas no coinciden con los de los niños, concluyendo que los niños pueden tener un mayor nivel de atención si interactúan con un robot de apariencia de monstruo, personaje fantástico o robot. Por otro lado los padres y terapeutas prefieren que el robot tenga características de persona, con el objetivo de que al hacer la terapia los niños(as) tengan una idea de cómo se deben comportar en actividades sociales en su vida diaria.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Para trabajos futuros se espera continuar con la etapa final de la caracterización física del robot, seguir implementados los métodos o actividades participativas debido al gran impacto que genera en la comunidad, el proyecto podría ampliar la investigación a pacientes con diagnóstico diferente a TEA debido a que muchos terapeutas sugieren que sería una herramienta para generar motivación a los niños. Se deberían hacer una vez por mes visitas donde retroalimenten a los padres y terapeutas con el objetivo que estén en contacto y tengan conocimiento de los avances del proyecto.

Con respecto al estudio de percepción se espera poder utilizar todos los resultados y análisis de estos para seguir generando estrategia para mejorar la intervención de robot en la terapia, Esto logrará mejorar características físicas como funciones del robot también podrá hacer más efectiva la terapia en los niños.

7. CONCLUSIONES

De la etapa inicial los padres y terapeutas tienen un pensamiento sesgado a que la apariencia del robot debe ser un humano, ellos en ocasiones no tienen en cuenta el criterio de los niños y este criterio es muy importante debido que el robot va hacer una compañía durante la terapia, las actividades desarrolladas durante todo el proyecto CASTOR son de gran importancia, esta respuestas han brindado información de las preferencia de cada usuario.

Los niños(as) prefieren a un robot con una cara grande debido a los movimientos que el robot hace con sus ojos, boca y cejas, estos movimientos hacen que el niño aumente su concentración. Características funcionales hacen que la terapia sea más efectiva, el robot al tener la posibilidad de hablar desarrolla las habilidades comunicativas del niño(a).

Debido a las actividades de diseño participativo, el diseño de la caracterización física será el adecuado para las terapias, los participantes se observaron contentos, entusiasmados y con una buena actitud a la hora de participar todo esto facilita el cumplimiento de los objetivos del proyecto

De la encuesta de percepción podemos destacar la sinceridad de los terapeutas y demuestran que están evolucionando con la tecnología, la mayoría de ellos tenía miedo que el robo los fuera a remplazar y con actividades realizadas en la clínica los terapeutas entendieron que el robot va hacer una ayuda y nunca será el causante de remplazar a los terapeutas en la sección

Si se le añadiera otras funciones al robot como poder cambiarle las prendas de vestir o disfrazarlo el robot podría ayudar a los niños a aprender cómo vestirse solo, el robot al cambiar la apariencia podrá hacer que los niños no se aburran y siempre quieran jugar con él e interactuar, con proyectos de robótica social se puede generar un gran impacto en la población vulnerable, como lo está haciendo el proyecto CASTOR los niños con TEA van a tener una mejor rehabilitación y con el tiempo se podría implementarse en otro diagnósticos.

REFERENCIAS

- [1] K. Dautenhahn *et al.*, "KASPAR - a minimally expressive humanoid robot for human-robot interaction research," *Appl. Bionics Biomech.*, vol. 6, no. 3–4, pp. 369–397, 2009.
- [2] K. Dautenhahn and A. Billard, "Games children with autism can play with Robota, a humanoid robotic doll," *1st Cambridge Work. Univers. Access Assist. Technol.*, pp. 179–190, 2002.
- [3] "Vision global del autismo 2002, Vol. I, Año 1," vol. I, pp. 1–9, 2002.
- [4] E. S. Kim *et al.*, "Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism," *J. Autism Dev. Disord.*, vol. 43, no. 5, pp. 1038–1049, 2013.
- [5] C. M. Stanton, P. H. Kahn Jr., R. L. Severson, J. H. Ruckert, and B. T. Gill, "Robotic animals might aid in the social development of children with autism," *Proc. 3rd Int. Conf. Hum. Robot Interact. - HRI '08*, p. 271, 2008.
- [6] A. A. Ramírez-Duque *et al.*, "Let ' s Design a Robot Friend : A Story about the Autism Community , Their Expectation , Sensation , and Reaction," 2018.
- [7] A. Adriana, V. Marcela, M. Teodiano, B. Tony, and B. A. F. Carlos, "A Social Robot Design : a Collaborative and Inclusiveness Process with the Autism Community."
- [8] S. Shamsuddin, H. Yussof, L. I. Ismail, S. Mohamed, F. A. Hanapiah, and N. I. Zahari, "Initial response in HRI-A case study on evaluation of child with Autism Spectrum Disorders interacting with a humanoid robot NAO," *Procedia Eng.*, vol. 41, no. Iris, pp. 1448–1455, 2012.
- [9] C. Vandeveld, J. Saldien, C. Ciocci, and B. Vanderborght, "The use of social robot ono in robot assisted therapy," *Int. Conf. Soc. Robot. Proc.*, no. January, 2013.
- [10] C. Vandeveld, J. Saldien, M.-C. Ciocci, and B. Vanderborght, "Ono, a DIY open source platform for social robotics," *Int. Conf. Tangible, Embed. Embodied Interact. Proc.*, 2014.
- [11] K. Winkle, P. Caleb-Solly, A. Turton, and P. Bremner, "Social Robots for Engagement in Rehabilitative Therapies," *Proc. 2018 ACM/IEEE Int. Conf. Human-Robot Interact. - HRI '18*, pp. 289–297, 2018.
- [12] Y. Peng, C. Lin, N. M. Mayer, and M. Wang, "Using a Humanoid Robot for Music Therapy with Autistic Children," no. May 2016, 2015.
- [13] L. I. Ismail, S. Shamsudin, H. Yussof, F. A. Hanapiah, and N. I. Zahari, "Robot-based Intervention Program for autistic children with Humanoid Robot NAO: Initial response in stereotyped behavior," *Procedia Eng.*, vol. 41, no. Iris, pp. 1441–1447, 2012.
- [14] K. Shemyak and J. Kosonen, "Secure delivery of equipment identity from vendor to operator," *2011 4th IFIP Int. Conf. New Technol. Mobil. Secur. NTMS 2011 - Proc.*, pp. 233–240, 2011.
- [15] L. Y. Retos *et al.*, "UNA EXPERIENCIA DE DISEÑO DE UN ROBOT SOCIAL CON NIÑ @ S Resumen Palabras clave Introducción."
- [16] E. J. Schneider, N. A. Lannin, L. Ada, and J. Schmidt, "Increasing the amount of usual rehabilitation improves activity after stroke: a systematic review," *J. Physiother.*, vol. 62, no. 4, pp. 182–187, 2016.
- [17] R. Simut *et al.*, "The Huggable Social Robot Probo for Social Story Telling for Robot Assisted Therapy with ASD Children," *Proc. 3rd Int. Conf. Soc. Robot. (ICSR 2011)*, pp. 97–100, 2011.