



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROBOT PARA LA INTERACCIÓN
CON NIÑOS CON TEA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

PRESENTADO POR:

ENOC EUCEBIO REYES ORTEGA 21641251

JASON JAVIER HERRERA GARCÍA 21641073

ASESOR: ING. JOSÉ LUIS ORDÓÑEZ

SAN PEDRO SULA, CORTES

MARZO, 2020

DEDICATORIA

ENOC REYES:

A mis familiares Y amigos.

JASON HERRERA:

Primeramente y más importante a mi familia, en especial a mis padres Javier Herrera y Gina García que son las personas que constantemente han luchado por darme lo mejor a mí y a mi hermana. Ellos siempre han estado ahí apoyándome directamente en todo lo que me he propuesto. También a todos los demás miembros de mi familia como mi hermana Sofia Herrera, abuela Olinda Meza, tíos, tías, primos etc. Que al igual que mis padres siempre han estado ahí para mi cuando más se les necesita.

Al igual que los anteriormente mencionados cabe resaltar el apoyo que me han brindado ciertas personas que considero mis amigos, a todos aquellos que conocí anterior y posterior a mi ingreso a UNITEC, esto también va para ellos.

Gracias por estar ahí y lograr sacar la mejor versión de mí.

Tabla de Contenido

I. Introducción	7
II. Planteamiento del Problema	7
1. Precedentes del Problema	7
2. Definición del Problema.....	8
3. Justificación	8
4. Preguntas de Investigación.....	9
5. Objetivos.....	9
1. Objetivo General	9
2. Objetivos Específicos	9
III. Marco Teórico	11
3.1 Trastorno de Espectro Autista (TEA)	12
3.1.1 Diagnostico	14
3.1.2 Dificultades de vivir con TEA	26
3.1.3 Terapias tradicionales	30
3.2 Inclusión para Personas con TEA en la Sociedad	35
3.3 Tecnologías para el tratamiento del TEA	38
3.3.1 Equipos de investigación de tecnología para terapias del TEA	42
3.3.2 Tecnología de seguimiento de vista	44
3.3.3 Programas, aplicaciones móviles, realidad virtual y aumentada como terapias para el TEA	47
3.4 Interfaz Humano-Robot (HRI)	57
IV. Metodología	69
4.1 Enfoque	70
4.2 Variables de Investigación	70
4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados	70
4.4 Metodología de Estudio	71
V. Análisis y Resultados	73
5.1 Contexto y Conceptualización	73
5.2 Pasos de la Metodología	78
5.3 Prueba y Validación	105

5.4	Discusión	111
VI.	Conclusiones	112
VII.	Recomendaciones	113
VIII.	Bibliografía	114

I. Introducción

La tecnología ha crecido a pasos agigantados en los últimos años. Es por ello que se han buscado varios usos para estas. Entre los más importantes y de los que tienen un amplio rango de aplicación es en condiciones en el campo medicinal y terapéutico. El Trastorno de Espectro Autista es una condición que se denota en una gran cantidad de personas y en especial se ve más claramente en la niñez. De esta manera, conectando ambas temáticas se estableció una investigación para el uso de la tecnología por medio de robots en ejercicios terapéuticos para personas con este trastorno. El proceso metodológico se realizó a partir de un análisis cualitativo bajo el objetivo de encontrar las formas y parámetros a evaluar para conseguir la meta. En este sentido la presente indagación bibliográfica permitió la demostración, a base de pruebas con sujetos voluntarios, de un modelo de prototipo funcional en la interacción con niños que presentan TEA. Los sujetos se mostraron con actitud positiva ante los diferentes modos del prototipo posteriormente validado por encuestas.

II. Planteamiento del Problema

En este capítulo se mostrará los precedentes del problema, viéndose como afecta la integración de robots en la interacción de niños con TEA, de misma forma se definirá el problema de investigación, además de la justificación del mismo. Posteriormente se detallarán las preguntas de investigación con sus objetivos respectivos, las cuales serán la base para determinar el límite de la investigación.

1. Precedentes del Problema

El Trastorno de Espectro Autista es un desorden de neurodesarrollo que es diagnosticado por la presencia de problemas de comunicación social, comportamientos repetitivos, y intereses confinados. La gran mayoría de niños con TEA presentan anomalías en habla y expresiones,

que van desde la falta de dialogo hasta aquellos que no desarrollan vocabulario ni sintaxis, pero presentan dificultades con el uso de prosodia y pragmática adecuadas. (Eni et al., 2020)

El Autismo es uno de los problemas de desarrollo y discapacidad más comunes. Las personas con trastorno de espectro autista tienen diferencias y dificultades en la forma en la que su cerebro procesa la información. (Krithiga, 2019)

2. Definición del Problema

El problema gira entorno a las dificultades presentadas para los niños con estas condiciones a la hora de mantenerse ocupados, distraídos o tranquilos ya que esta condición implica esto tal y como mencionan Tamilarasi & Shanmugarn (2020):

El trastorno de espectro autista crea problemas en el comportamiento de una persona, aprendizaje y comunicación. Las personas con TEA tienen problemas como la mala comunicación con otros y dificultades en mantener contacto visual mientras se les habla. Las personas con TEA muestran comportamiento repetitivo realizando actividades una y otra vez empleando más tiempo en tareas simples.

3. Justificación

En los años recientes, los robots han sido más utilizados en educación, diagnósticos de autismo y tratamiento. Diferentes robots móviles, así como humanoides o con aspecto animal han sido utilizados en diferentes centros médicos y laboratorios de investigación alrededor del mundo. Investigación centrada en la aplicación de robots en el tratamiento del autismo han apuntado que los robots incrementan el entusiasmo, concentración y atención; y provocar comportamientos sociales novedosos como atención conjunta e imitación automática. Estudios indican que niños con TEA trabajan muy naturalmente con robots. (Taheri et al., 2014)

El resultado activo y alentador de la intervención de robótica en el autismo fue reportada primero por Wier S en 1976, desde entonces múltiples evidencias muestran que niños diagnosticados con autismo muestran gran interés en interacciones sociales con robots. Los

resultados indicaban que los niños con autismo estaban más interesados en escenarios de interacción con robots autónomos que con robots inanimados. (Li et al., 2016)

Uno de los medios más eficientes para el decrecimiento de señales de niños con autismo es por medio programas de intervención temprana cognitiva / conductual, con terapias ideales empezando desde edad preescolar. Robots pueden ser empleados como agentes in dichos programas de intervención para mejorar las interacciones sociales de los niños con trastorno autista e incrementar la motivación del niño en situaciones sociales. Estudios indican un mejoramiento substancial en el lenguaje e interacción social durante terapias que comprende el uso de robots. El estudio también muestra efectividad en dichas terapias incluso resultando en mejoras en nivel de IQ y lenguaje, mejor interacción social y decremento en comportamientos estereotipados. (Othman & Mohsin, 2017)

4. Preguntas de Investigación

1. ¿Como aplicar métodos de interacción humano/robot para niños con TEA?
2. ¿Qué características se deben tomar en cuenta para el diseño de un SAR?
3. ¿Qué periféricos y actuadores se utilizarán para el robot?
4. ¿Qué herramientas de software son las adecuadas para el desarrollo del SAR?

5. Objetivos

1. Objetivo General

Elaborar un robot capaz de interactuar con personas con TEA.

2. Objetivos Específicos

- Seleccionar métodos de interacción humano/robot para interactuar a niños con TEA.
- Denotar las características a tomar en cuenta para el diseño del robot.

- Definir periféricos y actuadores sensores a utilizar en la interacción humano/robot.
- Escoger herramientas de software necesarias para la construcción del SAR.

III. Marco Teórico

En el presente capítulo se abarcarán los conceptos básicos y no tan básicos en los que se basa la investigación. Se conocerán diferentes puntos clave desde el Trastorno de Espectro Autista (TEA) ya que es un tema de suma importancia y es necesario conocer los orígenes, concepto y actualidad del mismo. De igual manera se explicarán como afecta a personas con Trastorno de Espectro Autista su condición en la interacción social con otros individuos, las formas que tenemos de realizar los diagnósticos de TEA y los que se usaban desde antes.

El Trastorno de Espectro Autista trae consigo muchos problemas ya no solo para el paciente sino para la familia y su entorno, estos inconvenientes también serán explicados en este capítulo dando énfasis en búsqueda de soluciones para el tratamientos y terapias como la terapia robótica. Desde los problemas individuales de la persona con este espectro hasta las de los demás, sus relaciones familiares, escolares y profesionales. Abarcando temas de situaciones escolares y familiares poniendo especial énfasis en la necesidad de búsqueda de soluciones ante estos problemas.

Posteriormente después de abordar estos conceptos se entrará en el campo de como la robótica, a día de hoy, puede ayudar a niños con TEA en mejorar sus habilidades de interacción social. También se abarcarán las técnicas más efectivas para desarrollar esta parte social a través de ejemplos y diferentes estudios. Además, cubrir el tema las habilidades sociales también se verán cómo mantener al niño ocupado o entretenido dada las dificultades que se le presentan a familiares, doctores y terapeutas de lograr esta condición de calma en el paciente. Se abarcarán distintas formas de interacción entre los robots y niños además de demostrar los resultados positivos de estos. Se verán diferentes diseños de robots demostrando la efectividad de algunos y ciertos patrones para hacer un robot más amigable y efectivo para los niños con TEA. Demostrando un futuro prometedor entre la robótica y la medicina, haciendo parecer que esto esta cada vez mas cerca de ser una realidad y lograr ser aplicado más alrededor del mundo.

3.1 Trastorno de Espectro Autista (TEA)

El trastorno espectral del autismo (TEA) es uno de los trastornos mentales comunes y la importancia del diagnóstico temprano atrajo a los investigadores a utilizar diferentes métodos basados en el aprendizaje automático.

“‘Autismo’ se deriva de la palabra griega ‘autós’, que significa ‘yo’. Eugen Bleuler, un psiquiatra suizo, acuñó inicialmente este término en 1908 para describir la retirada de la realidad en pacientes con esquizofrenia.” (Sharma et al., 2018)

El autismo fue descrito por primera vez como un síndrome por Leo Kanner (), psiquiatra infantil de la Universidad John Hopkins. Kanner caracterizó a 11 niños que compartían lo que él entendía como una incapacidad fundamental para relacionarse con otras personas, una incapacidad para usar el lenguaje para transmitir significado y un deseo casi obsesivo de mantener la igualdad. Nuestra comprensión de estos "síntomas", por supuesto, ha evolucionado con el tiempo, y nunca recomendaríamos usar este tipo de lenguaje basado en el déficit para describir el autismo en un contexto moderno. Kanner también señaló que la ansiedad jugó un papel destacado en la presentación clínica del autismo; los niños que observaba a menudo mostraban un miedo intenso a los objetos comunes. (Julie A. Kientz et al., 2020)

El deterioro de las interacciones sociales, la comunicación verbal y no verbal, las dificultades en el desarrollo y mantenimiento de las relaciones interpersonales son los rasgos característicos del TEA. Comprender las interacciones sociales, así como desarrollar y mantener relaciones positivas con los compañeros, es muy difícil, si no imposible, para los niños con TEA. Por lo tanto, tienen problemas de aprendizaje y, a menudo, se convierten en víctimas fáciles de la delincuencia y el acoso escolar. El número de niños con TEA aumenta año tras año. Aun así, existe una falta de tratamiento electivo para estos niños. Si bien la psicofarmacología se puede utilizar como tratamiento en el TEA, numerosos estudios informan el uso de intervenciones conductuales como un tratamiento más electivo para los síntomas básicos del autismo en los niños.

Posteriormente a los estudios bases de Kanner se fueron dando diferentes evaluaciones que demostraban, además de problemas de interacción social, ciertos problemas de salud física

y mental en personas que sufrían de TEA. El diagnóstico prematuro es una cosa muy importante para poder tratar a la persona lo antes posible. Mas adelante se explicará cómo se diagnostica y cuáles son las diferentes terapias a ejecutar en caso de haber un caso de TEA.

Las personas en el espectro del autismo pueden requerir un mayor grado de interacción con los servicios de salud debido a la multitud de comorbilidades médicas que a menudo se presentan junto con el autismo (por ejemplo, afecciones psiquiátricas, discapacidades intelectuales). Sin embargo, a pesar de las tasas más altas de contacto con atención médica de emergencia y no emergencia, las personas autistas tienden a tener peores resultados de salud, se involucran menos con la atención preventiva, tienen una menor calidad de vida relacionada con la salud y tasas de mortalidad más altas que otras. Lo que sugiere que las personas autistas enfrentan importantes inequidades en la atención médica (C. Walsh et al., 2020).

Otro de los problemas de salud presentado en personas con TEA es el de problemas gastrointestinales, la tendencia indica que existe una relación entre el síndrome y este tipo de complejos gastrointestinales.

Los síntomas de un trastorno del sistema gastrointestinal son bastante comunes en los niños con TEA. Sin embargo, los mecanismos de tales trastornos aún no se comprenden completamente. Se plantea la hipótesis de que el microbiota intestinal y sus metabolitos pueden contribuir a la fisiopatología del TEA. Diferentes artículos han revelado el papel clave de la modificación gastrointestinal y el microbiota intestinal en el sistema nervioso central (SNC) animal y han propuesto la influencia del eje cerebral del microbioma intestinal (GMBA) (ver más adelante). El GMBA y la comunicación entre el intestino y la función cerebral probablemente juegan un papel importante en el TEA, ya que la prevalencia de los síntomas gastrointestinales en los niños con TEA oscila entre el 23 y el 70% (Bjørklund et al., 2020).

La mayoría de los estudios que actualmente se están realizando relacionados al TEA se relacionan con infantes, excluyendo a adolescentes y adultos. Actualmente se tiene más conocimiento de cómo afecta el autismo a personas menores.

Desafortunadamente, actualmente se sabe muy poco sobre las formas en que el autismo se manifiesta en la edad adulta y cómo mejor para apoyar a este segmento mayor de la población autista. Una tendencia potencialmente preocupante, de hecho, es el final de muchos estudios longitudinales en la adolescencia en lugar de la edad adulta. (e.gg, Ben-Itzhak y Zachor, 2019; (Lin et al., 2019)

3.1.1 Diagnostico

El trastorno del espectro autista (TEA) es un trastorno del desarrollo neuronal asociado con una variedad de síntomas que difieren en severidad como déficits sociales, sensoriomotores y comunicativos. Para la realización de el diagnostico de TEA existen diferentes formas, una siendo la más "antigua", tradicional y convencional que se basa en test psicológicos y a partir de la evaluación de expertos denotar el grado de autismo presente. El otro procedimiento es el más moderno y existen muchos diferentes tipos desde redes neuronales que analizan las capacidades sociales de los niños hasta imágenes de resonancia magnética. En todo caso es importante el diagnostico inmediato en niños, lo más pronto mejor para evitar una intervención tardía que afecte los resultados de las respectivas terapias.

El TEA se diagnostica a la edad de tres años, pero algunas características pueden notarse desde los 12 meses. Especialmente con el progreso de las imágenes médicas y los últimos enfoques de aprendizaje automático de vanguardia. Diferentes modalidades, como la resonancia magnética estructural (sMRI), la resonancia magnética funcional (fMRI) y las imágenes por tensor de difusión (DTI), se utilizan ampliamente para analizar las características estructurales y funcionales del cerebro. (Haweel et al., 2019)

Hay un interés ascendente en entender el cerebro y las asociaciones de lenguaje en trastorno del espectro autista (TEA). Un considerable número de estudios están investigando estas asociaciones han usado el coeficiente de inteligencia verbal (VIQ) como su métrica primaria de lenguaje forma y contenido. (Leticia Ribeiro de Oliveira et al., 2020)

El Trastorno de Espectro Autista tiene varias características identificables a simple vista para poder plantearte si alguien sufre de esta condición. Identificar estos síntomas serian la primera parte en el proceso de diagnóstico y poder hacer un análisis más profundo.

Como menciona (Iyer et al., 2017) estas son algunos de estos síntomas:

1. Deficiencias sociales: comunicarse e interactuar con los demás, sus gestos y expresiones no coinciden con el contexto o sus palabras, incapaces de predecir o comprender las emociones de los demás, contacto visual inconsistente, etc.
2. Comportamientos repetitivos: repetición continua y no intencional de una actividad en particular.
3. Comportamientos restrictivos: interés solo en un objeto o tema específico, ansiedad o hiperactividad cuando está fuera de la rutina.

Es importante notar este tipo de síntomas para poder proceder con terapias posteriores. A continuación, un ejemplo de como se observan este tipo de comportamientos "Nuestro hijo, Tom, diagnosticado de trastorno de espectro autista, desarrolló un gran interés por los trenes a la edad aproximada. Este intenso nivel de interés provocó algunas fricciones en nuestra familia. Por ejemplo, cada vez que visitábamos un zoológico local, solo le interesaba viajar en los trenes del zoológico. Al principio, esta obsesión parecía típica hasta que nos encontramos planificando todas nuestras vacaciones familiares en torno a oportunidades para ver o viajar en trenes. A la edad de 3 años, solo tenía 14 palabras de vocabulario y entrenar era una de ellas. Cualquier conversación que mantuvimos giraba en torno a los trenes, y esto interfería con sus relaciones con sus compañeros e incluso con su hermana. No jugaba ni hablaba de nada más ". (Othman & Mohsin, 2017)

Algunas personas están estudiando cómo utilizar informaciones que brindan los pacientes que padecen de TEA para diagnosticarlos. Lo que se hace es grabar días enteros del habla del paciente luego se comparan con grabaciones de personas con crecimiento normal.

En el presente estudio, el objetivo fue caracterizar la dinámica temporal del habla y los gestos que acompañan al habla en el TEA mediante grabaciones naturalistas de adultos de alto funcionamiento con y sin TEA. Usando grabaciones naturalistas del habla de ambos grupos de diagnóstico, analizamos diferentes cuantificadores. Primero, el bloqueo temporal entre la cantidad de movimiento y el volumen del habla proporcionó una medida imparcial de la. En segundo lugar, segmentar los gestos utilizando un enfoque lingüístico clásico nos permitió comparar el desempeño de los participantes con la literatura existente. Finalmente, recopilamos calificaciones de la calidad de la comunicación para evaluar el impacto de los gestos en la percepción general del habla. (Lambrechts et al., 2014)

3.1.1.1 Tipos de TEA

Como cualquier otra condición el Trastorno de Espectro Autista también varía entre personas dando como resultado diferentes tipos de intensidad en los que se presentan. Para realizar las clasificaciones se utilizan diferentes test, vistos más adelante en el diagnóstico, para identificar así la gravedad de los síntomas y como abordar mejor la situación con respecto al niño y que terapias tomar.

Aunque existe una heterogeneidad considerable entre los niños con autismo, se pueden hacer algunas generalizaciones. Por ejemplo, Wing y sus colegas dividieron tres subtipos de comportamiento social. El distante, el pasivo y el activo, que capturan muchas de las manifestaciones del autismo que se observan en el niño en edad escolar (Julie A. Kientz et al., 2020). Hoy en día las etiquetas en las que Wing y sus colegas habían clasificado no son tan bien vistas, pero en la década de 1970s fue muy útil para la diferenciación entre individuos con TEA. También es muy probable que el perfil distante se describa como "autista clásico". Se describen como que estos niños no buscan, y pueden evitar activamente, el contacto con otros y pueden angustiarse mucho si se les obliga a hacerlo. Además, se menciona que estos no tienen problemas a la hora de expresarse verbalmente. Estos niños con autismo se caracterizan por su falta de respuesta y la falta de intentos de iniciar interacciones tanto con sus compañeros como con los adultos (Rutter, 1974).

Los autistas distantes se caracterizan por el constante alejamiento de situaciones sociales en las que deben participar. Este tipo de personas como apuntaba Julie A. Kientz anteriormente no buscan ningún tipo de contacto y tratan de evitarlo de todas las formas posibles, se ven estresados e incómodos si se ven obligados a esto. Esto causa problemas a la hora de la inclusión de individuos con TEA en la sociedad, tema que será abordado más a profundidad más adelante, generando así roces y la persona con TEA no generando relaciones de amistad con facilidad más allá de familiares.

Dado los apuntes de Wing y sus colegas nos damos cuenta que se logró clasificar de buena forma a los individuos con la condición autista logrando hacer una subdivisión eficiente basada en sus condiciones de habla e interacción.

El grupo pasivo incluye a los niños que no evitan activamente el contacto social con otros, pero que, sin embargo, carecen de la comprensión espontánea e intuitiva de la interacción social que se logra en los niños con un desarrollo normal. Pueden aceptar los enfoques sociales de los demás, pero a menudo no tienen las habilidades o el interés para responder de una manera que otros niños podrían leer según corresponda. Sus comportamientos de comunicación y juego pueden ser más rígidos que los de sus compañeros en desarrollo y, a veces, estereotipados (Julie A. Kientz et al., 2020). Dadas a estas condiciones estos individuos tienden a obtener mejores resultados en términos de lenguaje y habilidades motoras que los del grupo 'distante'. Algunos niños con autismo que comienzan mostrando un patrón de comportamiento distante luego se adaptan mejor al grupo pasivo.

Entre el grupo pasivo y el distante, como se menciona anteriormente, a priori hay varias similitudes entre ambos. Los síntomas preliminares son bastante similares y no es hasta que se realiza un estudio más a profundidad que se logra saber cuál es el diagnóstico correcto.

Los niños activos pero raros son aquellos a los que generalmente se les describe actualmente como personas con autismo de "funcionamiento superior" o que ni siquiera se identifican con un diagnóstico de autismo en absoluto. Buscan activamente el contacto con los demás, pero la forma y la calidad de sus enfoques sociales son atípicas y, en ocasiones, los adultos

o los compañeros en desarrollo pueden interpretarlos como inapropiados. Estas personas experimentan dificultades para relacionarse socialmente con sus compañeros, a pesar de que pueden tener habilidades lingüísticas considerables y pueden estar interesadas en comunicarse con los demás. Los comportamientos comunes a este grupo incluyen preguntas repetitivas, toques inapropiados, conversaciones centradas exclusivamente en los propios intereses estrechos del niño y expresiones faciales, posturas y gestos inesperados (Julie A. Kientz et al., 2020).

Los niños autistas activos ya son un nivel de autismo más bajo incluso algunos no los identifican como tal y son diagnosticados con diferentes condiciones dado a que están en el borde de varias. Tal y como menciona Julie, estos no tienen problemas del habla y comunicación más allá de hacer comentarios o acciones inapropiadas para una conversación normal. El diagnóstico siempre varía entre quien lo haga y como se lleve a cabo. Posteriormente, serán descritos los diferentes tipos de diagnósticos con varios ejemplos de cada uno y se verán porque el diagnóstico podría variar. Todo esto anteriormente descrito es una de las diferentes clasificaciones que existen, en este caso Wing et al. Describieron en tres diferentes grupos, pero hay otro tipo de clasificaciones como la propuesta.

Para empezar, asumimos que la identificación de TEA se puede considerar como un problema de clasificación de texto con TEA positivo y negativo como dos clases. Primero se desarrolla un modelo de clasificación para categorizar los registros de El y luego se utiliza para predecir la clasificación de los registros etiquetados como "impedimento del habla y la expresión" o "retraso del progreso no explícito". Comparamos la efectividad de tres métodos populares de aprendizaje automático: Naïve Bayes, Regresión logística bayesiana y Máquina de vectores de soporte, entrenados por características con tres representaciones: booleano, frecuencia de término y frecuencia de término por frecuencia de documento inversa. Para construir un conjunto de características útil para la clasificación de TEA, se construye una ontología de TEA unificada y se utiliza para elegir un conjunto de características de unigrama centrado en los síntomas de TEA. Examinamos qué tan bien funciona el algoritmo de clasificación y exploramos los factores clave que desafían el problema de clasificación (Liu et al., 2013).

3.1.1.2 *Diagnostico Tradicional*

El método tradicional de detección del autismo se basa en un cuestionario y una evaluación de expertos. Por ejemplo, la entrevista de desarrollo, dimensional y de diagnóstico (3DI) se utiliza para detectar personas con TEA desde la primera infancia hasta la edad adulta. La duración típica de la evaluación varía de 1,5 a 2 horas. Otro cuestionario es el Autism Spectrum Disorder-Observation for Children (ASDOC) como una escala de observación, que consta de 45 ítems y se utiliza para observar y calificar los síntomas autistas centrales, incluidos el deterioro social, los déficits de comunicación y las conductas repetitivas (Moghadas & Moradi, 2018).

Aparte de ASDOC también existen otras variantes tales como la escala de calificación del autismo infantil, la entrevista de desarrollo, dimensiones y diagnóstico, la La entrevista de diagnóstico de autismo revisada entre otras.

La Escala de calificación del autismo infantil (CARS) es una escala popular que se usa con frecuencia para ayudar en el diagnóstico de TEA en niños. Puede distinguir entre niños con autismo y niños con otros trastornos de retraso del desarrollo como retraso mental. Estudios adicionales apoyaron la utilidad de CARS en el diagnóstico de TEA en adolescentes y adultos. CARS consta de 15 elementos que cubren diferentes síntomas de TEA y proporciona una comparación confiable de los comportamientos y habilidades de un niño afectado con el crecimiento esperado del desarrollo de un niño sano. Cada elemento se puntúa de "1" (comportamiento normal) a "4" (comportamiento gravemente anormal). Las puntuaciones entre 30 y 37 indican un TEA leve a moderado, mientras que las puntuaciones entre 38 y 60 indican un TEA grave. (Sharma et al., 2018)

La Entrevista de Desarrollo, Dimensiones y Diagnóstico (3di) es una entrevista por computadora e investigadora con los padres / cuidadores. Contiene 740 artículos; 183 ítems evalúan los antecedentes demográficos, 266 ítems evalúan los síntomas del TEA y 291 ítems examinan la comorbilidad potencial con otros trastornos. Las respuestas se puntúan de "0" (sin evidencia de conductas deterioradas) a "2" (evidencia definitiva de dicha conducta). El 3di se

puede utilizar para diagnosticar a las personas con TEA desde la primera infancia hasta la edad adulta y, por lo general, la duración de la evaluación varía de 1,5 a 2 h. (Sharma et al., 2018)

La entrevista de diagnóstico de autismo revisada (ADI-R) es un cuestionario basado en científicos para padres, cuidadores de niños y adultos para posibles personas con TEA. Contiene 93 ítems que evalúan específicamente diferentes comportamientos en diferentes edades, incluida la interacción social recíproca, el lenguaje y la comunicación, los comportamientos o intereses repetitivos estereotipados y los criterios de edad de inicio. Por lo general, se califica de "0" (sin evidencia) a "3" (gravedad extrema de la alteración del comportamiento), tarda de 2 a 3 horas en completarse y solo se puede administrar a niños con edad mental de 2 años o más.

Basándonos en los resultados de las pruebas se pueden determinar así los niveles de autismos presentes en la persona y así evaluar diferentes formas e intensidades de las terapias a efectuarse.

Con base en la validez, el beneficio y la aplicabilidad de los instrumentos de cribado para la práctica clínica, las guías clínicas recientes mostraron que no existía un cuestionario que pudiera recomendarse como prueba diagnóstica. Estas pautas recomiendan una combinación de observación directa del comportamiento e informes de padres / cuidadores para el diagnóstico de TEA. (Moghadas & Moradi, 2018)

De todas formas, los diagnósticos tradicionales son suficientemente eficientes en identificar el autismo en niños. Para lograr sacar valores más cuantificables se procede al uso de otros medios que más adelante serán descritos en la parte de diagnóstico innovador, ya no es solo evaluado por psicólogos sino también por ingenieros y técnicos en conjunto por medio de diferentes estudios y evaluaciones.

3.1.1.3 Diagnostico Moderno

Con el surgimiento activo de la tecnología en la vida moderna nace la oportunidad de poder usar esta tecnología en ámbitos médicos. En este caso por medio del uso de tecnología poder diagnosticar el Trastorno de Espectro Autista de manera eficaz. El uso de algoritmos de

aprendizaje automático en aplicaciones médicas permite un diagnóstico rápido y preciso de enfermedades.

El diagnóstico de Trastorno de Espectro Autista ha evolucionado con el surgimiento de la tecnología y su inserción en evaluaciones médicas.

Hoy en día, las modalidades de imágenes cerebrales son una herramienta poderosa para diagnosticar el autismo. La resonancia magnética estructural y la resonancia magnética funcional en estado de reposo son las modalidades de imagen comúnmente incorporadas adoptadas para los sistemas de clasificación. Si bien la resonancia magnética funcional de tarea ofrece datos predictivos sobre el deterioro funcional del cerebro y los biomarcadores, hubo pocos intentos en la literatura para identificar utilizando la resonancia magnética funcional de tarea. (Haweel et al., 2019)

La capacidad de cómputo de los ordenadores no solo se está utilizando para juegos o programas de recreación, "El uso de algoritmos de aprendizaje automático en aplicaciones médicas permiten un diagnóstico rápido y preciso de enfermedades" (Sartipi et al., 2018).

Haweel et al. proponen un modelo interesante para la detección de TEA y lo hacen por medio del cerebro tal. Como ya es sabido el cerebro tiene un papel fundamental en el TEA y a la hora de la realización de la resonancia hay ciertos factores a destacar para el diagnóstico y dependiendo de la cantidad presente de determine que tanto le afecta internamente.

Otro ejemplo de diagnóstico es en el que por medio de técnicas automatizadas de procesamiento de voz se identifican y cuantifican anomalías a la hora de expresarse (Eni et al., 2020) con este dato y después de evaluaciones pueden servir como primer indicador de presencia de TEA en un niño. También dichos pueden decir la gravedad de los síntomas y después cuantificar las mejoras o deterioro que estos tendrán con el tiempo.

Varios estudios recientes han utilizado algoritmos de procesamiento del habla automatizados para examinar las grabaciones del habla de los niños angloparlantes con TEA. Los más destacados son los que han utilizado el sistema Language Environment Analysis (LENA), un

sistema disponible comercialmente que permite largas grabaciones de audio de los niños en su entorno natural durante varios días. Estas grabaciones se segmentan automáticamente en segmentos de habla que se agrupan por hablante, y el niño se identifica por su tono relativamente alto. Los estudios que utilizan LENA han informado que los niños con TEA difieren significativamente de los niños con desarrollo típico (TD) en el grado de expresión, la cantidad de vocalizaciones, la longitud de las sílabas, la claridad de las transiciones de los formantes y la cantidad de reciprocidad vocal (es decir, turno de conversación tomando) (Eni et al., 2020).

Después de esto nos percatamos que si existen otras formas además de las tradicionales para el diagnóstico de esta condición y es que el cerebro y habla tienen un efecto importante en el descubrimiento de TEA en una persona. Evidentemente para proseguir a estos estudios se tienen que visualizar primeramente los síntomas anteriormente mencionados y ser evaluados por expertos. Estos procedimientos de diagnóstico sirven como indicadores para que después haya un estudio más cercano, pero por sí solos aún no se logra la detección eficiente. Los métodos modernos de diagnóstico aún no están del todo avanzados y todavía dependen de los tradicionales en ciertos aspectos, pero tal y como avanza la tecnología pronto los sustituirán.

3.1.1.4 El TEA en Números

El TEA es una enfermedad que conlleva diferentes síntomas y manifestaciones, "El procesamiento sensorial se refiere a la recepción, modulación, integración y organización de los estímulos sensoriales. Procesamiento sensorial atípico es altamente prevalente en individuos autistas, con tasa de hasta noventa porcientos" (M.F. Werkman et al., 2020).

El rápido aumento en el número de niños con autismo en todo el mundo se está volviendo notorio en todo el mundo tal y como se puede observar en la Figura 2, lo que ejerce una gran presión sobre la humanidad para que desarrolle soluciones tecnológicas modernas para mejorar las vidas de estas personas con autismo. Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos estimaron que en 2014 alrededor del 1 por ciento de la población mundial tenía alguna forma de trastorno del espectro autista. Dado que aún no se ha

encontrado el medicamento para curar el autismo, muchos investigadores están explorando nuevas formas de ayudar a mejorar el estilo de vida de estos niños. (Bharatharaj et al., 2017)

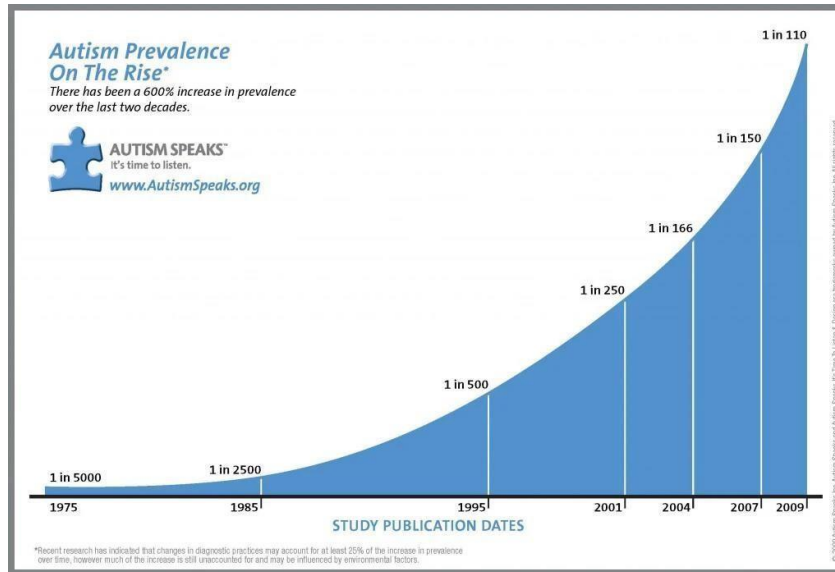


Figura 1. Casos de Autismo Mundiales

El autismo es un trastorno que ocurre en la primera infancia debido a razones no definidas aún. Investigaciones relacionadas indican que ha habido un aumento sostenido en la prevalencia del autismo en los últimos años y que hay aproximadamente un caso de autismo por cada cien niños en el Reino Unido. (Li et al., 2016)

El trastorno del espectro autista (TEA) ahora afecta, en promedio, a 1 de cada 88 personas en Estados Unidos, aproximadamente el 1% de la población total, un aumento del 78% durante un período de seis años. El TEA abarca un espectro de trastornos del desarrollo que se manifiesta a través de problemas con la interacción social, la comunicación, tanto verbal como no verbal, y la rigidez o la conducta repetitiva. El TEA tiene un impacto de gran alcance en la sociedad, así como en el individuo afectado y su familia. (Liu et al., 2013)

Según la estimación conservadora de China Institution en 2012, el número total de niños con autismo en China es más de 1,5 millones. Dado que no existe una cura médica específica para el autismo, los tratamientos y capacitaciones de educación especial se llevan a cabo

principalmente para ayudar a los niños a promover la modificación de la conducta y mejorar su independencia (Li et al., 2016).

Otros estudios sugieren una mayor cantidad de personas con TEA en el género masculino por sobre el género femenino. También menciona otros datos tales como la estimación de prevalencia y la educación sobre el autismo en niños.

El autismo se diagnostica con mayor frecuencia en hombres que en mujeres genéticamente, con una proporción de 4: 1 ampliamente informada en todas las muestras. Estudios más recientes que se enfocan en niños en edad preescolar utilizan medidas de diagnóstico estandarizadas de confiabilidad y validez establecidas, emplean técnicas de verificación activa y arrojan estimaciones de prevalencia de 60 a 70 por 10,000, lo que se traduce en aproximadamente 1 de cada 150 en todo el espectro del autismo. En el momento de redactar este artículo, las estimaciones más recientes de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) sugieren una tasa de 1 de cada 59 niños, pero no indican una tasa de prevalencia para los adultos. Otro estudio informó que 1 de cada 50 estudiantes en las escuelas de EEUU recibe servicios relacionados con el autismo, aunque ninguna réplica independiente ha confirmado esta estimación de prevalencia (Julie A. Kientz et al., 2020) (p3).

El TEA en el Líbano es de una pendiente creciente, mientras que el amamantamiento al parecer está reduciéndose. (Lama Shamsedine et al., 2020)

Es de llamativo interés que el TEA parece estar aumentando en todas partes del mundo. Estudios confirman que existe una relación entre las influencias genéticas tales como gemelos y la heredabilidad del TEA. Hasta hace poco no existía casi información sobre esta enfermedad y ello relacionado a la falta de conciencia en las personas para esta condición. Actualmente mas estudios han salido para brindar estos tipos de datos y mostrar relaciones de causas de la enfermedad.

La evidencia de las influencias genéticas en el TEA se ha establecido a través de estudios de gemelos y familias, con estimaciones de heredabilidad que oscilan aproximadamente entre el 50 y el 90% y las tasas de recurrencia entre hermanos no gemelos se acercan al 20%. La

heredabilidad de un fenotipo de autismo más amplio, que incluye diferencias leves en la comunicación social, la cognición y el funcionamiento ejecutivo, sugiere que factores poligénicos aditivos explican muchos casos de TEA. Los estudios de asociación de todo el genoma (GWAS) brindan más apoyo a las contribuciones de la varianza alélica común al fenotipo más amplio de TEA, incluidos los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) y las NVC comunes (Arnett et al., 2019).

La genética juega un papel destacado en los TEA. Los estudios que evalúan la prevalencia de TEA encontraron que, en gemelos idénticos, si un gemelo tiene TEA, entonces el otro tendrá 36% -95% de posibilidades de tener TEA también. En los gemelos no idénticos, si un niño tiene TEA, la probabilidad de que el otro gemelo tenga el mismo trastorno se reduce al 0-30%. Los hermanos de niños con TEA tienen un riesgo de 2 a 8% de desarrollar también el trastorno, y esto aumenta a 12 a 20% si el niño afectado muestra déficits en uno o dos de los tres dominios afectados por el autismo. Los síntomas del TEA tienden a expresarse con mayor frecuencia en pacientes con afecciones genéticas o cromosómicas. Aproximadamente el 10% de los niños con TEA también tienen síndrome de Down o síndrome de X frágil. (Sharma et al., 2018)

Los primeros estudios sobre factores genéticos en los TEA fueron estudios de ligamiento genético en familias múltiples con el objetivo de identificar regiones cromosómicas que son coheredadas por individuos afectados. Solo unos pocos estudios descubrieron loci que cumplían con los umbrales de significación de todo el genoma debido a los pequeños tamaños de muestra y los escasos conjuntos de marcadores utilizados. Además, la mayoría de los loci identificados no se replicaron en estudios posteriores. Solo dos loci se han replicado con éxito: un mapeo al cromosoma 20p13 (Weiss et al., 2009) y un mapeo al cromosoma 7q35 que puede estar asociado con el gen CNTNAP2. También se han utilizado estudios de ligamiento para mapear regiones cromosómicas asociadas con endofenotipos de TEA. Fenotipos cuantitativos como el retraso del lenguaje y la capacidad de respuesta social se han relacionado con CNTNAP2 en el cromosoma 7q35 y más recientemente con dos picos significativos en todo el genoma en el cromosoma 8, respectivamente (Ramaswami & Geschwind, 2018).

Tomando todo esto en cuenta sabemos que existe un crecimiento generalizado de TEA en la población, el problema es que aún no se sabe si se debe a las mejoras en los métodos de diagnósticos y sus criterios, mayor conciencia del trastorno, un verdadero aumento de casos o una combinación de todos estos mencionados. De igual manera, así como existe el crecimiento de casos también existe el crecimiento de tratamientos y terapias asociadas para ayudar a personas con trastorno de espectro autista.

3.1.2 Dificultades de vivir con TEA

El grupo objetivo, los niños autistas, es muy desafiante. Incluso un profesional capacitado, con años de experiencia médica, a veces puede tener dificultades para anticipar correctamente la reacción de un niño a algo o para ajustar los módulos de aprendizaje. Esto hace que sea difícil predecir las reacciones de los niños y programar un conjunto fijo de ejercicios, lo que significa que es necesario un enfoque modular (Ackovska et al., 2017).

“Las emociones son características relevantes de la vida cotidiana de las personas, que informan y dan forma a nuestras acciones e interacciones sociales” (C.F. Huggins et al., 2020). Padecer de TEA hace que la conciencia de nuestras propias imperfecciones y temas psicológicos sean muy difíciles de tratar.

Como ya es sabido el mayor problema de personas con TEA es la capacidad de desenvolverse verbal y no verbalmente lo que resulta en los niños siendo incapaces de expresar lo que sienten o necesitan. Esto significa un impedimento a la hora de la socialización con personas de su misma edad ya que los demás no son capaces de entender ciertas actitudes de la persona con TEA.

En muchos casos los padres de niños con TEA generan muchos problemas de estrés debido al cuidado que requiere tener hijos con estas condiciones.

Los padres que crían a un niño en el espectro del autismo enfrentan un conjunto único de desafíos y deben enfrentar múltiples demandas en su vida diaria. Estos cuidadores han informado un aumento de la angustia y peores resultados psicológicos que los padres de niños con

desarrollo típico y los de otras discapacidades. Al mismo tiempo, los padres de niños con discapacidades, incluido el TEA, han demostrado resiliencia y crecimiento como resultado de esta experiencia de cuidado (J. Meleady et al., 2020).

Los padres de niños con trastorno de Espectro Autista presentan diferentes inconvenientes por sobre los padres de niños con desarrollo normal. Claramente concebir un hijo con algún trastorno que le impida hacer relaciones normales y comunicarse de manera normal es desafiante cuanto menos. Varios estudios muestran el efecto negativo que conlleva el TEA en un padre.

“Las madres de niños con TEA han experimentado altos niveles de ansiedad y depresión” (Ahmed M. Megreya et al., 2020). EL TEA no solo hace sufrir a la persona que lo padece, sino que también a su familia.

Ser padres de niños con discapacidades es estresante y se han realizado numerosas investigaciones sobre el impacto de tener un hijo con TEA sobre los resultados negativos de los padres. Debido al dominio de la investigación que se centra en los aspectos negativos y las consecuencias de tener un niño con TEA, se sabe menos sobre la naturaleza y el impacto de los aspectos positivos de esta experiencia de cuidado. El enmarcar las dificultades de los padres como emanadas directamente de las deficiencias de sus hijos no ofrece una conceptualización sistémica de las experiencias de los padres. Una representación más holística de la vida familiar considera la posibilidad de que los padres posean una variedad de puntos de vista sobre el diagnóstico de su hijo, que abarcan aspectos positivos y negativos coexistentes (J. Meleady et al., 2020).

Claramente los más afectados por la situación son los diagnosticados con TEA. El Trastorno de Espectro Autista causa los inconvenientes ya mencionados en comunicación e interacción, pero es que además puede traer problemas físicos y psicológicos.

Según la Organización Mundial de la Salud, el TEA afecta a un niño de cada 160; y estas personas con TEA enfrentan problemas de depresión, trastorno por déficit de atención con hiperactividad (Tamilarasi & Shanmugarn, 2020).

Otro de los grandes inconvenientes que se presentan en personas con Trastorno de Espectro Autista es el acoso escolar o "Bullying" que se presenta cuando un alumno es abusado física o psicológicamente de parte de otro alumno de su mismo centro escolar o aula. El bullying es un problema que se viene dando desde hace mucho tiempo y está presente hacia todo tipo de personas. No necesariamente el acoso escolar se dirige hacia personas con espectros. Aun con esto el acoso escolar afecta de diferente manera a personas con TEA ya que estas son más vulnerables a ello por su falta de comunicación y dificultades de generar amistades y relaciones.

Existe una creciente evidencia de que los niños con TEA tienen un mayor riesgo de ser víctimas de acoso escolar que sus compañeros de desarrollo típico (TD); sin embargo, no se comprende bien cómo sus experiencias de comportamiento de intimidación pueden diferir de las de sus compañeros con necesidades especiales sin TEA. Aunque cualquier niño con necesidades especiales puede ser visto como "diferente" por sus compañeros TD y, por lo tanto, señalado como victimario, las personas con TEA tienen factores de riesgo adicionales debido a déficits primarios en la interacción social. Debido a sus deficientes habilidades de comunicación y sus limitadas redes sociales, los niños con TEA tienen dificultades para establecer y mantener relaciones positivas con sus compañeros. Esta situación empeora junto con la gravedad del TEA, lo que pone a los niños con TEA en mayor riesgo de ser víctimas de acoso. (Eroglu & Kilic, 2020)

"La mayoría de estudios apuntan a el éxito académico de las personas con TEA se han concentrado hasta ahora en las características del niño y no en factores externos" (Emily McDougal et al., 2020). Aunque el éxito académico para las personas con TEA es posible, es conveniente arropar al paciente de la mejor manera para que pueda concentrarse mayoritariamente a sus metas escolares.

"Los niños con autismo con inteligencia normal difieren en temas de temperamento con niños con crecimiento normal" (Iwona O. & Ewa P. et al., 2020). Aunque una persona que padezca de TEA pueda presentar niveles de inteligencia altos, esta afección siempre se manifiesta de alguna manera.

“A pesar de que las experiencias percibidas como placenteras son generales en los niños, los padres y maestros de niños con TEA casi siempre reportan experiencias negativas” (Elizabeth K. et al, 2020). Maestros y padres deben de estar al pendiente de los pacientes ya que si no se revisan con frecuencia es posible que puedan existir riñas con otros niños.

Las deficiencias en el procesamiento de la recompensa social provocan una disminución de la orientación social, la búsqueda y el agrado de las interacciones sociales y los comportamientos de mantenimiento social, que en última instancia se manifiestan como déficits globales en el funcionamiento social. Aunque la hipótesis de la motivación social es consistente con las teorías conductuales tempranas (es decir, el entorno social no es un reforzador), difiere al enfocarse en los marcadores neuronales o neuropsicológicos del procesamiento de la recompensa en lugar del comportamiento manifiesto. Además, la hipótesis de la motivación social y la teoría de la ceguera mental son similares en que ambas: (1) son cuentas sociales, (2) no explican directamente los déficits no sociales en los TEA (por ejemplo, conductas repetitivas, discapacidad intelectual) y (3) no explica los déficits sociales en otros trastornos. Sin embargo, las dos teorías divergen en la dirección causal de las variables. Dentro del marco de la ceguera mental, los déficits inherentes en la cognición social (es decir, la teoría de la mente) conducen a un menor interés en las interacciones sociales. Dentro del marco de motivación social, la disminución inherente del interés en las interacciones sociales conduce a déficits en la cognición social. Más allá de tener en cuenta el comportamiento social atípico en personas con TEA, este marco motivacional también puede explicar por qué los individuos con desarrollo típico se involucran en comportamientos sociales. (Bottini, 2018)

Los pacientes con TEA tienen un mayor riesgo de desnutrición debido a una menor ingesta de energía, disfunción gastrointestinal, indigestión y mala absorción de nutrientes. Por lo tanto, siempre se debe evaluar el estado nutricional de los pacientes con TEA para descartar cualquier deficiencia de nutrientes. Los estudios que examinaron el estado dietético y nutricional de los pacientes con TEA informaron que todos los niños estudiados tenían bajo peso y que sus alimentos incluían cantidades insuficientes de vitamina D, calcio, potasio, hierro y fibra. (Sharma et al., 2018)

Después de observar los múltiples inconvenientes presentados por ser diagnosticado por esta condición se remarca más la importancia de un diagnóstico pronto para efectuar terapias lo antes posible. Las terapias forman una parte importante en el tratamiento de TEA, en especial en niños pequeños. También es importante la comunicación y crear conciencia sobre el problema en los menores haciendo entender a los niños sobre el problema y como ayudar a otros y así evitar el acoso escolar.

3.1.3 Terapias tradicionales

Existen diferentes formas de sobrellevar el trastorno de espectro autista, ahora nos enfocaremos en las terapias más convencionales y que se vienen haciendo desde hace un tiempo ya. Estas terapias tradicionales son bastante funcionales y útiles para personal médico terapeuta que trata con pacientes con TEA, posteriormente se verá otra que se espera que lograra sobrepasar a esta y ser la nueva normalidad en la terapia de TEA. Como ya se mencionó anteriormente las personas con TEA tienen ciertas condiciones que los hacen difíciles de tratar incluso para ciertos profesionales del ámbito, es por eso que se buscan este tipo de formas más globales/generalizadas para tratar a estas personas y buscar atención, calma y concentración de parte del paciente para hacer una evaluación más efectiva y amena.

“La suma de niños con TEA se está acrecentando año tras año. Sin embargo, todavía hay una falta de eficacia tratamiento para esos niños” (Jędrzejewska-Szczerska et al., 2015). Aunque la humanidad está creciendo en temas de conocimiento sobre el TEA aún no se concibe una terapia universal.

Los métodos tradicionales para manejar el autismo mencionados por Iyer et al. (2017) son:

1. Análisis de comportamiento aplicado (ABA): un método de enseñanza / aprendizaje uno a uno.
2. Tratamiento y educación de niños autistas y con problemas de comunicación relacionados (TEACCH): uso de imágenes y señales visuales.
3. Medicamentos: equilibran las sustancias químicas del cerebro.

4. Terapia ocupacional: evalúe el uso de juegos y habilidades de socialización, y luego trátelo.
5. Terapia del habla y el lenguaje: para que el niño hable con otras personas.
6. Fisioterapia - darse cuenta de la conexión de sus acciones con las consecuencias.

Uno de los métodos que se abarcaran a profundidad es el ABA el cual es un tratamiento especializado para la enfermedad, con diferentes estudios respaldando su validez y efectividad tal y como menciona Linstead et al. (2015):

El análisis de comportamiento aplicado (ABA) es un tratamiento bien establecido para el TEA. El tratamiento con ABA se inicia típicamente en el desarrollo temprano y se administra a alta intensidad (por ejemplo, 25 a 40 horas por semana) durante varios años. Los procedimientos de tratamiento ABA se basan en principios conductuales de aprendizaje y motivación, incluidos el refuerzo, la extinción, el control de estímulos y la generalización. Los programas integrales de tratamiento de ABA promueven la adquisición de habilidades en todas las áreas de desarrollo en las que un individuo muestra deficiencias, incluido el lenguaje, lo académico, las habilidades sociales, las habilidades de juego, las habilidades motoras, las habilidades de adaptación, las funciones ejecutivas y la cognición.

El tratamiento ABA para los TEA está respaldado por décadas de investigación. Lovaas realizó el primer ensayo controlado que evaluó el tratamiento con ABA para niños con TEA. Los resultados de los niños que recibieron tratamiento ABA de alta intensidad (es decir, más de 40 horas por semana) se compararon con los de los niños que recibieron tratamiento de baja intensidad (es decir, 10 horas por semana o menos). Los participantes de ambos grupos recibieron tratamiento durante al menos 2 años. Los resultados revelaron que el 47% de los niños en el grupo de tratamiento de alta intensidad lograron puntajes de CI de nivel promedio y tenían éxito en las aulas de educación general sin apoyo adicional en comparación con solo el 2% del grupo de tratamiento de baja intensidad. (Linstead et al., 2015)

Los estudios posteriores que evaluaron la eficacia del tratamiento con ABA para el TEA han mostrado resultados similares. Se han realizado varios metaanálisis sobre investigaciones

existentes. Los resultados de estos análisis revelaron mejoras significativas en las medidas de resultado del funcionamiento intelectual, el lenguaje, las habilidades de adaptación y las habilidades sociales. Si bien existen muchas intervenciones para los TEA, ABA es de los únicos tratamientos que está respaldado empíricamente por varios estudios revalidando así su efectividad. Esto en combinación con medicamentos, fisioterapia, etc. Hace que este tipo de terapia sea muy buena para las personas con TEA.

El tratamiento y la educación de los niños con problemas de comunicación relacionados con el autismo (TEACCH) es un enfoque educativo de por vida centrado en la familia para las personas con trastorno del espectro autista. Los servicios específicos proporcionados por los profesionales de TEACHH dependen de las necesidades de la familia y pueden incluir evaluación y diagnóstico, intervención, integración comunitaria, empleo y vida con apoyo. TEACHH sirve como alternativa al antes mencionado ABA y depende del paciente en cual se desenvuelve mejor, esto varía entre paciente y paciente.

Hoy el modelo TEACCH ya no es solo para niños y sus padres; ofrece programas para personas con autismo a lo largo de su vida. Por ejemplo, Van Bourgondien, Reichler y Schopler (2003) investigaron el uso del programa TEACCH en un programa residencial para adultos con autismo; Orellana, Martínez-Sanchis y Silvestre (2014) utilizaron un enfoque basado en TEACCH para aumentar el cumplimiento entre los clientes durante una evaluación dental; y Fischer-Terworth y Probst (2011) incorporaron elementos TEACCH en un programa de tratamiento para personas con demencia, por mencionar algunos ejemplos notables. A medida que TEACCH ha evolucionado durante el último medio siglo para satisfacer las necesidades de sus clientes, el contenido de los programas de TEACCH también ha evolucionado. Sin embargo, la filosofía centrada en la familia de TEACCH se ha mantenido inalterada. (Virués-Ortega et al., 2017)

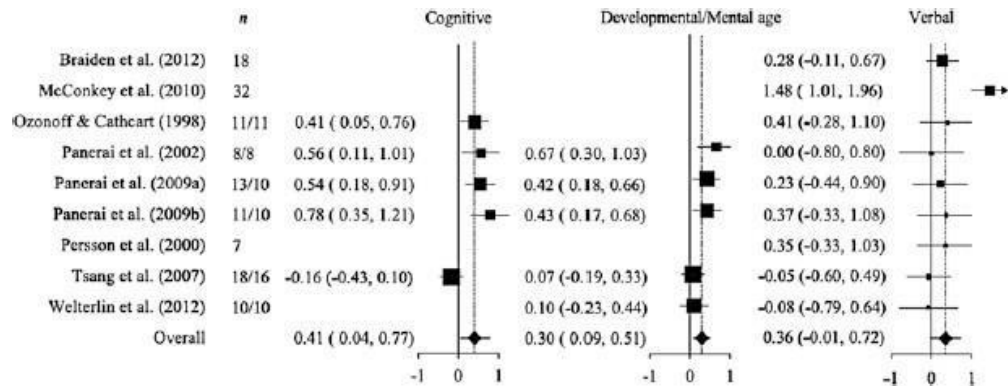


Figura 2. Tamaños del efecto e intervalos de confianza del 95% de los resultados TEACCH seleccionados. Los tamaños del efecto superiores a uno sugieren efectos de tratamiento favorables.

La musicoterapia puede ser particularmente eficaz en el TEA debido a su capacidad distintiva para cambiar potencialmente tanto la estructura como la conectividad funcional de la corteza, lo que permite una mayor integración multisensorial a través de los dominios corticales y subcorticales en las primeras etapas del desarrollo, cuya ausencia se postula ampliamente como la aberración neurofisiológica subyacente central en el TEA. Los pacientes diagnosticados con TEA generalmente muestran un sentido de la musicalidad conservado, e incluso aumentado, que se extiende hasta la edad adulta, con la capacidad de interpretar y responder a las emociones transmitidas en canciones o música incluso cuando no pueden hacerlo en el habla. En 2014, Shard y sus colegas demostraron una correlación neurofisiológica para esto al encontrar 22 niños con TEA, con diferentes niveles de funcionamiento, redes cerebrales temporales bilaterales activadas durante la percepción de la palabra cantada, de manera similar a un grupo de control emparejado por edad y género y ese frente funcional. La conectividad temporal, interrumpida durante la percepción de la palabra hablada, se conservó durante la escucha de la palabra cantada en el TEA. (Sharma et al., 2018)

Las terapias tradicionales han sido bastante fiables durante los últimos años. El problema de estas terapias será explorado en el siguiente capítulo envolviendo los costos de los mismos y porque se pretende aplicar aún más la robótica en el área de terapia para personas con TEA.

3.1.3.1 Costo de vivir con TEA

Los pacientes de TEA son sometidos a diferentes pruebas preliminares, terapias y evaluaciones durante mucho tiempo debido a su condición. Las intervenciones tempranas terapéuticas y educativas son fundamentales para las personas con TEA, pero los costos de esos servicios, junto con el transporte asociado y el tiempo de los padres / cuidadores, los hacen inaccesibles para muchos. Por suerte, los avances en informática y robótica han proporcionado medios para complementar esos servicios de salud. Brindando diferentes alternativas a este inconveniente.

Actualmente, el costo promedio estimado de por vida para la sociedad de una persona con TEA es de más de tres millones de dólares e incluye costos médicos directos, costos médicos indirectos y otros costos indirectos como la pérdida de productividad para los padres.

El costo de por vida incremental individual asociado con el TEA es de más de \$ 3.2 millones. Con su alta tasa de prevalencia y los costos asociados, una amplia gama de estudios ha explorado mecanismos para impactar positivamente las comunicaciones sociales de los niños con TEA, así como la mejora de sus resultados de desarrollo a largo plazo. Aunque una revisión de la literatura acumulada sugiere que algunas intervenciones pueden tener impactos positivos en la vida de los niños con TEA y sus familias, muchas familias luchan por acceder a la atención basada en la evidencia debido a su alto costo (a menudo más de \$ 100 / hora, con una intensidad recomendada de al menos 15 horas por semana) y escasez de médicos capacitados. (Zhang et al., 2020)

El costo de vida de una persona con trastorno de espectro autista es muy alto, las terapias tradicionales son efectivas, pero implican de mucha atención y mucho tiempo de especialistas, eso sube el costo de las sesiones y periodo en el que se hacen. Por ello como alternativa surge la robótica para la intervención y tratado de TEA. La robótica aun precisa de especialistas para monitorear, pero agiliza el proceso y con los avances tecnológicos actuales se espera que pronto sean cien por ciento autónomos.

3.2 Inclusión para Personas con TEA en la Sociedad

El Trastorno de Espectro Autista trae consigo muchas dificultades como fue mencionado anteriormente. Dada las condiciones del TEA se sabe las dificultades sociales que se presentan y en este capítulo se tratara de abordar más en como la enfermedad atiza contra las relaciones e interacciones sociales de los niños con TEA impidiéndoles tener relaciones de amistad más naturales. En todo caso este capítulo estará muy enfocado en las interacciones sociales en el ámbito escolar ya que es donde un niño pasa la mayoría de su tiempo aparte de con su familia, donde hace sus primeras amistades y tiene sus primeras interacciones con personas de su edad.

Los juegos son una parte importante en la vida de cualquier infante, lastimosamente las personas que padecen de TEA en especial niños no pueden formar parte de ellos. Las personas con TEA tienen dificultades al querer entrar en diversos círculos sociales, debido a características que son inherentes a su condición. Usualmente en las terapias para el TEA se hacen minijuegos educativos, ya sea que el paciente realice una acción y recibe una recompensa por ello o se hacen juegos meramente con fines recreativos para estimular las habilidades sociales del paciente.

La música también se suele utilizar en las terapias para el TEA, en si cualquier cosa que nos pueda ayudar para que el paciente se sienta más cómodo y relajado a la hora de la terapia es bienvenido. Si fuera posible combinar ciertos juegos educativos con música sería ideal. Hay que recordar que no todos los pacientes son iguales, talvez a algunos les llame más la atención ciertos sonidos que otros o que les gusten unos juegos más que otros son indispensables el pedir retroalimentación cada vez que sea posible.

Los niños con TEA tienden a participar en juegos independientes y repetitivos en lugar de jugar con otros. Tales déficits en las interacciones sociales pueden afectar negativamente las emociones y los comportamientos de los niños, lo que puede conducir a desafíos para formar relaciones más adelante en la vida. Los niños con TEA tienen dificultades para formar y mantener amistades con sus compañeros y participar en juegos colaborativos. Como resultado, los niños con TEA a menudo tienen tasas bajas de participación social, lo cual es preocupante porque aquellos que están socialmente excluidos tienen más probabilidades de experimentar

consecuencias físicas, mentales y sociales adversas como depresión, ansiedad y baja autoestima. Dado que la participación social es un predictor clave de la calidad de vida y el funcionamiento general, es fundamental desarrollar el funcionamiento social de los niños y jóvenes con TEA. Las habilidades sociales y las intervenciones de juego pueden ser un medio eficaz para involucrar a los jóvenes mientras desarrollan habilidades sociales. (Lindsay et al., 2017)

Entre los múltiples aspectos del desarrollo de la comunicación social, la orientación social es una de las habilidades más fundamentales y críticas que se desarrolla naturalmente en los niños. La orientación social indica una orientación espontánea a los estímulos sociales que ocurren naturalmente en el entorno de uno, que está estrechamente relacionado con otras habilidades importantes de comunicación social, como la atención conjunta. Desafortunadamente, los niños con TEA suelen mostrar importantes déficits en este desarrollo (Zheng et al., 2017).

En las escuelas los maestros reportan distintos problemas a la hora de tratar con niños con TEA, algunos comentan que llevar el mismo ritmo educativo para todos los niños es muy difícil, diversas estrategias se han implementado para solventar estos problemas, se han utilizado maestros ayudantes especiales exclusivamente con el propósito de ayudar a los niños con TEA a que comprendan los temas expuestos en clase, también se han utilizado sistemas de tutorías extracurriculares y sistemas de enseñanza en casa.

La motivación es un factor a consideración en el tratamiento a las personas con TEA, tanto la motivación del paciente y sus familiares, así mismo como del personal médico y docentes. Hay que recordar constantemente que el TEA requiere de muchos cuidados permanentes y que estos deben de ser cuidadosos y meticuloso.

En una revisión de las perspectivas de las partes interesadas sobre la inclusión de estudiantes con TEA en las clases generales, distintos estudios encontraron apoyo general entre padres y maestros para la inclusión. El conocimiento y la comprensión de los TEA, junto con el uso de estrategias efectivas y una buena comunicación entre el hogar y la escuela, fueron percibidos por padres y maestros como elementos clave para una inclusión exitosa. También identificaron muchas barreras potenciales para la inclusión exitosa, incluida la falta de

conocimiento sobre los TEA y las estrategias de enseñanza adecuadas, la falta de aprendizaje profesional, los factores de los estudiantes como la sensibilidad sensorial, el comportamiento desafiante y las habilidades sociales deficientes, y la falta de fondos para los ayudantes de maestros, educadores, recursos y equipo. (Stephenson et al., 2020)

Los maestros en diferentes estudios han reportado ciertos desafíos, incluyendo las demandas de tiempo requeridas para hacer adaptaciones curriculares y docentes, dificultades con las habilidades sociales y de comunicación de los estudiantes con TEA y problemas de conducta e interacciones inapropiadas. Los padres y educadores identificaron desafíos similares presentados por estudiantes con TEA, incluidas las necesidades sociales / emocionales, conductuales, de comunicación, sensoriales y académicas / de aprendizaje.

El consenso de la investigación es que la mayoría de los niños con autismo tendrán peores resultados en la educación, la salud y la vida que sus pares neurotípicos. Académicamente, los niños con autismo pueden tener dificultades debido a dificultades en el funcionamiento ejecutivo, como problemas con el cambio de atención, memoria de trabajo, autocontrol e impulsividad, y también dificultades con la flexibilidad mental y la iniciación de tareas. Los niños con autismo pueden tener altas tasas de comportamiento desafiante, y esto puede afectar su relación tanto con otros estudiantes como con sus maestros. Además, hasta el 63 por ciento de los niños con autismo presentan un trastorno del lenguaje concurrente, y esto puede tener un impacto en la capacidad del niño para seguir las instrucciones del aula, interactuar con sus compañeros y, fundamentalmente, acceder al plan de estudios. (Lorna Barry et al., 2020)

Sin embargo, las habilidades matemáticas fundamentales tienen un significado profundo en los autismos. Cuando los niños con autismo van a la escuela secundaria y la universidad después, el cultivo de la interpretación abstracta en su vida infantil juega un papel importante en su carrera académica. Mientras tanto, un estudio indica que los estudiantes con TEA tienen más probabilidades de matricularse en los campos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), lo que indica que la población podría ganarse la vida con sus habilidades en el área de STEM cuando se exponen a la sociedad; sin embargo, entenderlo es poco debido a la falta de estudios en adultos con TEA (Winoto et al., 2019).

Los estudios anteriormente mencionados indican que existen dificultades por parte del personal educativo al momento de tratar a personas con TEA. También cabe recalcar los resultados de otros estudios mostrando una habilidad grande en el ámbito tecnológico por parte de personas con esta condición. Esto recalca aún más la importancia de la introducción de la robótica a estas personas, ya que si son tratados con robótica se genera interés en estos temas y si existe un interés suficiente dedicarse posteriormente a estudiar este ámbito y destacar en el área de STEM.

3.3 Tecnologías para el tratamiento del TEA

“El uso de tecnologías interactivas para, por y en apoyo de personas con autismo ha crecido dramáticamente durante las últimas décadas” (Julie A. Kientz et al., 2020).

El avance tecnológico los últimos años ha tendido en aumento, hemos visto como diferentes ramas tecnológicas se han proliferado de manera acelerada; la inteligencia artificial y robótica son ejemplo de esto. Cada vez se hace más familiar el tener contacto con algún software que este orientado a la inteligencia artificial o el convivir con algún prototipo robótico ya sea en los hogares o trabajo.

“Se han desarrollado varias aplicaciones de pantalla que integran las herramientas existentes para detectar el autismo automáticamente. Se trata principalmente de aplicaciones web o de dispositivos inteligentes”. (Al Mamun et al., 2016)

Los avances tecnológicos están destinados a solventar necesidades que surgen en las sociedades y a veces una misma tecnología se puede usar en diferentes ámbitos para tratar de resolver problemas totalmente distintos; por ello es normal ver que diferentes técnicas se estén utilizando en múltiples disciplinas distintas, vemos como tecnología como las redes neuronales están siendo utilizadas en la industria de la producción agrícola, así como en la medicina.

El TEA es un problema que aún no tiene solución, es normal pensar que las personas que forman parte de los equipos de investigación de esta discapacidad utilicen métodos que en principio no estarían relacionadas con la medicina. Muchos equipos de investigación buscan

maneras más efectivas de poder diagnosticar el TEA mientras que otros buscan maneras de poder ayudar a las personas que lo padecen a que tengan una vida digna y puedan desarrollarse de manera correcta, evitando estereotipos y toda clase de discriminación.

La realidad virtual o aumentada también está teniendo un papel relevante en la medicina. Varios productos de realidad aumentada que están en el mercado se están utilizando para tratar de reducir los efectos de algunas enfermedades como el Parkinson, así lo menciona Damian & André, (2018):

Roisin McNaney y sus colegas propusieron un enfoque similar para ayudar a las personas con Parkinson, que a menudo "tienen una percepción deficiente de lo alto que están hablando". Su sistema de aplicaciones utiliza Google Glass para monitorear el volumen de la voz del usuario y brinda retroalimentación visual cada vez que cae por debajo de un umbral predefinido.

Cada vez más recursos, personas, países y compañías se están enfocando en generar proyectos de investigación relacionados a la aplicación tecnológica en la medicina. Dichos proyectos se seguirán apoyando y se avecinara la época en la cual el tener alguna discapacidad no sea motivo para no poder desarrollarse personalmente de manera adecuada.

En relación al TEA se están utilizando todo tipo de tecnología para tratamiento o diagnóstico. Se están efectuando muchos proyectos con redes neuronales para la diagnosis del TEA, también se utilizan pequeños robots para ayudar a que las persona que padecen de TEA puedan desarrollar ciertas habilidades motrices o sociales, así como también se están buscando diferentes tipos de software interactivo que sirva como recreación para estas personas. Muchos equipos de investigación implementan todo tipo distinto de tecnología a la hora de investigar un tema tan complejo como el TEA, integrando múltiples disciplinas como mecánica, electrónica, psicología entre otros.

Los robots que brindan servicios sociales se están volviendo cada vez más comunes, en escuelas u hogares. Muchos de estos robots están destinados a que los niños o usuarios desarrollen habilidades ligadas al lenguaje como lo menciona Aniketh & Majumdar, (2018):

Ali Meghdari presenta RASA (Asistente de robot para fines sociales), una plataforma social mecánica, utilizada para estimular instruir la comunicación persa basada en gestos para niños iraníes con problemas de audición y casi sordos, Seong Ju Park presenta ROBOSEM como un Asistente de enseñanza de inglés. Análisis cuantitativos se realizaron para comparar el rendimiento en inglés de los estudiantes con ROBOSEM. Se encontró que ROBOSEM trabajó para aumentar su inglés.

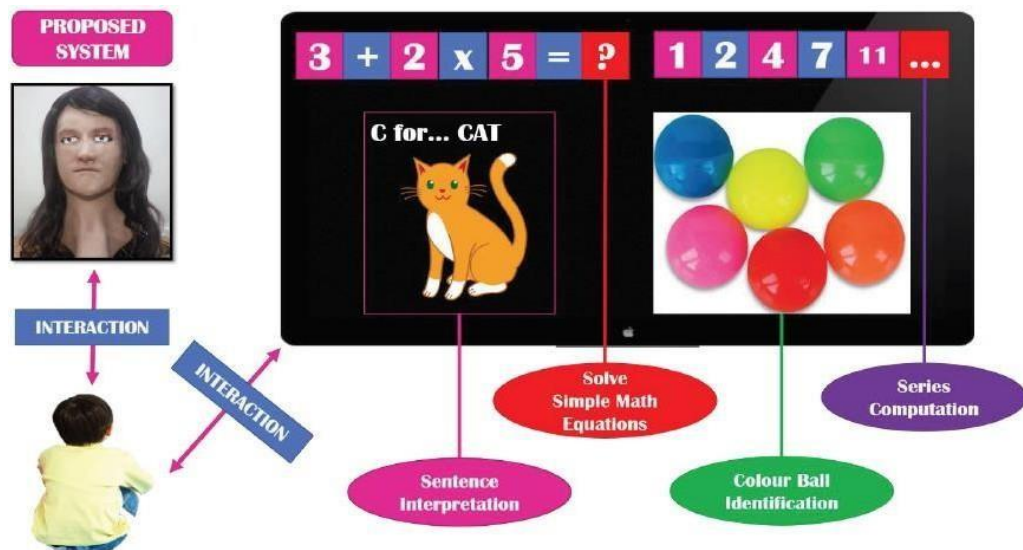


Figura 3. Sistema Propuesto por Aniketh & Majumdar, (2018)

Lo complicado referente al Trastorno de Espectro Autista y todas sus posibles manifestaciones está provocando que, durante los últimos años, se esté desarrollando un método de intervención muy prometedor, la terapia asistida con robots. Los Avances de la tecnología y los estudios han lanzado resultados muy buenos sobre la cuestión, junto con la reciente unión de la robótica a la educación hacen que nos planteemos la posibilidad de este método de intervención dentro de un contexto escolar. (Pinel et al., 2018)

En muchas de estas investigaciones se puede notar una mejoría en los usuarios de los robots, es necesario reconocer que el uso de aparatos tecnológicos en la terapia del TEA u otras afecciones puede conllevar a una mejoría a la salud y el estado de ánimo de los pacientes.

Las características de la tecnología que es desarrollada para combatir el TEA varían y pueden ser clasificadas de distintas maneras, Algunas se enfocan en la manera en la cual la plataforma tecnológica recibe información del usuario ya sea si el usuario tiene que escribir, moverse, tocar o decir algo para interactuar con la plataforma, "Una de las formas en que se definen las tecnologías interactivas es por sus modalidades de entrada y salida. Este es el canal por el cual las interacciones de una persona se transmiten a un sistema informático". (Karray et al., 2008).

La tecnología orientada al tratamiento del TEA tiene diferentes propiedades. Algunas tecnologías interactivas se orientan en la manera en la cual el aparato tecnológico le envía estímulos al usuario, pueden ser sonidos, imágenes, vibraciones, "Las modalidades de salida son formas en las que un sistema informático proporciona información que se puede percibir por el usuario. Estos se basan en gran medida en los cinco sentidos de los humanos y lo que son capaces percibir". (Julie A. Kientz et al., 2020, p. 18).

Esta categoría describe la madurez de la tecnología utilizada con personas con autismo y su preparación para su uso o distribución por parte del público en general. Concepto de diseño / Prototipo: La tecnología aún no es funcional. Puede ser una idea expresada como un boceto, maqueta de interfaz, etc. También puede incluir elementos no funcionales, pero prototipos interactivos como prototipos en papel, video prototipos, demos, etc.

Prototipo funcional: se ha desarrollado un prototipo funcional y se ha interactuado con los usuarios previstos para los fines objetivo. Ha sido construido para que lo utilicen los desarrolladores para responder preguntas específicas, pero puede requerir ayuda con la configuración, el uso o el mantenimiento. Producto disponible públicamente: la tecnología es lo suficientemente madura como para que se pueda utilizar sin ayuda de los desarrolladores o del equipo de investigación. Puede ser un producto comercial, software que código abierto o aplicaciones disponibles para descargar en sitios web o en mercados móviles. En ocasiones, el producto estaba disponible comercialmente en el momento de la revisión y ya no lo está. Las empresas comerciales fracasan. Sin embargo, en este caso, todavía clasificamos el producto como

estando disponible comercialmente, porque lo era en el momento de la investigación original. (Julie A. Kientz et al., 2020) (p. 23)

Estos tipos de clasificación de las características tecnológicas nos sirven para poder saber el alcance de una investigación, el estado de un prototipo o la manera en la cual el usuario tiene que interactuar con el producto. Es importante brindar toda esta información al cliente para el correcto uso de la plataforma tecnológica correspondiente, ya sea una página de internet en el cual se requiera que el usuario escriba algo o un robot que necesite que algún botón sea presionado para su funcionamiento.

3.3.1 Equipos de investigación de tecnología para terapias del TEA

Trabajar investigando el TEA no es un trabajo sencillo, usualmente los equipos de investigación están contruidos de tal manera que sean completos y que las personas que los compongan se complementen unos a los otros. Muchos profesionales de distintos ámbitos reúnen sus conocimientos y tratan de mezclarlos de tal manera que se generen observaciones sobre el TEA de todos los ángulos posibles.

Se requiere que en estos equipos de trabajo participen profesionales de la psicología que puedan entender de diagnóstico y terapias para el TEA, así como ingenieros que tengan conocimientos en software, mecánica, electrónica o inteligencia artificial, también si es posible tener a personas que sepan de manejos de proyectos seria óptimo. Juntar a esta cantidad distinta de profesionales aseguraría diversidad de opiniones con respecto al rumbo que podría tomar la investigación.

La terapia asistida por robots es una corriente nueva muy diferente a las terapias tradicionales de tratamiento del TEA, pero, así como es de nueva, así es de complicada el poder llevarla a cabo, ya que se necesitan de personas con conocimientos en robótica y en psicología para llevar a cabo estos proyectos, aunque los resultados suelen ser prometedores.

En los últimos años se ha mezclado el enfoque psicológico y los múltiples avances de ingeniería y robótica para brindar una alternativa en el procedimiento con respecto a niños y

adultos con TEA, la terapia asistida con robots. Es un método de intervención que, está ofreciendo muy buenos resultados en cuanto al tratamiento de niños con TEA. (Pinel et al., 2018)

Muchos equipos de investigación alrededor del mundo se están juntando con la finalidad de aportar tecnología nueva para tratar el TEA, algunos se especializan en software, otros en la construcción de robots que puedan ayudar en las terapias que se den a personas que padezcan de TEA; tal es el caso de DREAMS. DREAMS (Development of Robot-Enhanced Therapy for Children with Autism) es una Fundación que cuenta con profesionales de todo tipo.

DREAM es un consorcio formado por ingenieros, informáticos científicos, psicoterapeutas y psicólogos, y especialistas en ética. La investigación en robótica está impulsada por el equipo clínico de psicólogos y psicoterapeutas de la Universitatea Babeș Bolyai en Rumania. Los miembros del equipo clínico están capacitados en Análisis de comportamiento aplicado (ABA), una teoría del aprendizaje basada en el comportamiento repetición y asociación cognitiva. El proyecto DREAM utiliza un método psicoterapéutico clínico bien definido. (Richardson et al., 2018)

DREAM estudia las maneras de utilizar la robótica en beneficio a las personas. Se encarga de construir robots para que puedan servir como herramientas a los terapeutas y como acompañantes a los pacientes. Sus estudios son clave en el ámbito de la robótica asistencial y sus terapias están basadas en la ABA nada más que de manera más sofisticada e innovadora.

En la terapia ABA tradicional, el psicoterapeuta trabaja con el niño para desarrollar habilidades. En la Terapia Mejorada por Robots (RET), el robot es utilizado como herramienta por el terapeuta para ayudar al niño a incorporar nuevos comportamientos sociales en su repertorio de aprendizaje. El equipo técnico proporciona apoyo al equipo clínico, que establece los desafíos que el equipo técnico debe resolver. (Richardson et al., 2018)

La creación de la RET es un gran paso para los investigadores de terapias nuevas para tratar el TEA. Mediante esta terapia el paciente puede jugar al mismo tiempo que socializa y aprende nuevas habilidades que le servirán para poder desarrollar su personalidad de la mejor manera. La RET está basado en un proceso de imitación, el terapeuta socializa con el paciente

mientras se fijan metas que el paciente debe de cumplir nada más que esta vez a diferencia del ABA el mediador es un robot asistencial.

Como podemos ver el hecho de tener a tantos profesionales como; psicólogos, psicoanalistas, ingenieros e informáticos hizo a DREAM un proyecto exitoso en el cual convergían diferentes ramas del conocimiento humano enfocándose en un solo tema que nos compete a todos como es el cuidado y tratamiento de las personas con TEA.

Hoy en día no hay excusa para que cualquier persona relacionada con el diseño y construcción de nuevas tecnologías no se pueda sumar a la creación de más y mejores prototipos de robots, a la proliferación de estos o a la utilización de otras tecnologías para tratar el TEA. Es significativo motivar a los nuevos profesionales a que formen parte de estos equipos de investigación, a que sean artífices del desarrollo de tecnologías que pueda servir para brindar una mejor calidad de vida para personas con TEA.

3.3.2 Tecnología de seguimiento de vista

Las personas que sufren de TEA batallan con diferentes tipos de problemas relacionados al habla, así como a poder entablar relaciones sociales de manera idónea. Los individuos con autismo tienen necesidades multifacéticas y diversas y una amplia gama de habilidades y destrezas. Las principales deficiencias están ligados al déficit de comunicación social: esto influye en iniciar y mantener una comunicación social, se les dificulta hacer y mantener contacto visual, comprender el lenguaje corporal y los sentimientos de otras personas. (Othman & Mohsin, 2017)

Uno de los aspectos más estudiados cuando hablamos del TEA es el contacto visual. Usualmente las personas que padecen de TEA tienen mínimo contacto visual con las personas que tienen a su alrededor.

Las personas con TEA suelen tener poca participación en reuniones sociales y en comunicaciones simples, mucho tiene que ver con su dificultada para comunicarse y con su falta de empatía con las demás personas. Las terapias que se suelen aplicar a las personas que padecen

de TEA están orientadas a generar habilidades relacionadas con estos temas, apoyando al paciente a que gradualmente se desarrolle y vaya adquiriendo habilidades que antes desconocía.

El contacto visual es un tema muy estudiado cuando se habla de TEA. Muchos investigadores afirman que es posible comenzar a diferenciar a las personas con TEA basándose meramente en sus patrones de visión; la manera en la que ven, a que cosas le prestan atención y que cosas les prestan más atención.

Se han generado diversos proyectos que permiten analizar estas características únicas en las personas con TEA. Se están analizando diversas maneras de poder crear redes neuronales que puedan reconocer estos patrones de visión y así poder ayudar al diagnóstico temprano y seguro de los pacientes. "Es imperativo diagnosticar y comenzar tratamientos para el autismo lo antes posible y, para ello, métodos precisos de identificación del desorden son vitales" (Shaun Canavan et al., 2017).

Los problemas con el contacto visual les dificulta el hecho de poderse comunicar y expresar sus sentimientos. "Falta de conducta social, como la falta de razón de los demás, una falta de interés o un contacto visual defectuoso pueden estorbar a los niños identificados con autismo de contribuir en juegos simples o juegos sociales" (Othman & Mohsin, 2017).

El análisis visual se ha convertido en una herramienta relevante en el diagnóstico de las personas con TEA. Cada vez más personas están innovando en este ámbito, ya sea creando sistemas de vigilancia y seguimiento de pacientes o creando prototipos funcionales para el diagnóstico del TEA.

La visión en las personas con TEA es un tema relevante que discutir, muchas de las terapias que se utilizan hoy en día tienen como parte fundamental el análisis de la manera en cómo las personas con TEA se diferencian a las demás personas a la hora de ver un objeto o una figura. Sin duda es trascendental que las personas que se dedican a construir tecnología que está dirigida a afecciones relacionadas al TEA tengan muy en cuenta la importancia que tiene el analizar el sistema de visión en personas que padecen de esta discapacidad.

La investigación de seguimiento ocular muestra un sesgo perceptivo por mirar objetos físicos, en lugar de acciones sociales o personas, en niños autistas más que en niños con crecimiento normal. Antes de que los intereses no-sociales fueran reconocidos como comunes entre los niños autistas, las indicaciones circunstanciales de interés limitado en objetos y dispositivos mecánicos motivo a investigadores y padres a explorar los robots como posibles suplementos a la terapia y educación para niños autistas. (Othman & Mohsin,2017)

Muchas investigaciones afirman que las personas con TEA en especial niños, tienen una afinidad hacia las imágenes de objetos y figuras geométricas por sobre a imágenes de reuniones sociales y personas. Se han hecho diversas pruebas con niños con TEA y se ha demostrado que los pacientes se toman más tiempo viendo y analizando imágenes de figuras u objetos que de casi cualquier cosa distinta.

Otros estudios se hicieron para reconocer cuales eran las partes características a las cuales las personas con TEA se enfocaban más al ver imágenes. Se encontró que las personas con TEA al ver imágenes sociales, enfocaban su concentración en partes que aparentemente no son tan importantes, mientras que las personas con crecimiento normal ponían su contacto visual en la boca, "Los niños con TEA se centran más en la frente (un área de información irrelevante) que en la boca (información pertinente)" (Shaun Canavan et al., 2017).

Se han hecho muchos intentos de poder utilizar esta información de manera útil. Al saber que los niños con TEA suelen ser más concentrados en ciertas imágenes es posible crear procedimiento de diagnosis a través de exámenes de seguimiento visual. En el artículo proponemos un método novedoso para la clasificación del autismo mediante el uso de la mirada y la información demográfica del sujeto. Descriptores de funciones, creados con Los datos de edad, sexo y mirada del sujeto se probaron en tres diferentes clasificadores; bosque de regresión aleatoria, árbol de decisión y PART. El método propuesto resultó en una tasa de clasificación de autismo del 96,2% en el Base de datos nacional para la investigación del autismo. (Shaun Canavan et al., 2017)

Otros investigadores han buscado métodos distintos para el uso del análisis ocular o de visión. Algunos han tomado video de personas que pueden llegar a tener TEA y luego han sido analizados y clasificados tomando en cuenta factores como; el tiempo de visión de imágenes y el tipo de imágenes que llamaban más la atención a estas personas.

Se realizó uno de los pocos estudios que intentan clasificar autismo al examinar la mirada de los bebés con TEA. Ellos utilizaron modelos de Markov para asignar sujetos infantiles a un TD o grupo de TEA basado en secuencias de datos de mirada obtenida a través de video. El estudio logró una tasa de precisión del 93,75%, lo que indica que la mirada es un factor determinante en detectar el autismo. (Alie et al., 2011)

Hoy en día muchos investigadores han tratado de poder ayudar a las personas con TEA a desarrollar habilidades relacionadas con el contacto visual y la visión. Muchos robots que se utilizan en las RET están equipados con tecnología de seguimiento de la mirada de los pacientes para que así las personas con TEA comiencen a percibir el contacto visual como algo común y no dañino.

3.3.3 Programas, aplicaciones móviles, realidad virtual y aumentada como terapias para el TEA

Muchas corrientes se han creado para tratar de emular las terapias ABA y llevarlas a un plano intangible. Actualmente existen muchos intentos innovadores de llevar las terapias tradicionales a plataformas computacionales, lo cual podría poner en las manos de más personas las herramientas necesarias para poder sobrellevar una vida con TEA.

Existen diferentes plataformas virtuales apoyadas ya sea por gobiernos o corporaciones privadas que están haciendo esfuerzos conjuntos por tratar de crear contenido apto para personas que padecen de diferentes discapacidades. Se crean páginas web que tienen contenido acerca de lo que es el TEA y cuales es el procedimiento si algún familiar lo padece, así mismo se hacen intentos para introducir páginas y programas con fines recreativos para personas que padecen de TEA.

No hay que olvidar que uno de los problemas más grandes en la vida de las personas que padecen de TEA es el de la educación. Es muy difícil para un maestro en un aula de clase el poder llevar el mismo ritmo de enseñanza con todos los niños si en el aula se encuentran una o varias personas que padecen de TEA reunidas con personas que tienen un crecimiento normal. Por esta razón se crean diferentes softwares y aplicaciones para que puedan ayudar a los maestros y padres para que los niños o personas que padezcan de TEA puedan tener una instrucción educativa ideal.

Uno de los primeros ejemplos de software educativo especializado para el autismo es DT Trainer por Accelerations Educational Software. DT Trainer es un programa de instrucción asistido por computadora que utiliza componentes de Análisis de comportamiento aplicado (ABA), una intervención popular para las personas en el espectro del autismo (Lovaas, 1987). Este fue uno de los primeros sistemas comercialmente disponibles y de bajo costo en los sistemas escolares y se ha implementado a un nivel relativamente de bajo costo en muchas escuelas. A medida que ABA recibe más escrutinio (por ejemplo, Goldiamond, 1974; Milton, 2018; Shyman, 2016) y evoluciona (Leaf et al., 2016), esperamos que DT Trainer también evolucione. Una aplicación más basada en la investigación en este espacio es TeachTown (Whalen et al., 2006), basada en una variante del entrenamiento de prueba discreto, llamado Pivotal Response Training (Koegel et al., 1999). TeachTown ha sido objeto de una rigurosa validación de eficacia (Whalen et al., 2010). Investigadores que utilizan TeachTown realizó un estudio entre asignaturas en 47 aulas de la escuela Los Ángeles School District y determinó que aquellos que usaron el software durante el período de tres meses mostraron mejora en los resultados cognitivos y del lenguaje que los del grupo de control. Los básicos de este enfoque ahora se han documentado para su uso por otros, así como algunas reflexiones sobre la naturaleza cambiante de estos enfoques conductuales y puntos de vista cambiantes de ABA. (Julie A. Kientz et al., 2020) (p. 32)

Muchos fabricantes de robots destinados a la educación, prefieren construirlos semiautónomos. Esto significa que los prototipos diseñados aún carecen de habilidades automatizadas o habilidades cognitivas, pero tienen cierta autonomía, algunos giran la cabeza otros mueven las manos, pero no ejercen tareas por su propia cuenta.

Los robots semiautónomos necesitan de la manipulación de una persona que tenga conocimientos acerca de las habilidades y carencias del robot. El mantenimiento del robot también es algo que el encargado del robot debe manejar, hacer énfasis en el protocolo de cuidado del robot y en las maneras adecuadas de utilización dentro de un aula de clases.

Actualmente, cualquier uso de robots en educación especial (incluido autismo) es "semiautónomo" en el sentido de que el robot tiene cierta autonomía de su fabricante, por ejemplo, para convertir su cabeza / pronunciar algunas palabras, etc., pero siempre hay un Teleoperador humano en el fondo que dirige el robot. Una mayor autonomía puede aumentar la usabilidad de un robot. (Kaburlasos et al., 2018)

Usualmente los maestros dentro de las aulas de clases usan estos robots para afianzar los conocimientos explicados en las clases normales. Se espera que a medida que la inteligencia artificial este avanzando y pueda ser utilizada en estos robots, la experiencia de la interacción entre humanos y robots se mejore creando una relación flexible y productiva.

Un problema que llegan a tener este tipo de robots es la inflexibilidad del software de control. Hasta el momento la implementación de inteligencia artificial es muy poca utilizada para estos ámbitos, por lo cual el software que es utilizado está basado en un sistema rígido de control lo cual a veces no permite la flexibilidad tan necesaria en las relaciones de los seres humanos.

"Se pudo ver que los niños que padecen TEA les fascina jugar con los robots sociales. Al principio hay un poco de sorpresa, pero luego finalmente ves un gran vínculo entre los niños y los robots" (Othman & Mohsin, 2017).

A pesar de la inflexibilidad que pueden llegar a tener estos robots, al parecer los niños que padecen de TEA con el tiempo se acostumbran a esta clase de tecnología. Es de esperar que al introducirle estos robots a los niños se sientan cautivados o hasta asustados, pero después de jugar un poco con el casi siempre se acostumbran a su presencia.

Para que el paciente se acostumbre cada vez más rápido a este proceso de adaptación se recomienda que la apariencia del robot sea simple y sin tantos colores. El peso también es un

factor a considerar a la hora de diseñar estos robots. El peso no debe de ser mucho ya que debe de ser móvil tal vez para maniobrarlo de aula en aula.

Aunque el que no tenga mucho peso el robot es lo ideal, tampoco hay que hacer una estructura débil. Si la estructura no es lo suficientemente fuerte para resistir cierta cantidad de esfuerzos, entonces la seguridad tanto del robot como del paciente se pondrían en peligro. La estructura debe de ser lo suficientemente fuerte para resistir el peso de todos los componentes del robot; microcontroladores, motores, drivers etc.

Todos estos prototipos de páginas web o plataformas educativas están teniendo un alto impacto en la manera en la cual los maestros afrontan las personas con discapacidades especiales. Los esfuerzos para crear zonas educativas más cálidas para las personas con TEA son varios, pero todos apuntan a una mejoría en la manera de educar a personas con estas discapacidades.

KidTalk es otro programa que proporciona un medio para realizar terapia para personas con autismo de alto funcionamiento y síndrome de Asperger. KidTalk consiste de guiones para la interacción y proporciona diferentes recompensas por el progreso y la participación en actividades socialmente apropiadas comportamiento. También proporciona a las terapeutas herramientas para terapia grupal y retroalimentación. KidTalk se ha probado su viabilidad con varios grupos pequeños y muestra resultados prometedores, pero no ha sido lanzado como producto comercial. (Julie A. Kientz et al., 2020)

Vemos como la terapia ABA la cual se basa en poner metas y recompensas a las personas con TEA, se intenta emular en este tipo de proyectos como Kid Talk, mediante esta plataforma se intenta enseñar a las personas con TEA conductas socialmente correctas. Aunque una buena parte de todos estos proyectos aun sean experimentales podemos reconocer lo motivada que esta la comunidad científica por hacer este tipo de proyectos.

Otros proyectos de software se basan el seguimiento de contacto visual. A diferencia de algunos robots construidos para la terapia mejorada por robots, estos programas presentan diferentes mini juegos que ayudan a mejorar el reconocimiento de sentimientos basándose en distintas expresiones faciales y el seguimiento del contacto visual.

La mayoría de pacientes que se someten a estas prácticas usualmente tienen buenos resultados. Es necesario alentar a los familiares de personas que padezcan de TEA a probar distintas terapias y plataformas creadas para integrar diferentes aspectos distintos a las terapias tradicionales del TEA.

Una de las clases más difíciles de enseñar ya sea una persona con crecimiento normal o una persona con TEA es la clase de matemáticas. Esta clase requiere de mucha concentración ya sea para la persona que la está impartiendo tanto como para los alumnos, "Múltiples aplicaciones de software son usadas para mejorar las habilidades de las personas que padecen TEA en cálculo y matemática aplicada" (Winoto et al., 2019).

Se diseñan diferentes aplicaciones que se enfoquen en diferentes áreas de la matemática; números y operaciones, medidas, algebra y geometría entre otras. Utilizar este tipo de software brindaría más herramientas a los educadores y para que los pacientes se puedan divertir al mismo tiempo que aprenden.

La mayoría de estos programas o páginas web mezclan la terapia con diferentes tipos de juegos. Algunos juegos son de reconocimiento de colores, formas o incluso algunos están diseñados para que el paciente cuente figuras geométricas del mismo tipo.

Aunque la utilización de software es una manera novedosa de hacer terapia con personas con TEA hay que tomar ciertas precauciones, Los niños con autismo tienen un obstáculo para diferenciar cosas similares, por lo que intentamos evitar la ambigüedad de formas y colores. Las formas comunes como círculos, triángulos, cuadrados, pentagramas, palos y personajes de dibujos animados familiares se aplican en el juego. Mientras tanto, los colores de cada imagen también suelen aparecer en la vida diaria para evitar cualquier interrupción de su rutina. (Winoto et al., 2019)

Es muy importa al momento de diseñar una plataforma educativa o recreativa para niños TEA el hecho de evitar ambigüedad, siempre es mejor hacer las interfaces lo más simple posible, evitando formas y figuras que usualmente la persona no estaría en contacto en la vida diaria.

Teniendo en cuenta que algunos niños con autismo tienen una capacidad rezagada para reconocer palabras escritas, se adopta la tecnología de voz en off como ayuda auditiva y retroalimentación para facilitar sus prácticas en el juego. En lugar de la instrucción textual, se usa con más frecuencia el habla verbal, ya que es amigable para los niños comprender la instrucción. El contenido de la ayuda auditiva y la retroalimentación incluyen instrucción de juegos, falsa precaución y elogios / estímulos, y los niños recibirán los resultados de la manipulación correspondientemente. (Winoto et al., 2019)

Las plataformas tecnológicas deben de dar una amplia gama de opciones de accesibilidad a los usuarios. Incluir el modo de lectura de pantalla, el uso de figuras no muy llamativas, usar colores no tan fuertes es fundamental y hay que recordar que entre estos casos entre más simple llega a ser la plataforma mejor es.

El uso de las redes sociales no está limitado por ningún motivo, cualquier persona de cualquier edad puede usarlas. El estudio de como las personas con TEA conviven en las redes sociales es muy amplio.

A medida que han aumentado los sitios de redes sociales, también ha aumentado el interés de la investigación en estudiar sus impactos en personas con autismo. En 2013, Mazuerk (2013) exploró específicamente el uso de adultos autistas de las redes sociales. sitios de redes y encontraron correlaciones positivas con la calidad y cantidad de amistades. Mazurek y colegas (Ward et al., 2018) luego siguieron esto, específicamente observando cómo Facebook y Twitter impactó la felicidad y descubrió que los adultos que usaban Facebook eran más felices que los que no lo hizo, pero no existía tal relación con Twitter. Otro análisis explorado específicamente exploró el uso de las redes sociales por parte de los adolescentes y su impacto en las amistades y cómo se vio afectado por niveles de ansiedad (van Schalkwyk et al., 2017). Descubrieron que el uso de las redes sociales por parte de adolescentes autistas sin ansiedad podría mejorar las amistades. En conjunto, parece haber un impacto positivo de ciertos tipos de experiencias en las redes sociales, aunque se necesita más investigación. (Julie A. Kientz et al., 2020)

Podemos notar que las personas que padecen de TEA y utilizan redes sociales aparentemente se sienten mejor que las personas que padecen TEA y no lo usan. Aunque todavía falta mucho estudio en este ámbito se puede comenzar a ver una pendiente que es posible se mantenga, el hecho de que a través de las redes sociales las personas que padecen de TEA se sientan seguras y puedan comunicarse de mejor a través de ellas que en otras situaciones.

Los avances tecnológicos cada vez siguen aumentando, y aunque tal vez es cierto que mucha tecnología está siendo creada exclusivamente para usuarios que padecen de TEA, también hay que mencionar que muchas páginas web o programas que al principio no fueron diseñados para esta clase de usuarios se están haciendo populares en las terapias modernas.

Google SketchUp es una herramienta de modelado 3D que los investigadores han identificado como útil y atractiva forma de involucrar las habilidades visuales-espaciales de las personas con autismo. Wright y colegas (2011) realizaron un estudio cualitativo de Google SketchUp en siete niños con autismo de alto funcionamiento y encontraron que promovía la comunicación intergeneracional entre padres y abuelos. (Julie A. Kientz et al., 2020)

El caso de Google Sketchup es un ejemplo de cómo un programa que primeramente no fue pensado para tratar o recrear a personas con TEA, está siendo utilizado con este propósito y obteniendo resultados muy positivos.

En el apartado de aplicaciones móviles, existen una gran cantidad de programadores y desarrolladores que pretenden ayudar a personas con TEA. Hoy en día existen tantos dispositivos móviles que es muy difícil que cualquier persona no pueda tener contacto o acceso a uno.

El control adecuado de las tecnologías móviles es inminentemente una preocupación, es de interés que los familiares de las personas que padecen TEA estén al cuidado y pendientes de la manera en cómo se usa la tecnología, para así sacar el mayor potencial posible.

Desde el lanzamiento del iPad de Apple, ha habido mucho entusiasmo en la comunidad del autismo. sobre los dispositivos colaborativos multitáctiles y su posible uso en intervenciones para niños con autismo. Las características específicas de los dispositivos móviles, incluyendo bajo

costo, portabilidad, movilidad, accesibilidad, robustez, durabilidad, tamaño, facilidad de grabación, acceso inalámbrico a Internet y naturalidad de las interacciones táctiles han facilitado la implementación generalizada de esta tecnología en las escuelas, centros terapéuticos y casas. (Julie A. Kientz et al., 2020)

El uso de aplicaciones móviles por parte de la comunidad de personas que padecen de TEA es común, muchas aplicaciones son meramente de juegos como se observa en la Figura 5, otras están orientadas a desarrollar habilidades matemáticas o lógicas y otras están orientadas a desarrollar habilidades sociales.

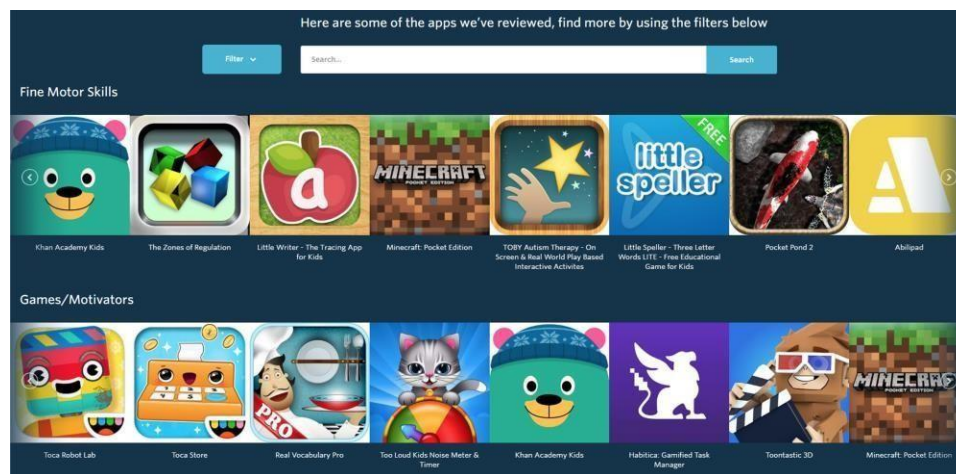


Figura 4. Aplicaciones revisadas para autismo (agosto 2019)

Las personas que padecen de TEA no solamente deben de ser consideradas usuarios finales, sino que también tienen que formar parte de la etapa de diseño del nuevo software o aplicaciones que se esté creando. A medida que involucremos a las personas que padecen de TEA en el proceso de diseño y construcción de las nuevas tecnologías se verá un aumento en la calidad de los productos producidos, ya que la tecnología estará siendo aprobada directamente desde el usuario final antes de su lanzamiento.

Se estudio Proloquo2Go como un medio para realizar solicitudes generales y específicas para acceder a juguetes con 3 niños autistas de entre 7 y 9 años. El estudio sugiere que los participantes mejoraron y mantuvieron sus habilidades de comunicación social utilizando secuencias, tanto con la familia como con otras personas y concluye que, a través de instrucciones

sistematizadas, los niños con autismo pueden tomar ventaja de las aplicaciones para dispositivos móviles enfocadas al soporte de la comunicación. Strasberger y Ferreri (2014) trabajó con 4 niños varones con autismo de entre 6 y 12 años con problemas verbales limitados o nulos. Al usar el dispositivo y la aplicación, todos los niños adquirieron la capacidad de solicitar en una oración completa; tres de ellos podrían responder a "¿Qué quieres?". (Waddington et al., 2014)

Gay et al., (2013) describen una aplicación móvil llamada CaptureMyEmotion que permite a los niños con autismo tomar fotos, videos o sonidos, y al mismo tiempo siente su nivel de emoción usando un sensor inalámbrico, y luego les pide que comenten sobre su emoción en el momento de la captura. Christinaki et. al (2014) encontró una mayor aceptabilidad utilizando una interfaz de usuario natural y noto que los avatares ayudaron en el proceso de aprendizaje en la validación de un juego para enseñar habilidades de identificación de emociones. Heni y Hamam (2016) diseñaron el "World of Kids" Aplicación para niños, que contiene un conjunto de juegos activados por el reconocimiento automático de expresiones faciales, sugiriendo su potencial para enseñar emociones a los niños con autismo que se inclinan a quieren jugar a los juegos, como muchos niños y adultos. (Julie A. Kientz et al., 2020) (p. 59)

Estos dos últimos ejemplos mencionados de investigaciones sobre la viabilidad del uso de software interactivo para poder generar habilidades nuevas y constructivas en pacientes con TEA sirven para sentar las bases de muchos comentarios positivos que tienen las empresas que desarrollan estas clases de aplicaciones.

En muchas ocasiones los niños con autismo prefieren pasar solos interactuando con alguna clase de tecnología que salir a jugar con otros niños, esto se debe a la naturaleza de su afección por lo cual a menudo son restringidos y discriminados. Estas nuevas clases de tecnología sirven para que las personas que padecen de TEA se distraigan y también para que puedan interactuar con otras personas a través de estos juegos. Muchos de las aplicaciones que están en el mercado requieren de socializar o tener contacto con otras personas, esto, aunque sea de una manera virtual es importante para las personas que padecen de TEA.

Los entornos virtuales colaborativos pueden ser particularmente útiles para la socialización, el apoyo social, y desarrollo de habilidades sociales. Por ejemplo, Hand-in-Hand se centra en ayudar a los niños a interactuar socialmente en un espacio virtual colaborativo (Zhao et al., 2018a). Como otro ejemplo, Ghanouni et al., (2019b) desarrollaron una plataforma para usar historias sociales dentro de un sistema de realidad virtual. El general el enfoque de las historias sociales se crearon para ayudar a las personas con autismo a pensar, practicar y reflexionar. De manera similar, aunque no es una plataforma de realidad virtual completamente inmersiva, Ringland et al. (2016) encontró una variedad de compromisos sociales emergentes naturalmente en Autcraft, un servidor de Minecraft dedicado a los autistas niños y sus aliados. Una crítica de la realidad virtual, y parte de por qué su adopción es limitada en el ámbito clínico y educativo es porque esta se basa en la "realidad" de la interacción. (Julie A. Kientz et al., 2020)

Existe un debate acerca del uso de tecnologías como la realidad virtual o aumentada. Todavía los investigadores no se ponen de acuerdo cuales son los límites que la realidad simulada puede tener. En un ambiente totalmente inmersivo es posible casi crear cualquier cosa que queramos es por ello que es crucial identificar los límites de esta tecnología.

Aunque la realidad virtual y aumentada tenga muchas críticas con respecto a asuntos de alcance tecnológicos existen muchas ventajas que se pueden obtener de su utilización. El hecho de que sean ambientes programables hace posible que se pueda manipular en tiempo real, permitiendo así un ambiente seguro y controlado.

Es posible mediante realidad virtual hacer que un paciente que no tiene cierta habilidad motora o de cualquier otro tipo la aprenda utilizando ambientes simulados que incitan el aprendizaje de dicha habilidad.

Una propiedad positiva de estas tecnologías es el hecho que permite al paciente el total o parcial aislamiento de las distracciones que tanto causan ansiedad a las personas con TEA.

También una terapia por medio de VR (realidad virtual) puede hacer que los costos se reduzcan, haciendo que ya no sea necesario el movilizar al paciente a un ambiente repetidamente.

El hecho de que la VR sea un entorno meramente visual ayuda mucho a captar la atención de las personas con esta afección. El entorno también puede llegar lo suficientemente simple para ser lo más amigable con el paciente.

Sin duda la tecnología basada en una simulación o un aumento de la experiencia física tiene un sinnúmero de aplicaciones y las terapias para el TEA no son la excepción. Aunque aún hay muchas cosas que se necesitan aclarar acerca de este tipo de tecnología, es muy significativo que antes de utilizar algún tipo de VR se investigue acerca de los riesgos y beneficios de la utilización de esta tecnología.

3.4 Interfaz Humano-Robot (HRI)

“La robótica es una disciplina que contiene un conjunto de subdisciplinas que van desde la detección ambiental y navegación a la manipulación de objetos y la interacción humano-robot” (Julie A. Kientz et al., 2020).

En los últimos años la robótica ha tomado espacio en nuestras vidas de manera más visible. Grandes compañías comerciales están apoyando la robótica en nivel industrial y a nivel comercial. Existen diferentes tipos de robots por todo el mundo con diferentes finalidades. Hay robots que sirven en cadenas de producción, otros que ayudan a que acciones donde el humano usualmente no puede acceder y por lo tanto no pueden ser realizadas, también existen robots que ayudan con la limpieza de los hogares de las personas otros robots son utilizados alrededor del mundo en la medicina, “Diferentes robots móviles, así como humanoides y animales se han utilizado en diferentes centros médicos y laboratorios de investigación en todo el mundo” (Taheri et al., 2014).

“Robots con capacidades mecánicas únicas y Funciones de inteligencia artificial se han diseñado a tasas mucho más altas en la última década” (Mavadati et al., 2016). Los humanos están generalizando el contacto con robots de manera acelerada muchos se están utilizando en escuelas como asistentes de educación, otros se utilizan para trabajos peligrosos donde el ser humano usualmente se expondría a un riesgo masivo al hacerlo. Se está acelerando la producción de robots en masa de todas clases y clasificaciones, “La literatura actual sobre interacciones humano-robot (HRI) indica que los robots pueden tener diferentes formas” (Soares et al., 2013).

Hoy en día, la robótica se usa ampliamente no solo en la industria pesada sino también en la vida humana. Debido a la capacidad de transporte, los robots autónomos se utilizan para reemplazar a los trabajadores humanos en muchas fábricas donde los robots izan y transfieren las mercancías en las líneas de producción. Por lo tanto, se espera que los robots autónomos puedan ser más flexibles y realizar más tareas requeridas por las personas. (Quang et al., 2020)

En el campo del autismo, la comunidad científica intenta producir robots que puedan ayudar a los niños con autismo y contribuir a un tratamiento terapéutico bien establecido las metas no se ayudarán haciendo analogías entre niños con autismo y robots. (Richardson et al., 2018)

Analizar el comportamiento de los humanos a la hora de convivir con los robots es muy importante. Las personas pueden tener prejuicios a la hora de utilizar robots ya sean positivos o negativos, el mantenerse informado sobre los avances tecnológicos más nuevos en nuestra época nos puede hacer cambiar nuestra perspectiva acerca de los robots y como en vez de ser una amenaza pueden llegar a ser una oportunidad.

La tecnología de interacción humano-robot (HRI) sugiere cómo los minoristas pueden mejorar el servicio al cliente y mejorar sus operaciones mediante el uso de robots de servicio. Hemos revisado estudios anteriores y hemos identificado tecnologías robóticas actuales y emergentes como posibles transformadores del juego minorista en los negocios. (El Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Tennessee State University, Nashville, TN, USA et al., 2019)

La robótica no solamente es una herramienta para la industria si no que en muchos casos es una manera viable de salvar sus negocios. En muchas ocasiones la interacción de robots con humanos puede llegar a disminuir las pérdidas en los costos de producción y distribución de empresas, esto nos demuestra lo flexible que puede llegar a ser la interacción entre humanos y robots.

“Ha surgido rápidamente numerosos científicos dedicados al desarrollo de interfaces eficientes e intuitivas para la Interacción Humano-Robot” Federal University of Sergipe, Robotics

Research Group, São Cristóvão, Brazil et al., 2019). Reconocer las maneras en que los humanos interactúan con los robots puede ayudar a sacar el máximo provecho posible a los robots y conocer el alcance de la misma.

Los sistemas robóticos generalmente implican seis categorías de interacciones humanas que son aplicables a entornos minoristas: proximidad, autonomía, señalización de persona a robot, sensores, plataformas robóticas y sistemas HRI. Tipos de proximidades: las interacciones humano-robot son próximas o remotas en el sentido de distancia física. Se producen interacciones próximas entre operadores y robots que se comunican directa o indirectamente en el mismo lugar y tiempo. Ejemplos de interacción próxima son los juguetes y mecanismos robóticos que operan de forma autónoma o son guiados por humanos cercanos. Nivel de autonomía: El nivel de autonomía es una aplicación centrada en el ser humano en el concepto de autonomía. El nivel de autonomía describe el grado de autonomía en el que el robot puede realizar funciones humanas. Señales humanas: La tecnología robótica actual utiliza varios tipos de señales biológicas de humano a robot, como electromiografía (EMG), rostro, dedos y manos, habla y voz, o una combinación. Además de reducir las tasas de falla y el tiempo computacional, las señales biológicas maximizan la eficiencia interactiva mediante el reconocimiento, la percepción, el compromiso, la determinación y la toma de decisiones similares a los humanos. Sensores: Los robots necesitan sensores para recibir datos de operadores humanos o de su entorno operativo. Hay muchos sensores ya implementados en robots, pero aquí se presentan los que se usan con más frecuencia en HRI. Plataforma de robot: El término "plataforma" se refiere a cómo se mueven los robots. Los robots con ruedas, móviles y con patas son plataformas habituales. Sistema de interacción humano-robot: Varios sistemas HRI están disponibles comercialmente. Pepper de SoftBank imita la emoción humana al analizar expresiones y tonos de voz. (Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Tennessee State University, Nashville, TN, USA et al., 2019)

Algunos robots tienen formas muy simples de interactuar mientras que otros tienen maneras complejas para asimilar la información a su alrededor utilizando diferentes métodos como visión e inteligencia artificial, estas tecnologías también pueden llegar a ser usadas para

beneficiar a los seres humanos y ayudarlos en tratamientos médicos, “Las tecnologías como los sistemas robóticos, la realidad virtual (VR) y los juegos de computadora han demostrado su potencial para mejorar la comunicación social en niños con TEA” (Zheng et al., 2016).

Tabla 1. COMPARANDO LA INVESTIGACIÓN SOBRE HRI PARA NIÑOS AUTISTAS

Robots	Colaboración con el Robot
NAO	Este robot ayudó a apoyar e iniciar la interacción social con los niños con autismo.
PROBO	PROBO no actuó como árbitro social, pero tuvo una colaboración social análoga para los niños con autismo como lo habría hecho cualquier otro ser humano.
ROBOTA	ROBOTA es un robot con forma de muñeca y los niños lo emplean como árbitro social y se oponen a respaldar la atención mutua para sus comunicaciones sociales.
KEEPON	Es un robot complejo diseñado para mejorar la interacción social entre niños autistas.
PLEO	PLEO diseñado para ayudar a los niños autistas en edad escolar a mejorar la verbalización y la interacción más que los juegos de computadora u otras personas.
KASPAR	KASPAR actuó como mediador social para ayudar a los niños autistas durante sus interacciones entre ellos o mientras jugaban a juegos sociales.

3.4.1.1 Afinidad de las personas con TEA hacia los Robots

“El papel proliferante de la tecnología ha dado diferentes esperanzas de aumentar la vida de diferentes personas con Trastorno del espectro autista (TEA)” (Singhal & Garg, 2019).

La tecnología robótica parece particularmente prometedora para aplicación potencial a la intervención de TEA. Los resultados iniciales de la aplicación de la tecnología robótica a la intervención de TEA han demostrado constantemente un potencial único para obtener interés y atención en niños pequeños con TEA. Nuestra investigación está motivada por este potencial destacado de tecnología robótica y diseña y prueba un potencial paradigma tecnológico co-robótico transformador para el futuro Intervención de TEA. (Zhi Zheng et al., 2013)

Muchos autores afirman que las personas que padecen de TEA se sienten atraídas por figuras robóticas, ya que al ser objetos totalmente predecibles les evita el sentimiento de ansiedad que les traen las relaciones humanas.

3.4.1.2 SAR

Son robots destinados a actividades básicas de ocio tales como el juego, la creatividad, el aprendizaje, el entretenimiento y la relajación. (...) son juguetes participativos y tienen un dispositivo de software, lo que los distingue de diferentes dispositivos o artefactos de baja tecnología. (Fernaesus et al., 2010)

Los robots sociales sirven para que los terapeutas puedan llamar la atención de las personas que padecen de TEA. Las formas que pueden llegar a tener estos robots sociales son distintas, “Varios grupos de investigación han estudiado la respuesta de niños con TEA a robots humanoides y robots similares a juguetes no humanoides” (Zhi Zheng et al., 2013). Algunos robots tienen formas de humanos otros de animales, lo esencial es que el robot tenga una forma agradable para el paciente.

Muchas aplicaciones se han creado para la ayuda de las personas con TEA. La aplicación del aprendizaje de la comunicación visual para niños con autismo desarrollado en medios digitales utilizó el método Picture Exchange Communication System (PECS). Sin embargo, todavía existía una debilidad en el desarrollo de los medios digitales, por ejemplo; no hubo etapas en el proceso de aprendizaje de la comunicación. (Susanti et al., 2019)

Aunque los robots sociales son una tendencia actualmente es difícil la aceptación de estas terapias por la población mundial.

Los robots sociales aún tienen que asentarse a la sociedad. Nosotros no lo vemos caminando por las calles de Los Ángeles acompañando a pacientes con demencia, ni poblando las residencias de ancianos de Manchester, Reino Unido. ¿Tampoco Son una característica importante en las escuelas especiales? A pesar de la cantidad de investigación e inversión que se ha convertido en robots sociales, siguen siendo objetos de curiosidad. (McBride, 2020)

Investigadores científicos trabajan arduamente para crear robots que puedan adaptar a cualquier terapia diseñada, "Un robot fabricado en masa y disponible comercialmente con forma humana ha sido el sueño de los investigadores y la robótica entusiastas de todo el mundo durante décadas" (Miskam et al., 2014).

Diseños de SAR

"Un robot social es un robot que interactúa con las personas imitando algunos patrones y comportamientos, con habilidades dentro del rango de la inteligencia social" Leija Salas & Universidad de Antioquia, 2013).

Los robots sociales proveen mucha asistencia para personas con diferentes discapacidades para poder seguir adelantes con sus vidas cotidianas de mejor manera. Dado la gran cantidad, porcentualmente hablando, de personas con discapacidades en el mundo es que se da énfasis en el desarrollo de nuevas tecnologías además de mejoras para robots SAR.

Los robots sociales son considerados entorno ciber físicos, lo cual significa que unen ciertas características de un sistema lógico con un sistema físico.

El término Cyber-Physical System (CPS) denota un dispositivo (típicamente, en hardware) dotado de detección y razonamiento capacidades y un adaptativo / descentralizado / comportamiento autónomo también dentro de un entorno en red. (Amanatiadis et al., 2017)

La tecnología robótica se ha convertido ahora en un importante ayuda de asistencia disponible para ayudar a las personas con discapacidades a superar los desafíos de su vida diaria. Se proyecta que aproximadamente el 10% de la población mundial vive con una discapacidad. (Shamsuddin et al., 2014)

Los desafíos del diseño de sistemas SAR son muchos, la perspectiva psicológica analiza tema de colores y formas que el robot tiene que tener, mientras que la ingeniería estudia las estructuras físicas e informáticas a utilizar, "Las intervenciones SAR a largo plazo son un desafío desde la perspectiva de la ingeniería de sistemas, ya que los sistemas desplegados deben ser lo suficientemente robusto, intuitivo y atractivo para apoyar uso diario repetitivo" (Pakkar et al., 2019).

Para construir un SAR hay que tomar en cuenta todos los componentes posibles y como interactúan, "La estructura arquitectónica describe cómo se divide un sistema en subsistemas y cómo interactúan esos subsistemas. Por otro lado, el estilo arquitectónico se refiere a los conceptos computacionales que subyacen a un sistema dado" (Al-Fedaghi, 2020).

Otra cosa clave que hay que tomar en cuenta a la hora de diseñar robots no solamente SAR es la movilidad, ¿cuál será el mecanismo de transporte que se utilizara?, diseñar mecanismos sencillos que no interfieran con otras funciones del robot es de interés máximo, "Los movimientos primitivos son características cinemáticas y dinámicas fundamentales compartidas por diferentes soluciones de clases específicas de movimientos (como caminar, correr, saltar)" Carnier & Fujimoto, 2020).

Otro tema llamativo aparte de la apariencia, alcance y movilidad SAR es la seguridad, "Al diseñar sistemas destinados a un uso prolongado en hogares con niños, la seguridad es la consideración primordial", (Pakkar et al., 2019).

“Preferiblemente los materiales a ser utilizados en el área de interacción deben ser amigables con el paciente, es decir ni tóxicos ni ofensivos. Los materiales suaves deben colocarse en el área de paredes y suelo. Los objetos rígidos y punzantes deben evitar en toda el área de interacción” (Li et al., 2016).

Como ya fue mencionado el aspecto psicológico estudia mucho el cómo los colores afectan a personas con TEA. Al parecer las personas con esta afección se sienten cómodos con una gama de colores específica.

Preferencias de autismo: los niños con autismo prefieren los colores fríos como el verde y el azul, mientras que los colores cálidos como el amarillo y el naranja pueden estimular a los niños autistas. Entonces ele da prioridad al color de fondo de la escena con azul verde. (Li et al., 2016)

Ejemplos de SAR contruidos

Muchos proyectos de construcción de SAR existen alrededor del mundo, siendo contruidos para distintos pacientes como el robot kiwi.

La "piel" de búho de Kiwi (Figura 6) y el personaje asociado eran diseñado para ser no amenazante, neutral en cuanto al género y simple en expresión física. El teléfono inteligente muestra una animación de una cara con dos ojos, cejas y boca. La boca movida usando visemas; las expresiones faciales afectivas fueron basado en el Sistema de Codificación de Unidades de Acción Facial (FACS). (Pakkar et al., 2019)



Figura 5. Búho Kiwi

Otro robot es Milo: este robot humanoide desarrollado por RoboKind puede caminar, hablar y modelar expresiones faciales humanas (Figura 7). Este robot imparte lecciones verbalmente para enseñar el comportamiento social y aspectos emocionales. Los símbolos se muestran en una pantalla en su cofre que proporciona una representación visual de la lección contenido. Este robot se utiliza junto con una tableta, desde donde la información del alumno se obtiene durante las sesiones. (Kirithiga, 2019)



Figura 6. Milo el Robot

El proyecto NAO (Figura 8) es muy conocido alrededor del mundo, se construyó específicamente para ayudar a niños con TEA, "Este robot ayudó a apoyar e iniciar interacciones sociales a los niños con autismo" (Othman & Mohsin, 2017).

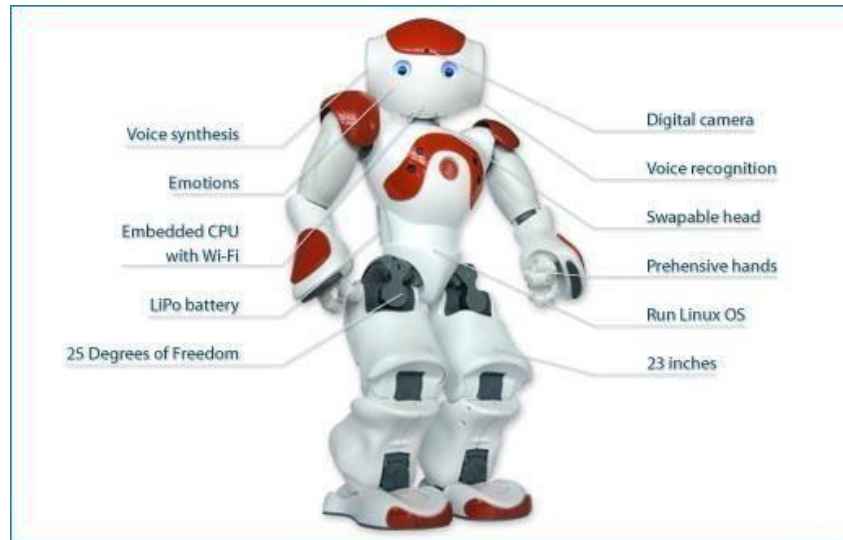


Figura 7. Componentes electrónicos y mecánicos de NAO

Los Robots creados para personas con TEA cumplen distintas funciones, unos son educativos, otros creados como objetos de recreación.

El robot saxofonista antropomórfico (Figura 9) de Waseda WAS-5 WAS-5 tiene 25 grados de libertad (DoF) lo que le permite tocar música con un saxofón ordinario, y se puede configurar en modo de reproducción de música autónomo, así como en tiempo real comandado en un modo del Mago de Oz. (Han et al., 2018)

Figura 8. Robot Saxofonista

Análisis de resultados

La adquisición de datos durante la intervención es importante para comprender si las terapias están funcionando y caracterizar el progreso del niño en cuanto a habilidades sociales. Todavía, Hasta la fecha, los enfoques utilizados para este efecto se limitan principalmente a entrevistas, cuestionarios, observación y (EDUCAvideo anotación). Algoritmos que son capaces de rastrear el desarrollo de un niño longitudinalmente y discriminarlo de otros niños. (Othman & Mohsin, 2017)

Poder medir los resultados de una terapia con SAR es complicado, describe cierto procedimiento que fue utilizado para medir los resultados en distintas terapias con SAR. El estudio analizó material de 6 niños con TEA (5 niños a los 6 años y 1 niña a los 7 años). El análisis implicó la comparación de dos muestras dependientes de comportamientos realizados por estos 6 niños autistas en HRI. La primera muestra de comportamientos fue el conjunto de instrucciones del robot que fueron realizados por niños durante el juego Touch Me. La segunda muestra fue el conjunto de imitaciones infantiles de los movimientos del robot que fueron realizados espontáneamente por niños durante el juego Baila conmigo. En estas dos muestras contamos el porcentaje de los comportamientos de los niños que es lo siguiente: dividimos los

comportamientos que hizo cierto niño en general número de todos los comportamientos requeridos del niño en cada juego. (Arent et al., 2019)

Como parte del esfuerzo de investigación más amplio y continuo que involucra implementaciones de SAR en el hogar de un mes, este documento evalúa el sistema SAR descrito en términos de su simpatía, utilidad y relación con el niño durante los 30 días despliegue en seis hogares familiares de ocho niños con ASD. Debido a los numerosos desafíos de trabajar con familias con TEA en el hogar, incluida la gran variación y la gravedad de los síntomas del TEA en los participantes, y gran variación en los entornos domésticos y las situaciones familiares, este trabajo sigue un diseño de un solo sujeto en ese niño los participantes sirven como sus propias líneas de base respectivas. (Pakkar et al., 2019)

Distintas maneras de poder saber si los resultados de una terapia con SAR dieron resultados existen, aunque aún existen muchos debates sobre las métricas correctas que se deben utilizar.

Ética y robótica asistencial.

Uno de los debates más grandes acerca de la ética y la robótica asistencial es el hecho de considerar a las máquinas y robots como autistas. Es muy problemático este debate porque al considerar autistas a los robots comienzan a surgir diversas preguntas. Usar tipos particulares de lenguaje y premisas para describir cómo es una persona con autismo es útil para los estudiosos de la robótica, pero ¿es útil para los niños y adultos con autismo? Los robots no son autistas, como máquinas no pueden ser autista, y la analogía o metáfora de las personas con autismo a máquinas y robots es muy problemático. Si los robots son autistas, ¿son los autistas robots? ¿Qué implica exactamente este lenguaje sobre los seres con autismo? Descripciones mecanicistas del autismo se han utilizado en robótica porque se dibujan del modelo Baron-Cohen, sin tener en cuenta la variada complejidad y las experiencias de la vida real de las personas con autismo. (Richardson et al., 2018)

Hay mucho debate acerca de lo que es correcto o no acerca de la utilización de robots en terapias para el TEA. El proyecto DREAM describe la investigación ética detrás del proyecto, pero

llega a pocas conclusiones sobre la ética del robot participación en el autismo. Más bien, solo se dirige al resumen del proyecto DREAM. Sugeriría que es éticamente cuestionable hacer del robot se el foco de actividad del proyecto de investigación, como ocurre en el proyecto DREAM, en lugar del usuario. De hecho, es cuestionable si es éticamente justificable utilizar robots como humanos reemplazos en situaciones donde la interacción social es crítica. Tampoco es ético subordinar al niño a La tecnología. La ética de DREAM, mientras aborda cuestiones éticas clásicas, como la privacidad, no consideraron las necesidades clave del niño o tratar al niño con suficiente humanidad. (McBride 2020)

La ética es una escuela de filosofía dedicada a explorar lo que está bien o mal y el desarrollo de razones para los juicios informado por ideas de lo que significa ser humano y lo que significa ser parte de una comunidad social. El enfoque ético que utilizamos en el proyecto DREAM problematiza el modelo "de arriba hacia abajo" del "experto" (filósofo, psiquiatra, etc.) que conoce la "verdad" sobre el mundo, y llega a razonar sobre la "verdad" exterior de las relaciones con los demás. La ética DREAM se basa en la participación de múltiples partes interesadas que tienen diferentes cantidades de poder, y están incrustados en diferentes sistemas y prácticas de conocimiento. (Richardson et al., 2018)

Diversas personas tienen opiniones encontradas acerca de cuál es el límite que puede tener la tecnología en nuestras vidas, "En particular, la pregunta es hasta qué punto puede interactuar un robot social con un niño sin plantear cuestiones éticas" (Kaburlasos et al., 2018). El debate ético acerca la utilización de robots en terapias todavía sigue siendo muy grande y un tema que seguramente en el futuro será tratado.

IV. Metodología

En este capítulo describiremos la metodología de investigación en v que, va a ser la implementada en la realización de este proyecto, brindando una breve, descripción del funcionamiento del sistema del proyecto a realizar y procesos de construcción del prototipo.

4.1 Enfoque

En este proyecto, existe un enfoque de diseño experimental, tomamos como base de diseño prototipos contruidos de manera muy similar, que buscan resolver el mismo problema que aquí se propone. Para la realización eficiente del prototipo debemos implementar la programación y una fabricación minuciosa para garantizar un funcionamiento adecuado y eficiente. Los resultados serán cualitativos al evaluar el funcionamiento y características de diversos aspectos del prototipo.

4.2 Variables de Investigación

Para la fabricación del robot se decidió optar por definir 3 variables independientes y una dependiente mostrada en la siguiente figura.



Figura 9. Variables de investigación

4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados

Para llevar a cabo el proyecto necesitaremos recurrir a distintos métodos y herramientas que cuentan con las características ideales para el desarrollo del prototipo.

Para el diseño preliminar del prototipo se utilizará SolidWorks, un software CAD muy potente. Luego se realizarán diversas impresiones 3D del modelo previamente creado. Para la programación de la lógica de funcionamiento utilizaremos el programa Arduino para realizar el código de la lógica de funcionamiento y luego para ingresar el código al microcontrolador.

4.4 Metodología de Estudio

La metodología utilizada en este estudio es el V, que utiliza 6 etapas para implementar y verificar el sistema en el proyecto. Aquí, descomponemos las tres etapas del sistema de robot, las cuales son mecánica, control y equipos periféricos.

Ciclo A de la Metodología "V"

Etapa I: Nivel de Sistemas

1. Sistema Mecánico

Se necesitará la fabricación de una estructura que soporte el peso de todos los componentes mecánicos, y que pueda ser movilizada fácilmente. Se tomarán en cuenta factores como peso de los materiales, costos de los mismos y durabilidad.

2. Sistema de Control

Se necesitará de un aparato que pueda accionar todo el funcionamiento completo del robot. Incluye el desarrollo de algoritmos de movimiento, que pueden controlar los actuadores en función de las señales recibidas por parte del usuario.

3. Sistema Periférico

Se necesitará de componentes capaces de analizar imágenes y estos deberán comunicarse con el sistema de control. Estos componentes vincularan así el sistema de control con el mecánico. También necesitaremos de una pantalla para la simulación de un rostro. A si mismo se necesitara un altavoz para poder reproducir sonido.

Etapa II: Nivel De Subsistemas

A. Subsistemas Mecánicos

Los diferentes fragmentos para tomar en consideración para la elaboración de la estructura del robot serían los siguientes:

Estructura

1. Cabeza: se diseñará una cabeza humanoide capaz de incorporar una cámara para la detección del usuario y que girará dependiendo de la posición de este.
2. Brazos: se fabricarán brazos de ABS en el cuales se puedan incorporar servomotores para que interactúen con el usuario.
3. Base: la construcción de una plataforma lo suficientemente estable es necesario.

Mecanismos de movimiento

1. Servomotores: los servomotores harán que el usuario pueda interactuar con el prototipo, mediante movimientos giratorios y lineales.

B. Subsistema de Control

Consta de dos placas de control capaces de comunicarse con los periféricos y demás partes del sistema.

C. Subsistemas Periféricos

1. Cámaras de Visión: se usarán con el fin de reconocer la posición del usuario y hacer que giren servomotores ubicados en la cabeza del robot.
2. altavoz: se necesitará para poder reproducir voces dependiendo de ciertas situaciones.
3. pantalla se necesitará para poder mostrar los cambios de gestos en la cara.

Realización

Se realizó un modelado 3D de la forma externa del cuerpo del robot y se realizaron pruebas de esfuerzo para comprobar la resistencia máxima del aparato, luego se imprimió en ABS dicho modelo, a su vez se diseñó una lógica capaz de integrar tanto los servomotores con los

periféricos. Se ensamblaron todas las partes de manera eficiente de modo que los controladores y periféricos quedaran posicionados de manera segura. Se realizaron pruebas pertinentes al control de visión y de servomotores para garantizar su correcto funcionamiento.

Integración de subsistemas

Para esta sección, posteriormente de experimentar los subsistemas por si solos estos son incorporados y se probó su funcionamiento como un solo cuerpo que estará formado por los diferentes subsistemas citados.

Integración de sistemas

A partir de aquí se unieron todos los subsistemas y se crearon sistemas completos integrados en uno solo haciendo de esto el proyecto. El sistema electrónico se unió al sistema mecánico para así poder completar la elaboración de este modelo. Se incorporo un sistema de visión artificial para reconocer al usuario, el cual controlara el subsistema mecánico y su posicionamiento.

Resultado del prototipo

Se logro crear un prototipo funcional integrando todos los subsistemas y sistemas descritos anteriormente.

V. Análisis y Resultados

En este capítulo se abarcará lo que comprende los resultados del proyecto en cuestión además de la aplicación de los métodos de investigación. Se justificarán decisiones en cuanto a cómo se llevó el prototipo y se contrastarán los resultados encontrados ahora con los vistos en trabajos similares hechos anteriormente. Por otro lado, se verán los resultados obtenidos a base de distintas pruebas realizadas para la validación del prototipo buscando que cumpla con los objetivos propuestos

5.1 Contexto y Conceptualización

Para el prototipo de robot de interacción con niños con TEA se tomaron varias decisiones en base a varios papers y trabajos encontrados en el marco teórico. Primeramente, cabe

mencionar el diseño. Este se hizo con forma humanoide, es decir con características de humano en este caso siendo brazos y cabeza. En la siguiente figura se puede ver el diseño de dicho robot en el programa de dibujo asistido por computadora SOLIDWORKS.

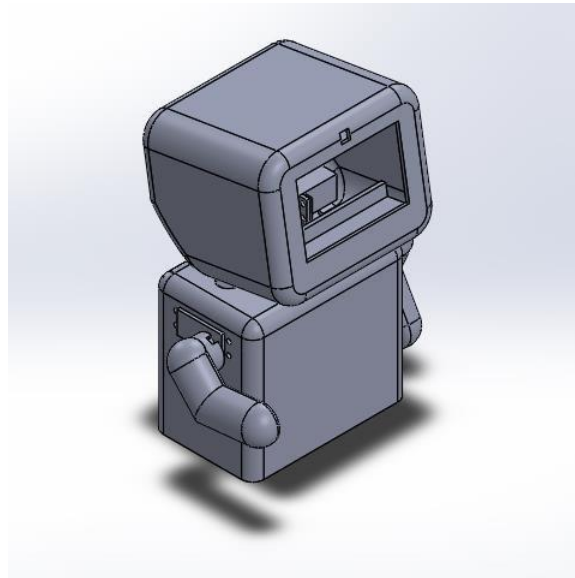


Figura 10. Diseño final del prototipo en SolidWorks.

Fuente: Propia

Por ejemplo, Pakkar et al., (2019) menciona que en su proyecto al igual que en este, se hace uso de un diseño basado en un personaje que no resulte amenazante, neutral en cuanto a su género y una simple expresión física.

Partiendo de lo anteriormente dicho se aplicó un diseño de sexualidad neutra y de forma muy agradable especialmente para un niño pequeño. Posteriormente se integraría una pantalla para que genere las expresiones faciales del robot. Se optó por utilizar expresiones que puedan ser divertidas y crear lazos con el niño, en este caso una entre la normal y con los ojos más abiertos y otra que hace un guiño con cada uno de los ojos.

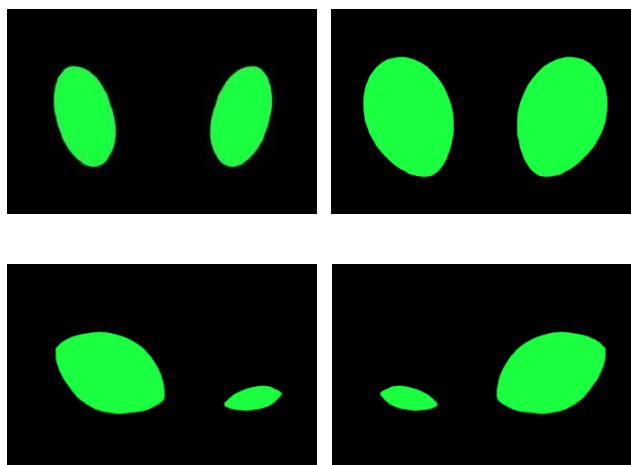


Figura 11. Principales gestos faciales.

Fuente: Propia

En la selección de display se verifico que fuera compatible con las placas que teníamos planeadas utilizar. La pantalla seleccionada fue una TFT de 4in de la marca WaveShare compatible con Arduino. Esta se seleccionó a raíz de su tamaño que era adecuado para el tamaño de la cabeza además de contar con una buena calidad y control táctil. Dicha pantalla además de su compatibilidad con Arduino cuenta con diferentes librerías que facilitaran el uso de imágenes para las expresiones faciales antes mencionadas. Esta pantalla también influyo en el diseño de la cabeza haciendo un agujero a medida para esta además de un soporte para la pantalla que esta adherida al Arduino.

Para los gestos se describieron 3 niveles. En el primer nivel se describen los gestos felices cuando el usuario esta viendo al prototipo y enojado cuando el usuario deja de ver al prototipo.

Para el segundo nivel se alternan los gestos guiño derecho, guiño izquierdo y normal cuando el usuario tiene contacto con el prototipo y cuando el usuario deja de ver se alterna entre indiferente y enojado.

Para el ultimo nivel se alternan 7 caras cuando el usuario tiene contacto con el prototipo y 3 caras para cuando el usuario no está en contacto con el prototipo. Estos niveles están hechos para diferentes niveles de problemas de atención y son elegidos por el usuario.

El altavoz se utiliza con un sistema de visión artificial que detecta la primera vez que el usuario hace contacto visual con el prototipo y emite un sonido. Luego al detectar que el usuario ha dejado de tener contacto visual con el prototipo el altavoz emite un sonido para tratar de llamar la atención del usuario.

Para la elección de materiales se procuró usar unos que sean amigables con el usuario, es decir que no fueran tóxicos ni con filo como menciona Li et al., (2016). El material utilizado para la creación del prototipo es enteramente ABS puesto que fue fabricado en su totalidad en con una impresora 3D. El ABS es un material apto para este primeramente por la facilidad de encontrarlo en el mercado actual y también por que cumple con no ser toxico en su estado normal.

Para el diseño de la cabeza se trató de hacer algo que fuera bonito a la vista de un infante. Como este está enfocado principalmente para niños se optaron por esquinas curvas para el diseño de la carcasa. Que se vea bien y sobre todo que transmita confianza al usuario además de que logran caber los componentes dentro de esta. En el cuerpo también se mantiene el mismo parámetro viendo en este un diseño bastante simple, pero cumpliendo su función de ser pequeño y no amenazador. Esto se ve también reflejado en los brazos del prototipo de robot encontrando en estos unos brazos pequeños y muy redondeados. Además, también se trató de hacer el robot de un tamaño pequeño con el objetivo de no ser amenazador ante el usuario y que en vez de eso sea agradable a la vista.

Para el movimiento de estas piezas se revisaron diferentes alternativas de las cuales nos decidimos por el uso de servomotores MG996r que brindan el movimiento en los brazos y cabeza del prototipo. El uso de estos es debido a la facilidad de ser encontrados en el mercado y también porque nos brinda justo lo que necesitamos para un movimiento preciso, en este caso, el de la cabeza.

El servo tiene una capacidad de torque de 9.4 hasta 11kgf*cm, se realizaron diferentes pruebas de torque proporcionada por SolidWorks. Después de la realización de estas pruebas sacamos la conclusión de que estos servomotores nos servirán de sobremanera y más los temas

anteriormente dichos sumaron para ser una elección fácil. Entre las propiedades de los servomotores se encuentra que contiene en su interior un encoder que convierte el movimiento mecánico en pulsos digitales interpretados por un controlador de movimiento. También utilizan un driver, que en conjunto forman un circuito para comandar posición, torque y velocidad. Esto nos brinda facilidad en el momento de adaptarlo para el mecanismo de cuello del prototipo de robot. Para controlar este servomotor se hace a través de una librería que permita mandar impulsos en forma de PWM que puedan ser interpretados por el servomotor.

El movimiento de la cabeza en ciertos casos necesita ser pequeño y preciso para hacer el seguimiento de cara de manera correcta. En el diseño del sistema de cuello se creó de cero un sistema Pan-Tilt basado en los ya existentes, con el cambio que este fue adaptado precisamente para ser pequeño, pero sin perder los valores de un Pan-Tilt. Se hicieron diferentes tipos de mecanismos de cuello este siendo el tercero de los diseños planteados. Cabe mencionar que los servomotores MG996r son compatibles con ambas de las placas utilizadas en el proyecto.

Las placas que se utilizaron en el prototipo fue una Raspberry Pi 4 y un Arduino Uno. Uno de estos controlando el sistema de visión mientras el otro controla los movimientos y la pantalla con los gestos faciales. El Raspberry es el encargado de la visión y fue escogido por su capacidad de procesamiento y por que tiene una mayor capacidad en cuanto a utilizar programas tales como este de seguimiento facial. Este programa no podría ser ejecutado en otros microcontroladores como por ejemplo Arduino y dentro de los que sí pueden ejecutarlo el Raspberry es el más barato y fácil de conseguir. Raspberry Pi también tiene otras ventajas como por ejemplo el hecho de la gran cantidad de librerías que existen para el microcontrolador. Incontables ejemplos, programas hechos para Raspberry Pi en Python se encuentran en libros y páginas web, lo suficientemente necesario para poder tener la base de datos suficiente para elaborar el proyecto.

Por otro lado, el Arduino si nos cumple para las otras tareas más fáciles. Puesto que estos procesos son más sencillos se procuró buscar un microcontrolador barato y accesible, dentro de estos el que más nos convenia era este Arduino Uno, por lo anteriormente dicho y necesitábamos este o un Arduino Mega para ser compatible con la pantalla que utilizaríamos.

Las personas con TEA suelen tener poca participación en reuniones sociales y en comunicaciones simples, mucho tiene que ver con su dificultad para comunicarse y con su falta de empatía con las demás personas. Las terapias que se suelen aplicar a las personas que padecen de TEA están orientadas a generar habilidades relacionadas con estos temas, apoyando al paciente a que gradualmente se desarrolle y vaya adquiriendo habilidades que antes desconocía. Es por ello que se buscó adaptar un sistema similar para el análisis y visión del usuario. El sistema de visión es debido a la Raspberry Cam v1. Siendo la visión artificial uno de los funcionamientos principales del robot, se integra una cámara de visión, que a través del lenguaje Python, sigue un algoritmo de reconocimiento de humanos, que, a través del sistema de control, accionara el sistema de cuello del robot, para cambiar la dirección de este. La Raspberry Cam v1 como su nombre lo dice, es compatible con la ya mencionada Raspberry Pi 4 y fue escogida por este mismo motivo. El sistema de seguimiento facial como menciona Othman & Mohsin, (2017) los niños con TEA muestran interés en los robots y especialmente cuando hacen movimientos. Es por esto que de manera de juego simple se adhiere la capacidad de seguimiento de cara por parte del robot hacia el niño generando en este aún más interés y dando a pie a que pueda interactuar de manera amistosa con el robot.

Con el uso de estos sistemas a la hora de hacer terapias se pueden notar distintos comportamientos y reacciones del niño incluso dando posibilidades de diferentes diagnósticos a partir de dichas interacciones. La cámara nos servirá para hacer interactuar al niño con el robot cuando el usuario note que el robot sigue su cara, llamara la atención y fomentara la curiosidad del niño, esto beneficiará las habilidades sociales que el usuario no tenga tan desarrollada.

Debido a las distintas condiciones que presentan los niños con TEA se procuró poner la cámara en la posición de la frente por la información brindada por Shaun Canavan et al. (2017) estableciendo que los niños con TEA tienden a centrarse más en la frente que en la boca.

5.2 Pasos de la Metodología

Ciclo A de la metodología en "V"

Etapa1: Nivel de sistemas

A. Sistema mecánico

Para el sistema mecánico primeramente se tiene que pensar una estructura de lo que sería el robot. Para ello se buscan diferentes modelos desarrollados en distintas investigaciones científicas. Se busca crear un diseño que sea apto para lo que se quiera hacer con el robot. Se deben comenzar a hacer diferentes diseños, varios serán descartados ya sea porque estéticamente no concuerdan con lo que se tiene planeado o porque estos diseños no podrían cumplir con todas las metas propuestas para el proyecto.

Los diseños de robot están basados en robot como KASPAR, que es un robot asistencial creado para ayudar a personas con TEA. Los primeros bosquejos del robot diseño tenían diferentes carencias, por ejemplo, el tamaño del robot era muy reducido por lo cual tuvimos que cambiarlo porque no estábamos seguros de que todos los componentes electrónicos se ajustarían en el interior de este. Luego de diferentes diseños se llegó a uno en el cual se aprecia que era lo suficientemente estable para resistir el torque de todos los servos, que fuera lo suficientemente grande y que estéticamente pudiera llamar la atención de los usuarios.

También sé que elegido el tipo de servomotor que se utilizaría para poder mover el mecanismo de movimiento de la cabeza y los brazos. Para esto se realizaron pruebas en SOLIDWORKS para poder determinar el torque máximo que se necesitaría para los movimientos de tanto de cuello como de brazos. Se tomo una amplia gama de opciones del mercado, se compararon precios y se eligió el que más podría cumplir tanto con el torque necesario como las limitaciones que se tienen de espacio.

Una de las partes más importantes a la hora de diseñar este sistema fue el hecho de elegir el material total del robot. Normalmente se tienen dos opciones, se pude hacer de ABS mediante una impresora 3D o se pude hacer un diseño metálico. Se comparan las propiedades de los materiales, tanto peso como maleabilidad y se llegó a la conclusión del que el ABS era la mejor opción. Puede ser que las impresiones 3D tarden más tiempo y sean más caras, pero con el ABS

existe la posibilidad de manipularlo aun después de ser impreso cosa que con el metal sería muy difícil.

B. Sistema de control

El diseño del sistema de control es un poco complejo. A la hora de diseñar este tipo de sistemas es muy importante tomar consideración todas las acciones que el sistema dinámico ejercerá. Si el robot se mueve en ciertas direcciones o tiene partes que giran se tiene que buscar un microcontrolador que nos facilite este tipo de acciones o si en el robot no hay espacio para colocar componentes de gran tamaño, entonces se consideran modelos de microcontroladores que quepan en el cuerpo del robot.

En el caso del robot construido debería de ser capaz de analizar el rostro del usuario y enviar señales PWM para mover servos para alinear la cara del robot con la cara del usuario. Se analizaron diferentes modelos de controladores como Arduino o Raspberry Pi. Arduino tiene librerías accesibles para el control de servo motores y tiene un costo accesible. El inconveniente con Arduino es su poca capacidad de procesamiento, así como su baja cantidad de memoria RAM. Por otra parte, el Raspberry Pi es un controlador que tiene alta capacidad de procesamiento especialmente procesamiento gráfico, así como alta capacidad de memoria RAM, aunque su precio es más elevado que el Arduino.

Se utilizo una Raspberry 4 modelo B de 2 Giga bytes de RAM para que controlara el sistema de visión artificial y los servos para que moviera el cuello ya que es más factible la construcción de este sistema con este controlador que con cualquier otro. Luego tuvimos que elegir otro controlador que se encargara de mandar imágenes a la pantalla situada en la cara del robot y controlara los servomotores adecuados en los brazos del robot, para esto elegimos un Arduino uno que estaría adecuado para esto.

Para el tema de controlar los servomotores, en el caso de la Raspberry Pi no fue necesario adquirir un driver, pero para el caso del Arduino si lo fue. Se adquirió un driver Adafruit PCA 9685 de 16 canales para que el Arduino pudiera controlar los servomotores de los brazos. Para poder controlar tanto la Raspberry Pi como el Arduino se tuvieron que instalar diferentes programas

como Python y open CV, lo cual nos permitió el control adecuado de todos los componentes que componen el robot.

C. Sistemas de Periféricos

Los periféricos utilizados en el robot son pocos, en primer lugar, una pantalla LCD compatible con Arduino y una cámara compatible a Raspberry. Se tienen que investigar diferentes tipos de cámaras que sean compatibles con Raspberry Pi, se tomaron en cuenta opciones como el uso de cámaras web entre otras opciones.

También se necesita comparar diferentes modelos de cámaras PI. Se comparo las PI cámara versión 1 de 5 MP con la PI cámara versión 2 de 8 MP. El uso de la cámara web el robot puede traer diferentes problemas especialmente con temas como el tamaño de este tipo de cámara. La cámara que se utilice en este proyecto no debe de ser muy grande ya que se carece de espacio tanto en la cara como en el interior del robot para acomodar cables y demás cosas, por esta razón se decidió no utilizar la cámara web.

A la hora de comparar todas las cámaras PI que se encuentran en el mercado se llegó a la conclusión que la PI cámara versión 2 de 8 MP era la mejor opción. Este tipo de cámara es compatible con Raspbian que es el sistema operativo de Raspberry Pi y no consume demasiado espacio ni mucha energía ya que no requiere fuente externa. El inconveniente con esta cámara es la disponibilidad en el mercado, por desgracia en el país no hay de este tipo de cámara en el mercado así que si se quiere utilizar este tipo de cámara se tiene que comprar fuera del país, lo cual atrasaría la construcción del proyecto. Por estos inconvenientes es mejor optar por una cámara Pi versión 1 de 5 MP, comparte los mismos beneficios que la versión 2 con la única desventaja de la calidad de imagen de menor calidad.

En cuanto a la pantalla, hay diferentes modelos tanto en el mercado nacional como internacional. La propiedad más importante de la pantalla es el tamaño de esta. El criterio del tamaño es parte del diseñador, si el cree que es necesario una pantalla de cierto tamaño pues se debe de buscar de ese tamaño. El tamaño debe ser el necesario para poder apreciar los gestos del robot. En este caso se eligió una pantalla Waveshare de 4 pulgadas.

Para el altavoz se procuró que fuese compatible con Raspberry Pi y que emitiera sonido a un nivel aceptable. A parte se buscó un altavoz que no fuese tan grande para que cupiera en el prototipo.

Etapa II: Subsistemas

Estructura

La estructura del robot consta de 3 partes principales cabeza torso y brazos. Se hicieron diversos diseños para llegar a un diseño que cumpliera con las especificaciones necesarias. La cabeza necesita ser amplia y tiene que ser armable. Así mismo la cabeza también consta de un cuello el cual se diseñó basado en una estructura Pan Tilt en el cual se pretende colocar los servos motores.

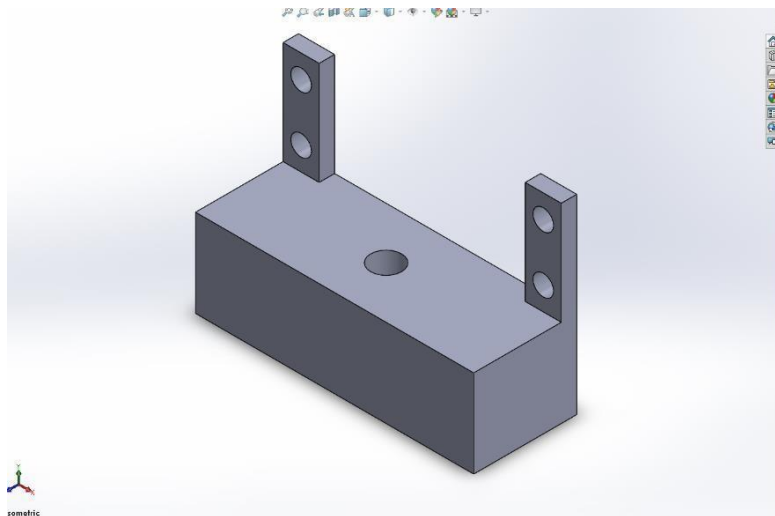


Figura 12. Eje central de mecanismo de cuello.

Fuente: Propia

Aquí se puede observar el cuello que se encarga de sostener la cabeza y en el cual se tiene pensado ensamblar los servomotores. La idea es que un servomotor este acoplado en el torso y encaje en la parte inferior del cuello y que el otro servomotor este sobre el cuello y encaje en la parte de atrás de la cabeza.

Este tipo de mecanismo es conocido como Pan Tilt, en el cual dos servomotores generan movimientos necesarios para poder ubicar algún objeto en 3 ejes. En este arreglo el servomotor al cual se le denomina Pan es el servomotor que se encarga de efectuar movimientos que moverían la cabeza en un eje horizontal mientras que el tilt es el servomotor el cual estaría encargado de realizar movimientos que moverían la cabeza de manera vertical. La unión de este dispositivo de cuello.

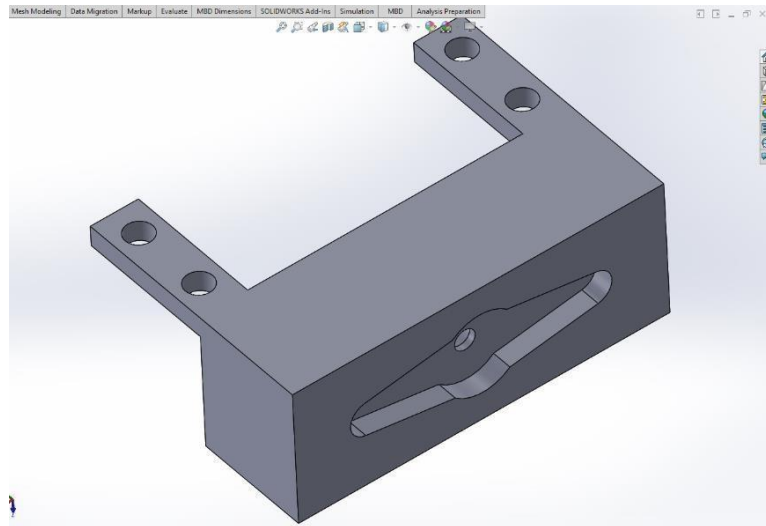


Figura 13. Pieza mecanismo de cuello vista inferior.

Fuente: Propia

Todas estas piezas se diseñaron en SolidWorks. La cabeza al inicio se diseñó en una sola pieza, pero debido a complicaciones con las impresiones 3D se tuvieron que cambiar los diseños ya que la impresora tiene problemas al hacer huecos o detalles internos. Para corregir estos problemas se necesitó dividir en dos partes la cabeza y evitar la mayoría de detalles internos en las piezas.

La parte de atrás de la cabeza tiene una unión para que el servo que tiene que estar en el cuello se acople a la cabeza y ejecute los movimientos. La parte de enfrente de la cabeza tiene un agujero donde debería de estar la pantalla y otro donde se debe de acoplar la cámara. Ambas partes de la cabeza se unen a través de unas uniones por tornillos que se encuentran en los costados de la cabeza. La cabeza tiene un diseño predilecto para evitar bordes muy pronunciados

para así proteger la seguridad del usuario y además para evitar costes adicionales por fallas que pudiera ocasionar a la hora de imprimirlo en ABS, ya que en este punto cualquier pequeño error que se pueda tener en la impresión conlleva a grandes pérdidas de dinero y a una reinversión que aumentaría el presupuesto utilizado para el proyecto.

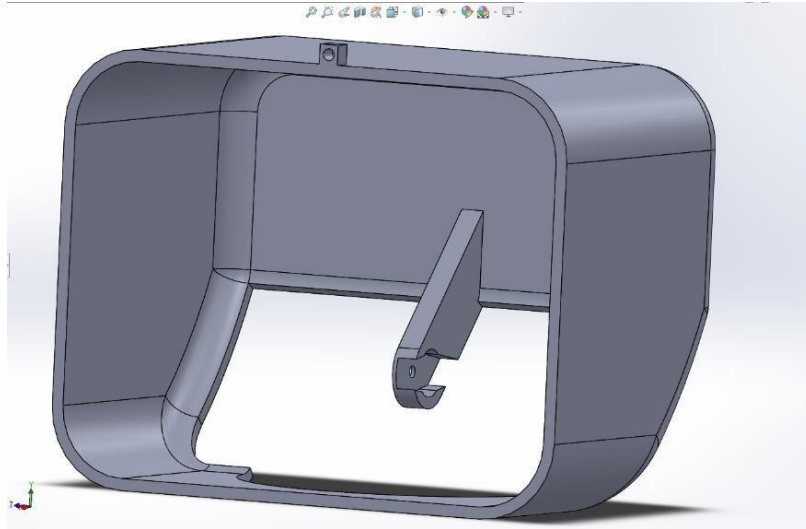


Figura 14. Parte trasera de cabeza.

Fuente: Propia

En esta pieza esta una protuberancia que tiene un encaje donde debería de ir el aspa del servomotor. También se puede notar que hay un agujero por el cual se puede utilizar para poner cables y demás cosas que necesitan estar dentro de la cabeza.

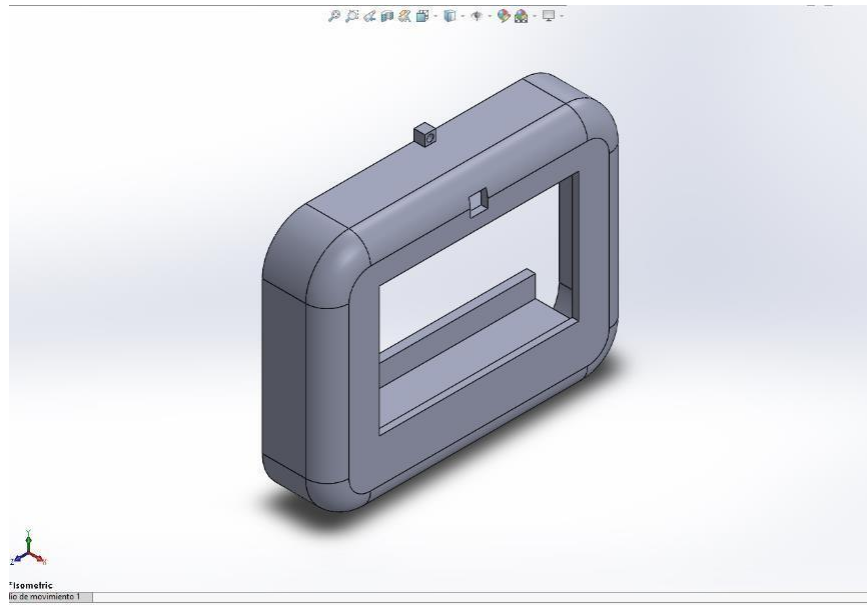


Figura 15. Parte frontal de cabeza robot.

Fuente: Propia

Esta es la parte superior de la cabeza en la cual se encuentra el agujero de la pantalla y el agujero destinado a la cámara, así como un lugar para que descansa el Arduino y asimismo la pantalla.

En cuanto al cuerpo también se tuvo que dividir en dos partes y se simplifico para que fuera más fácil el ensamblaje. A parte se hizo un lugar donde debe de descansar la fuente de poder para todos los microcontroladores. Se tuvo que tomar en cuenta también el posicionamiento de los brazos con sus servomotores. Los servomotores se deben de colocar de forma horizontal y se hicieron agujeros para poder acoplarlos con tornillos.

Para poder acoplar las dos partes del torso se hicieron dos extrusiones en las partes laterales a las cuales se les hicieron dos perforaciones de 3 mm. Luego se consiguieron tornillos y tuercas correspondientes al tamaño.

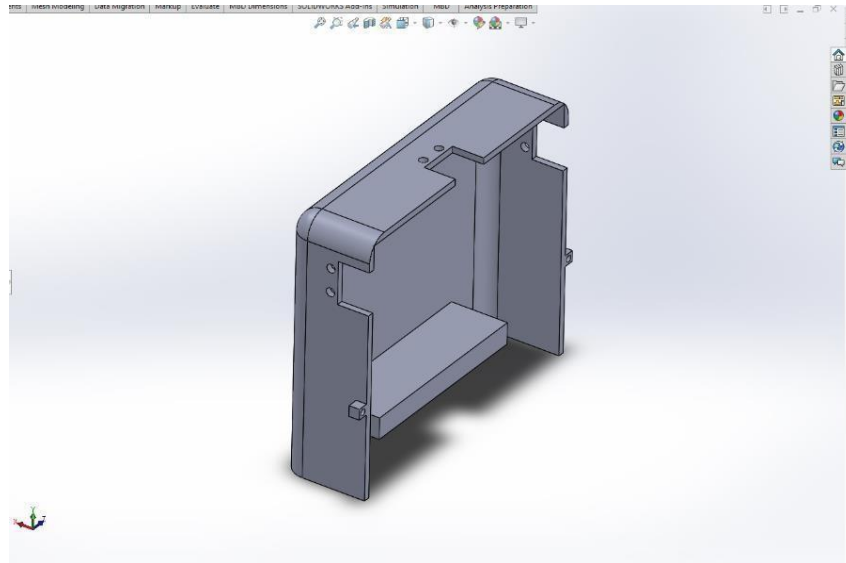


Figura 16. Parte trasera de torso.

Fuente: Propia

El torso o pecho también tuvo que rediseñarse varias veces para que pudiera ser impreso. Especialmente los bordes que están en las esquinas, dichos bordes no pueden ser impresos así que se tienen que cambiar su espesor. Se puede notar también que en una de las tapas que conforman el torso hay un estante donde descansaría la fuente de poder.

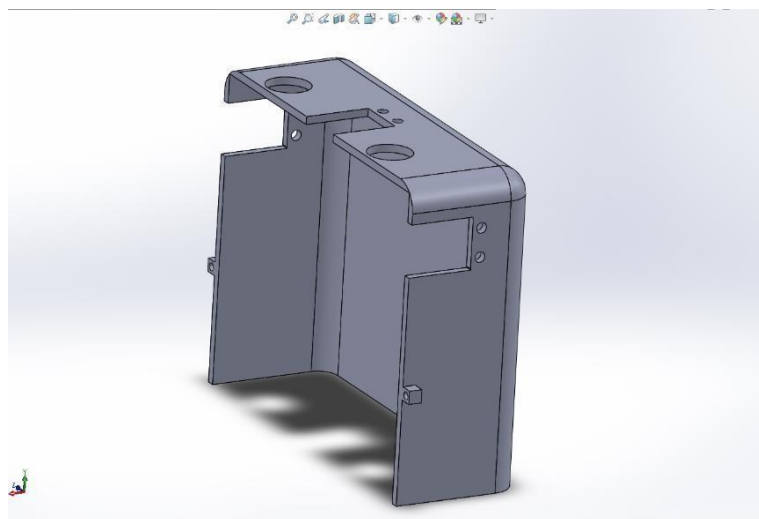


Figura 17. Parte frontal de torso.

Fuente: Propia

Aquí se puede notar que existen también agujeros que sirven para que los cables pasen desde la fuente de poder hasta la Raspberry Pi y el Arduino, así como otros tipos de cables.

En cuanto a los brazos se diseñaron de tal manera que pueda entrar el tornillo del servomotor y agarrar los brazos a él aspa del servomotor para que se puedan mover. Se diseñaron de forma compacta para evitar partes móviles que puedan ser ingeridas o rotas en la etapa de prueba.

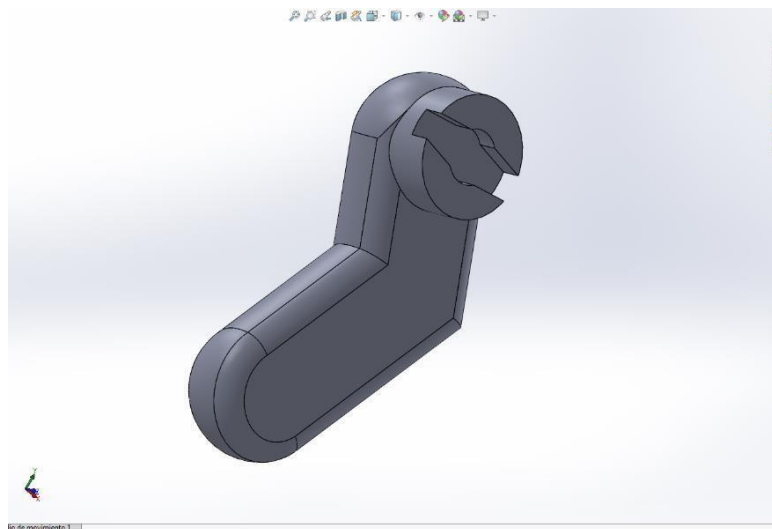


Figura 18. Diseño de brazo de prototipo de robot

Fuente: Propia

Mecanismos de Movimientos

El mecanismo de movimiento se basa puramente en servomotores, es decir movimientos rotacionales. Es necesario averiguar cuál es el torque necesario para mover todos los componentes necesarios, para esto se necesitaron hacer estudios de movimientos en SolidWorks los cuales brindaron un torque máximo el cual se utilizó para buscar servomotores que pudieran llegar a esa cantidad de torque. Al final se eligió el servomotor adecuado para nuestras necesidades.

En cuanto a las aspas que se utilizarían se deben de elegir las aspas más simples ya que estas proporcionaban un diseño simplificado a la hora de imprimir en 3D y también no requieren

del diseño de un encaje complicado. Las aspas no se compran por aparte ya que ya vienen incluidas en el paquete con la compra de los servomotores. Dentro de este mismo paquete de aspas se tiene los tornillos necesarios para unir servomotor con aspa y así tener el ensamble completo. El mecanismo de movimiento de los servomotores es lo más importante en este proyecto junto con el análisis de visión artificial ya que de esta forma el usuario podrá interactuar con él.

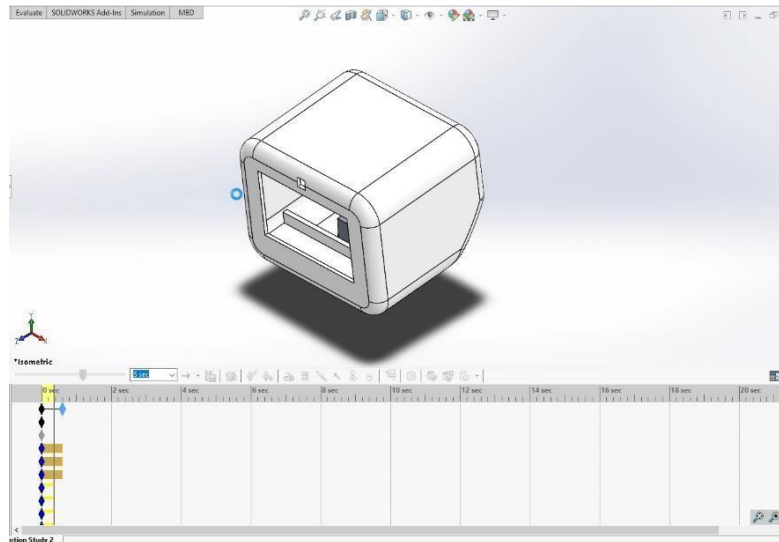


Figura 19. Simulación de torque en SolidWorks.

Fuente: Propia

Es necesario hacer un ensamblaje de toda la cabeza con el cuello y los servos, se debe agregar materiales a las piezas en este caso es ABS y se deben realizar las pruebas de movimiento activando la gravedad. Las pruebas arrojaron que el torque máximo para los movimientos horizontales debería de ser de 0.10 kg/cm y que el torque máximo para los movimientos verticales debería de ser de 1.84 kg/cm.

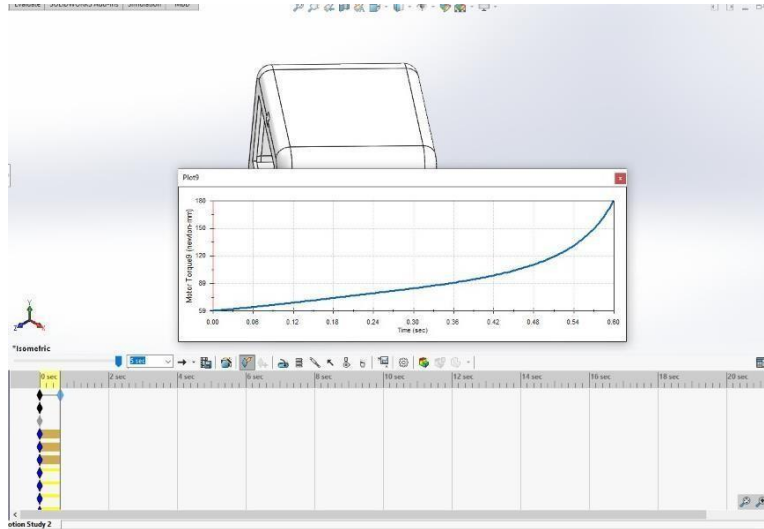


Foto 20. Primer resultado de prueba de esfuerzo.

Fuente: Propia

Para este trabajo se utiliza el servomotor MG966R que tiene un rango de operación de 4.8 v a 7.2 v. Este servomotor tiene un torque máximo de 11 kg/cm lo cual es ampliamente más que el necesario para ejecutar todos los movimientos. Este tipo de servomotores se encuentran fácilmente en el mercado nacional, aunque si se llegase a escasear también son muy fáciles de encontrar en mercados internacionales.

Subsistema de control

Para poder utilizar los microcontroladores en el robot es necesario tener el software indicado. En el caso de Raspberry Pi se adquiere una memoria SD de al menos 16 GB para después instalar Raspbian de manera adecuada. También fue necesario instalar y actualizar todos los drivers de la tarjeta esto se logra mediante el Terminal de control dentro de Raspbian.

Luego se necesita instalar Python 3 el cual es un lenguaje de programación muy utilizado a la hora de usar Raspberry Pi, luego de esto es necesario instalar open CV, el cual es un complemento para Python 3 dedicado al análisis de la inteligencia artificial visual. la instalación de estas también se alcanza a través de la terminal de control, ingresando comandos específicos que nos llevarían a la instalación de todos los productos.

Para poder compilar los programas desarrollados en Python se puede utilizar Thonny, que es un entorno de desarrollo que ya viene incluido en Raspbian. Con open CV instalado lo único extra que se necesita instalar es la librería pigpiod, esta permite la comunicación con los servomotores que se utilizan sin la necesidad de un driver de por medio.

La idea del algoritmo de visión en este proyecto es simple, la visión artificial identifica la posición de la cara del usuario en la cámara y dependiendo de esta envía señales PWM para que los servos pongan en posición central a la cámara en este caso la cabeza.

Los servos se moverán hasta que la cámara identifique que ya están en la posición correcta, y esto servirá para que el robot mantenga el contacto visual habilidad tan difícil de desarrollar para las personas que padecen de TEA. La idea a través del seguimiento facial es poder ayudar al niño a sentirse más cómodo en un entorno en el cual las personas ejerzan contacto visual con él, para así disminuir los grados de ansiedad que este tipo de prácticas puedan desarrollar.

En el caso del Arduino es necesario instalar la librería de Adafruit de PWM que permite controlar el driver que se está utilizando para los demás servomotores que están en los brazos. Arduino consta de muchas librerías de fácil acceso y de una plataforma sencilla que nos permite subir programas de manera muy rápida.

En cuanto a placas aparte de los controladores solamente se tiene una que es el driver para los servos. Dicho driver lo venden con los componentes desarmados así que es necesario soldarlos y hacer pruebas pertinentes.

Subsistemas de periféricos

El subsistema de periféricos se compone de 3 partes, de una cámara Pi, una pantalla TFT LCD para Arduino y un altavoz. Para la utilización de la cámara Pi en la Raspberry Pi se necesita acceder a la configuración del micro controlador a través de la terminal de comandos, una vez ahí se activa la cámara y ya está lista para usarse.

La cámara actúa como un dispositivo de entrada, ya que le envía información al open CV para que pueda analizarla y a través de esto poder mover los servomotores. La cámara es la parte central de todo este mecanismo ya que si esta falla es muy difícil que todo lo demás funcione.

A la hora de instalar este tipo de cámaras es importante tener cuidado ya que son muy sensibles a cambios bruscos de voltaje. La Raspberry Pi tiene un puerto dedicado únicamente a este tipo de cámaras, es de prioridad no colocar esta cámara en otro puerto y también es vital no conectarla cuando el controlador este encendido.

En el caso de la pantalla LCD se necesitan las librerías que proporciona la empresa que las fabrica, en este caso es Waveshare. La pantalla sería un periférico de salida ya que su única función es poder mostrar imágenes que emulen cambios en las expresiones faciales. Para usar este tipo de pantalla se necesita utilizar como mínimo un Arduino uno ya que este tipo de pantalla utiliza casi en su totalidad los pines del controlador.

La pantalla a utilizar es una de 4 pulgadas de 480x320 P la cual se piensa es suficiente para emular una cara humanoide en conjunto con las demás partes del robot. Los gestos se simplifican de tal manera que el niño tenga que copiarlos con simples cambios en su cara ya sea cerrando un ojo, o guiñando. Esto ayuda a fomentar el cambio de gestos en los niños y aparte sirve para fomentar el desarrollo de empatía en ellos.

Para la utilización del altavoz es necesario instalar mplayer en la Raspberry, el cual es un programa que nos permite ejecutar sonido desde un script en Python.

Etapa III

Realización

Para la elaboración de las partes mecánicas se deben tomar en cuenta diversos factores que son necesarios a consideración en el diseño. El peso de la estructura no debía de ser mucho para no forzar los servomotores, ni demás partes móviles del robot.

A parte del peso, la maleabilidad también es un factor crucial en este tipo de proyectos. Si alguna pieza en la etapa de ensamblaje no queda donde debería de quedar o si algún ensamble queda desperfecto es mucho más fácil modificarlo si la pieza es de ABS que si es de algún metal. Lo único que se necesitaría para poder modificar las cosas creadas por impresión 3D sería algún material a elevadas temperaturas y así poder cortar o deformar el ABS.

El tiempo de fabricación de las piezas impresas de ABS es en algunos casos mucho más elevado que de piezas metálicas. Por ende, si se planea imprimir muchas piezas en 3D se debe estar seguro de que el diseño enviado a la empresa de impresión es el más adecuado para lo que se necesita. Además de hacer las pruebas necesarias a este para saber si lograra el cometido de soportar o mover lo que se espera que soporte.

Para elegir la mejor opción también se debe de pensar en el presupuesto se tiene que elegir el lugar más adecuado para imprimir o mecanizar las piezas ya que los precios pueden variar demasiado de un lugar a otro de manera brusca. A parte de la cotización de precios también se puede considerar la opción de la compra de una impresora, ya que esto reduciría enormemente el gasto producido por la construcción del sistema mecánico en es este caso que es el que más tienen partes requeridas de impresión. Aunque la idea de comprar dicha impresora 3D es una buena opción también es importante tener en cuenta el tiempo en la cual se adquiriría ya que este tipo de maquina no se encuentra en el mercado nacional solamente en mercados extranjeros. La adquisición de la impresora podría brindar ventajas sobre cualquier otra posibilidad, pero hay que tener en cuenta que el tiempo es un recurso valioso que no se debe de desperdiciar así que se necesita hacer un balance entre el presupuesto y el tiempo disponible para terminar el proyecto.

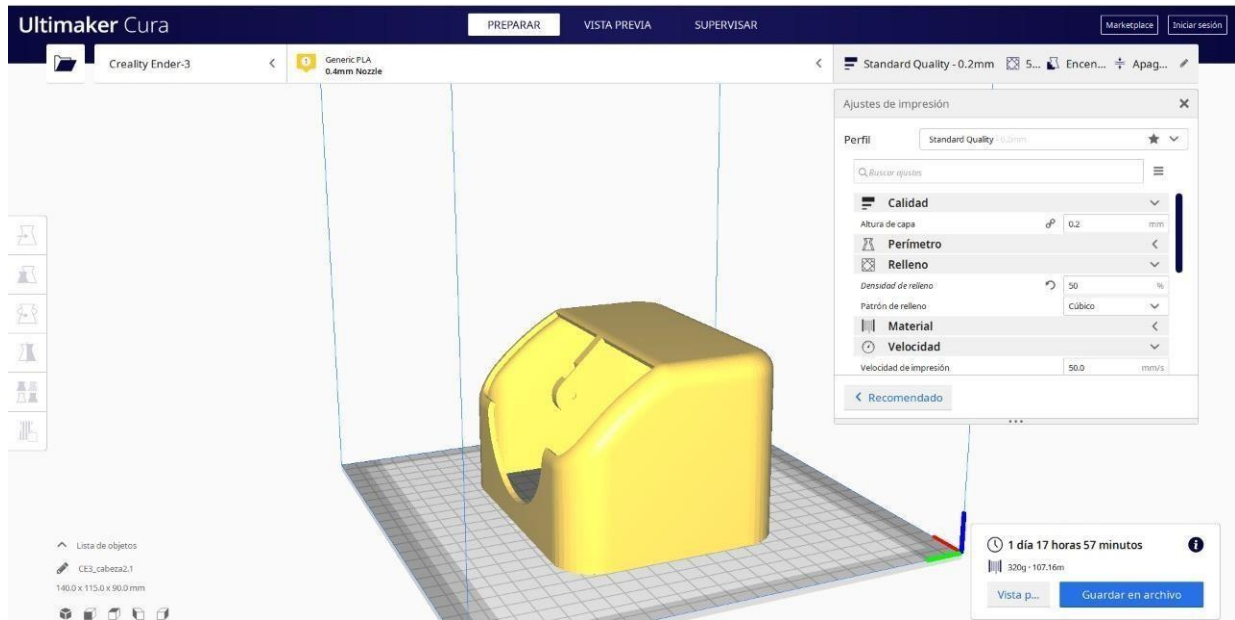


Figura 21. Imagen previa a impresión 3D en Ultimaker Cura.

Fuente: Propia

Para imprimir estas piezas se mandan a diferentes lugares que brinden estos servicios y se piden retroalimentación para cambiar el diseño de manera que la impresora pueda realizar todas las operaciones necesarias para el desarrollo del prototipo.

En este programa Ultimaker Cura que es un software para impresiones 3D se puede analizar todos los defectos que podría llegar a tener el diseño antes de que la pieza se imprima y dichos errores signifiquen mucho dinero. En este análisis se identificaron diversos errores como, por ejemplo; el grosor de algunas piezas sería muy estrecho lo cual derivaría a una futura fractura del producto. Una vez analizado todo esto se decidió hacer los cambios pertinentes.



Figura 22. Proceso de impresión 3D, cabeza.

Fuente: Propia

La cabeza es tal vez la parte que más requiera tiempo de tiempo de impresión por lo cual fue la primera pieza en realizarse. A la hora de imprimir se corren diversos riesgos como por ejemplo el hecho de que un corte de energía eléctrica podría retrasar el proceso o la escasez de filamento podría llegar a parar la impresión. Por ende, es necesario tener siempre filamento de sobra para evitar estas situaciones, en el caso del proyecto afortunadamente no hubo ninguna clase de retraso.

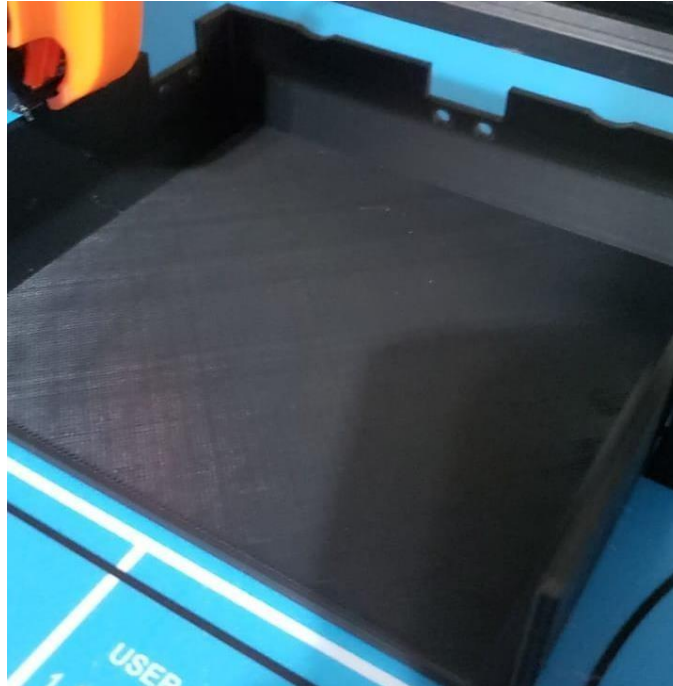


Figura 23. Proceso de impresión 3D, torso.

Fuente: Propia

Aquí se puede notar la impresión final de una parte del cuerpo. Esta es la tapa izquierda del cuerpo del robot el cual va acoplada con tornillos a la tapa derecha del torso. Para esto se hicieron unas extrusiones en los lados con agujeros de 3 mm de diámetro el cual era lo suficientemente fuerte como para soportar todo el peso de la estructura. Estos tornillos se compraron con sus respectivas tuercas las cuales también son del mismo tamaño utilizado por los servomotores. En el torso se pudieron acoplar 3 servomotores, uno que sería el Pan del mecanismo Pan-Tilt que brindaría movimientos en ejes horizontales, mientras que los siguientes servomotores serían los correspondientes a los brazos que brindarían movimientos circulares. El centro de gravedad del cuerpo debe de ser bajo para que así no haya problemas a la hora de que todos los servos estén en movimiento. Si en algún caso la estructura es inestable se necesitaría volver a diseñar toda la estructura.



Figura 24. Mecanismo de cuello ya impreso.

Fuente: Propia

Este es el cuello previamente diseñado en SolidWorks el cual fue impreso en ABS. Se puede notar la ranura con la forma del aspa para que sea posible la incorporación de los servomotores en él.

Realización del dominio de control

Para el dominio de control se tiene que programar en distintos lenguajes de programación, principalmente en Python 3. Aquí se tuvo que utilizar las modalidades de Open CV para el análisis visual.

Para acceder a la cámara Pi a través de Python se utilizan diversos comandos específicos. Primeramente, como ya se había mencionado la cámara tendría que estar previamente configurada para su utilización en el menú de periféricos de Raspberry. La función PiCamera nos permite acceder a la cámara ya instalada luego el comando resolution nos permite colocar la resolución de trabajo que esperamos conseguir con la cámara, recordando que este tipo de cámaras trabajan a diferentes resoluciones como pueden ser 720 P o 1080P.

En el caso del Arduino se pueden usar las librerías de Adafruit PWM y la librería de Waveshare para la pantalla TFT. Con la librería de los servomotores no hubo inconveniente, pero

con la librería de la pantalla si los hubo. Fue necesario modificar dicha librería para que esta hiciera lo que queríamos. Se tuvo que buscar la función que permitía acceder a las imágenes en formato Bitmap dentro de la tarjeta SD y hacerle cambios al ciclo FOR que era el centro de toda esta librería.

El algoritmo desarrollado permite acceder a imágenes en una tarjeta SD, esta opción suele ser más viable que utilizar la memoria del Arduino. El Arduino tiene muy poca capacidad de procesamiento de imágenes y otro tipo de cosas. lo mejor es utilizar una memoria SD externa para aliviar al Arduino de toda esta carga de procesamiento.

Todos los algoritmos deben de pasar por proceso de verificación y de corrección de errores. Se deben de poner a prueba en diferentes escenarios en los cuales puedan fallar o estén sometidos a altos grados de estrés. Este proceso es muy importante a la hora de construir un prototipo funcional ya que nunca se sabe en la situación a las cuales el prototipo estaría expuesto. Siempre es mejor brindar una holgura lo suficientemente grande para evitar problemas a la hora de probar dicho prototipo, si estamos seguros que en situaciones de alto estrés el prototipo funciona será muy probable que en una prueba normal este funcionará.

Periféricos

En el caso de periféricos lo único que se diseñó para su implementación tiene que ver con el diseño mecánico. Debido a que lo más importante en los periféricos es que queden en un lugar donde no corran riesgos cuando se esté moviendo el robot.

Etapa IV: Integración de partes

Integración de partes mecánicas

Lo primero que se debe hacer en esta etapa es revisar los ensamblajes en SolidWorks. Mediante esta herramienta podremos notar alguna clase de desperfecto que se producirá en esta etapa. Lo importante en este caso es aplicar las relaciones de movimiento correctas para que el modelo simulado se parezca al construido en la realidad. También podemos hacer estudios de movimientos que con el cuidado correcto nos darán idea de cómo se moverá en la realidad el

prototipo. Recordar que el prototipo debe ser validado antes de cualquier decisión de construcción, una vez validado se espera que no existan errores en el proceso de integración.

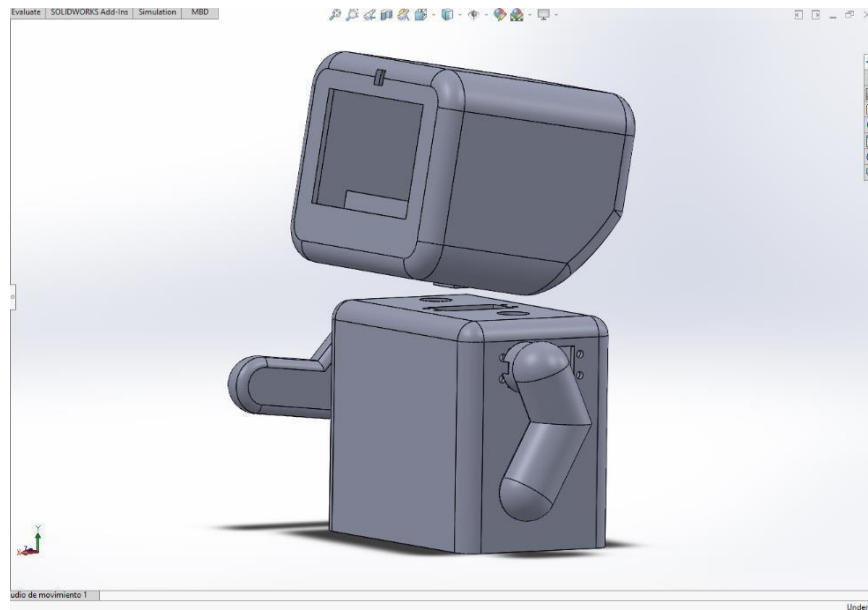


Figura 25. Ensamble de prototipo en SolidWorks.

Fuente: Propia

En este modelo se puede apreciar la idea final del robot donde están todas las partes que se diseñaron y se imprimieron en ABS. Lo único que faltaría en este diseño sería los servos instalados en todas las partes correspondientes, en el cuello se acomodarían 2 y en los brazos los faltantes.

En la hora de ensamblar todas las piezas se tienen que usar las herramientas necesarias para este trabajo. En este caso son necesarios destornilladores con diámetro de 3 mm y tenazas. Estas herramientas se utilizarán para terminar de ajustar los tronillos y terminar de unir las piezas.

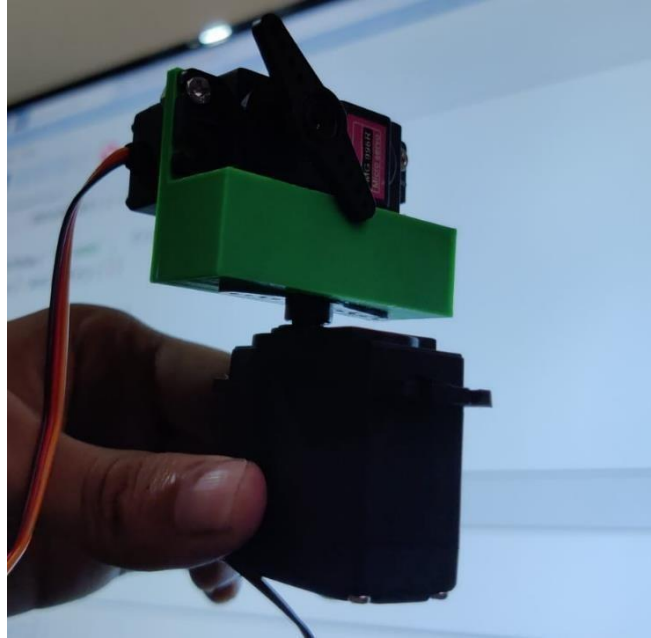


Figura 26. Mecanismo de cuello ya ensamblado.

Fuente: Propia

Aquí se nota la unión Pan Tilt en el cuello, se puede ver la manera en cómo ambos servomotores están puestos en el cuello. Se puede ver claramente como se piensa ejercer los movimientos de la cabeza, también se puede observar la manera en cómo las aspas de los servomotores encajan con las aberturas previamente mencionadas.



Figura 27. Mecanismo de brazo ensamblado.

Fuente: Propia

Los brazos encajan de buena manera en el aspa de los servomotores, y proporcionan buenos movimientos en los 180 grados requeridos. Recordar que los brazos tienen que realizar diversos movimientos los cuales deberían de ser hechos de manera limpia sin interferencia, asegurando que los brazos no se suelten en el proceso.

Integración del dominio de control

Para el dominio de control se necesitan construir los programas en Python como en Arduino, para posteriormente subirlos a las placas correspondientes.

Para la correcta utilización del driver para los servos se debe utilizar un cable USB como alternativa como fuente de poder externa.

Integración de periféricos.

En esta parte es necesario la correcta utilización de cámara y pantalla LCD. Para acomodar la cámara en la cabeza es necesario de algún material adherente como alternativa puede ser la cinta adhesiva doble cara. En el caso de la pantalla es necesario que este sostenida de manera robusta para que no suceda ningún accidente a la hora de las pruebas. Con respecto al altavoz se necesito asegurar que este quedara firme en el prototipo.

Etapa V Integración de los Subsistemas

Los subsistemas se deben integrar de manera armónica para que el proyecto funcione de manera correcta.

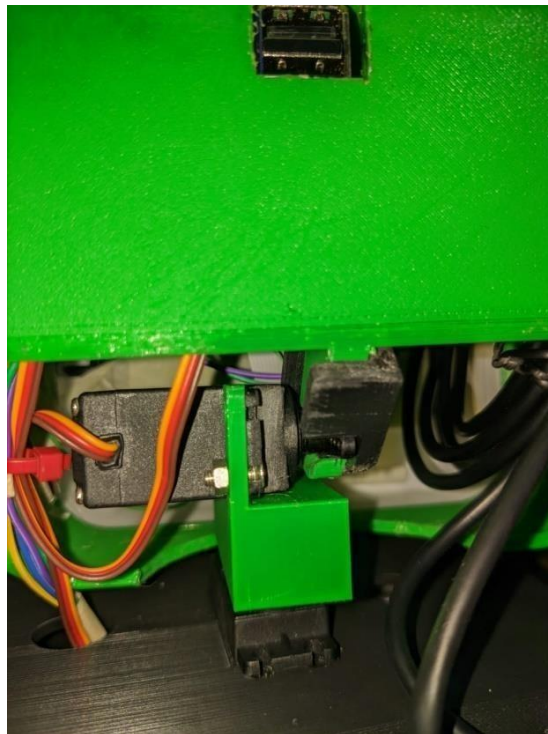


Figura 28. Ensamble físico de mecanismo de cuello.

Fuente: Propia

La Raspberry Pi debe de sostenerse de manera fija. Se pueden utilizar tornillos o abrazaderas para sostenerla donde queramos. A parte de que los servos estén firmes también se tienen que tomar en cuenta el cableado de estos. Los cables ocupan mucho espacio al interno del

robot es necesario hacer todos los ajustes para que no interfieran en el posicionamiento de todos los componentes.

Los subsistemas se modifican y unen de manera que la integración total sea posible. Se utilizan diferentes aparatos como el caudín y demás herramientas para poder ajustar todo.

Etapa VI Integración de sistemas

Se deben de unir todos los sistemas y comprobar su funcionamiento. Luego de pruebas realizadas se comprobó que la parte inferior de la cabeza necesita un rediseño por lo cual no se puede probar todo el sistema funcional.

Ciclo B de la metodología en "V"

Etapa I: nivel de sistemas

Se hacen pruebas individuales de los sistemas y se nota que por sí solos los sistemas no requieren un rediseño. Pero el sistema mecánico requiere unos ajustes necesarios para su correcto desarrollo.

Sistema mecánico

A nivel de sistema mecánico se observó un problema en el cual la pieza que une el servo con la cabeza se doblaba porque no soportaba el torque del servomotor, para corregirlo se diseñó una pieza que encajara en esa parte y que al final le brindara más resistencia a esta parte.

Sistema de control

Se analizaron ciertos fallos que provocaban un error en las librerías de los servomotores. Se modificó la programación en Python y se eliminó el problema.

Sistema de periféricos

En este sistema no se encontraron fallas mayoritarias.

Etapa II: Nivel de subsistemas

Subsistemas mecánicos

Estructura

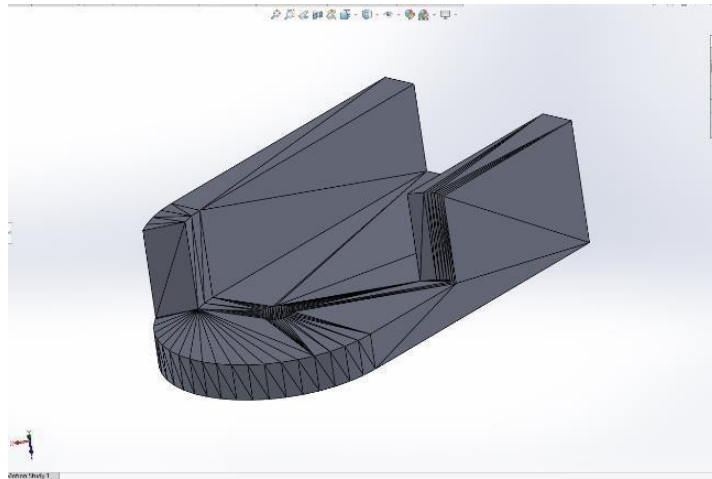


Figura 29. Pieza para soporte extra vista en SolidWorks.

Fuente: Propia

Esta pieza fue diseñada para acoplarse en la cabeza del robot para brindarle más grosor a la extrusión que sale de ella y luego evitar que el torque del servomotor doble esta parte.

Subsistema de movimiento

Los servomotores son reajustados de manera que queden firmes y listos para el funcionamiento.

Subsistemas de control

Se debe de cambiar la lógica a gusto del diseñador de manera que los servomotores del Pan Tilt puedan moverse de manera fluida y sin inconvenientes.

Subsistemas de periféricos

Los periféricos funcionan de manera correcta después del ciclo A.

Etapa III Realización de partes:

Se debe de mandar a imprimir la pieza necesaria para corregir los problemas detectados en el cuello. Si no se hace esta corrección no será posible que el robot pueda ejecutar movimientos en el cuello.

Realización del dominio de control

No se construyeron dispositivos. En este caso las partes previamente construidas en el ciclo anterior fueron suficientes.

Realización de periféricos.

No se construyeron dispositivos. Los periféricos al ser mayoritariamente la cámara y la pantalla LCD no fue necesario construir nada extra.

Etapa IV integración de partes

Integración de partes mecánicas

Se unió la pieza recién construida para apoyar a la estabilidad del sistema.

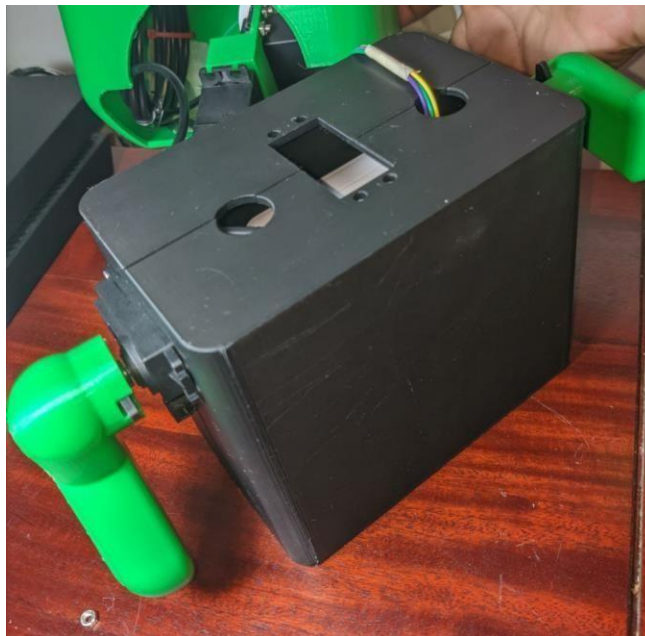


Figura 30. Ensamble de base.

Fuente: Propia

Integración de partes del dominio de control

Se guardaron los cambios realizados de la programación, se probaron y se llegó a la conclusión de que estos algoritmos un poco más complejos eran lo suficientemente estable para llevar a cabo pruebas.

Integración de los periféricos

No se hicieron cambios. Los periféricos no sufrieron inconvenientes por ende los cambios fueron mínimos.

Etapa V Integración de subsistemas

Los subsistemas no sufrieron muchos cambios. La pieza impresa encaja perfectamente en la cabeza. Como las partes a cambiar eran pocas el ensamble final no sufrió cambios significativos.

Etapa VI Integración de sistemas

Todos los sistemas resultaron ser funcionales y se prepararon para las pruebas correspondientes. Los sistemas se probaron independientemente y en conjunto hasta comprobar su funcionamiento correcto.

5.3 Prueba y Validación

Para los resultados del prototipo se planteó la posibilidad de ponerle a prueba con niños con TEA y ver como estos interactuaban con él. Debido a las condiciones en el mundo con respecto a COVID-19 se hizo difícil lograr conseguir padres de niños con TEA dispuestos a correr el riesgo y apoyarnos haciendo pruebas y terapias con sus hijos. La situación en el país es complicada y los padres normalmente no están tan abiertos a este tipo de propuestas y peor con las condiciones actuales. Además de esto necesitábamos un sujeto con un nivel de autismo leve o moderado, ya que ellos tienen una aceptación moderada a relacionarse con el medio. Esto prolongo el periodo de pruebas un par de días hasta que conseguimos hacer dichas pruebas. En el caso de niños con un nivel de autismo severo el robot propuesto no podría trabajar o no tendría

los mejores resultados, esto debido a que ellos no tienen desarrollada la capacidad de relacionarse con su entorno y requerirían ayuda más especializada.

En el caso del proyecto debido a las complicaciones anteriormente dichas se contaron con dos niños que se dispusieron a tener un tiempo con el robot. Se realizaron dos diferentes sesiones de diez minutos cada una en un periodo de dos días. Para las sesiones se propusieron dos actividades principales, una de ellas siendo un juego introductorio en este caso las escondidas.

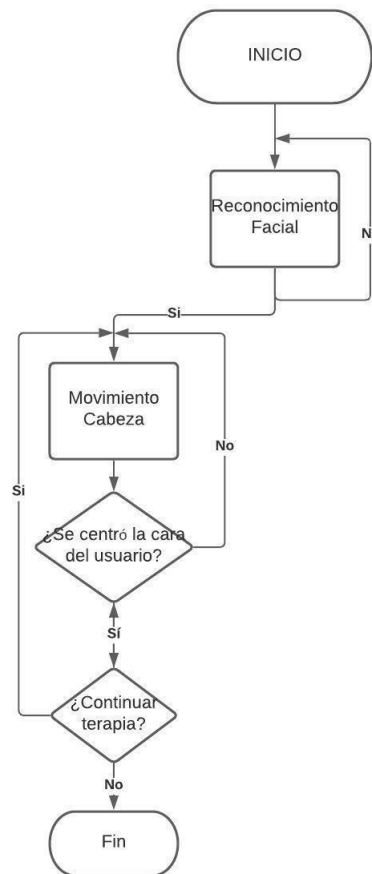


Figura 31. Diagrama de flujo de primera actividad.

Fuente: Propia

En este el niño, sentado, trataría de mover la cara para un lado u otro en busca de que el robot no consiguiera reconocerle. El robot, con la función de seguimiento facial, hacía la búsqueda del niño y le seguía para mantenerle siempre en la zona correcta. En la realización de las pruebas se notó que en momento que se realiza la interacción de búsqueda facial, el niño debe estar a una distancia mínima de un medio metro de radio, ya que los niños tienen un comportamiento impredecible y pueden ocasionar acciones que afecten al robot en su funcionamiento.



Figura 32. Reconocimiento facial previo a iniciar la actividad.

Fuente: Propia

Durante esta actividad se notó una muy buena interacción entre el robot y el niño, se miraba divertido a los ojos del niño saber que el robot estaba buscándole. En esta actividad los resultados fueron muy favorables tanto como para el niño con TEA leve como para el de TEA medio.



Figura 33. Primera actividad de niño con el prototipo de robot.

Fuente: Propia

Y para la segunda se propuso que el niño hiciera mímica de las poses y gestos del robot. Este hacia principal uso de la pantalla TFT puesta en la cara del robot y de las extremidades del mismo.

En esta actividad el robot hace movimientos de brazos que están relacionados con los diferentes gestos que muestra la pantalla, haciendo que el niño tenga que hacer los mismos movimientos y se tiene la participación de el altavoz que reproduce ciertas líneas de voz dependiendo de las situaciones previamente descritas.



Figura 34. Segunda actividad, ejercicio de mímica.

Fuente: Propia

El grado de TEA en los niños voluntarios es de leve y medio, este dato brindado por los padres previamente diagnosticado por especialistas.

Los diferentes parámetros que se tomaron en cuenta para la evaluación fueron los de aceptación, interacción y comodidad. Estos propuestos por nosotros mismos a la hora de evaluar la interacción en general además de la experiencia entre el usuario y el prototipo de robot.

En la fase de los resultados se evaluó el comportamiento del niño con el robot tomando en cuenta los parámetros dichos anteriormente a lo largo de las sesiones. Primeramente, la aceptación envuelve lo que es la primera impresión del robot y el niño, si lo ve con buenos ojos o le causa algún tipo de incomodidad para no comenzar la terapia. En segundo lugar, en la interacción se ve el comportamiento del niño a lo largo de toda la sesión, como reacciona a los diferentes movimientos y expresiones del robot. Por último, se valora la comodidad que presento el niño a lo largo de toda la sesión evaluando si el niño está dispuesto a seguir trabajando con el robot dando paso a sesiones más largas y/o futuras sesiones.

	Sesiones	Aceptación	Interacción	Comodidad
Usuario A (Leve)	1	7	8	9
	2	8	9	9
Usuario B (Medio)	1	7	6	7
	2	7	8	9
Leyenda: 0-3 Mala; 4-6 Regular; 7-9 Muy Bien; 10 Excelente				

Tabla 1. Tabla de Parámetros de Evaluación para Robot

Fuente: Propia

En la tabla anterior se muestra los resultados de las sesiones que se lograron hacer a lo largo del periodo de pruebas. En los primeros resultados se ve un buen desempeño de parte de

del prototipo. En general una buena nota en nuestra tabla de parámetros a evaluar demostrando que el prototipo está teniendo un buen grado de aceptación. En la segunda sesión se ve una mejora con respecto a la primera en ambos usuarios. Los sujetos respondieron de manera muy buena al primer acercamiento con el robot, se notó mucha curiosidad para saber cómo funciona el prototipo. Como se mencionó anteriormente en los niveles leves se obtuvo un resultado creciente en cuanto a la interacción, mientras que en los niños con un grado un poco más se notó que la interacción con el robot no tiene un resultado tan favorable comparado al anterior pero aun bastante positivo.

En la siguiente tabla se puede ver a detalle los materiales utilizados para la creación del prototipo de robot de interacción, desde los componentes electrónicos hasta la estructura.

Componentes	Descripción	Cantidad	Precio Total (HNL)
Electrónicos	Raspberry Pi 4	1	L.2,500.00
	Arduino Uno Keystudio	1	L.350.00
	Servomotores MG996R	4	L.1,100.00
	Powerbank	1	L.300.00
	Raspberry Pi Cam v1	1	L.569.00
	Controlador de Servomotores	1	L.258.00
Extras Electrónico	Combo de Jumpers	1	L.244.00
	Cable micro HDMI	1	L.200.00
	Cable USB tipo C	1	L.150.00
	Memoria Micro SD 16GB	2	L.600.00

	USB Hub	1	L.300.00
Estructura	Impresión 3D	-	L.1,500.00
Extras Estructura	Tornillos M3	12	L.10.00
	Tuercas	12	L.11.00
TOTAL			L.8092.00

Tabla 2. Lista de materiales utilizados para el proyecto.

Fuente: Propia

5.4 Discusión

El prototipo de robot en cuanto a diseño e idea general fue basado en distintos trabajos mencionados previamente en el marco teórico. En esta sección se compararán los resultados de diferentes robots similares a este de trabajos previos con el fin de contrastar los datos obtenidos en vista de buscar ciertas mejoras en caso de posibles futuras versiones de prototipo.

En el trabajo publicado por Krithiga (2019) se contrastan diferentes tipos de robots sociales entre ellos el robot Milo, Kiwi, Kaspar y Alyx en los cuales se destacan ciertos factores. Los resultados encontrados en este son similares en los cuales se destacan las funciones de los distintos robots y que logran atraer a los niños causando múltiples reacciones positivamente.

Existen papers en el que se hablan del Robot Saxofonista y como este puede ayudar a pacientes con TEA. Se observó un gran progreso en el segundo experimento una vez que los sujetos fueron entrenados en el primer experimento mostrando una progresión suave y cambiante en el programa de entrenamiento al completar el experimento en un lapso de tiempo más corto. Dado que es difícil comunicarse verbalmente con los niños con TEA, esto ayuda a evaluar si los sujetos pueden realizar y recibir dicho entrenamiento de manera intuitiva. (Han et al., 2018)

Esto muestra cierta similitud con el prototipo creado dado que ellos presentaron una mejora significativa con el segundo experimento o sesión. Sirve como indicador de como los robots al ser introducidos a los usuarios no se ven resultados excelentes, pero a medida se van creando relaciones entre el robot y usuario esta va mejorando progresivamente siendo de bastante ayuda para las personas que sufren de esta condición. En este mismo paper más allá de esta similitud también se muestran diferencias. Por ejemplo, que reportaron ciertas fallas en su sistema de visión y detección de rostros diciendo "Otro problema es la detección de rostros falso positivo, como se muestra en la figura 11, donde se ha detectado y resaltado un objeto inanimado." (Han et al., 2018). En este caso esto no fue así, en todos los escenarios donde fue probado el sistema de detección facial este funciono de manera apropiada, el único inconveniente con el sistema de reconocimiento facial fue cuando las condiciones de luz no eran optimas y nos encontrábamos a contra luz. Esto fue fácilmente resuelto mejorando la iluminación del lugar donde se iba a practicar la terapia con lámparas o focos extras. La detección siempre fue muy optima y correcta haciendo uso de OpenCV y Python 3 esta nunca tuvo detecciones erróneas o mal hechas. En Amanatiadis et al. (2017) se hace mención a el robot NAO, robot que también hace movimientos de cuerpo y juegos de imitación. A diferencia del prototipo creado, NAO tiene ciertas características extra que lo hace algo más caro en general. Esto es una ventaja en cuanto al prototipo propuesto por nuestra parte ya que este ya de por si mantiene muy buenos resultados a falta de pocas mejoras. En el trabajo publicado por Julie A. Kientz et al. (2020) se hace mención a varios robots con la misma función que el expuesto en esta tesis. Entre ellos destaca Keepon y Bandit. Las principales ventajas del expuesto aquí con esos es el diseño. El diseño del robot es bastante simple y genera una más fácil interacción entre el niño y el robot. (Aniketh & Majumdar 2018)

VI. Conclusiones

1. Se Elaboro un prototipo capaz de interactuar con usuarios con TEA, el cual se puede utilizar para mejorar las habilidades sociales de dicho usuario.
2. Se realizaron métodos de interacción humano/robot basándonos en diferentes actividades como el seguimiento facial y la actividad de mímica que posteriormente seria validada con un impacto positivo en la socialización del niño. A través de esto se logró comprender un poco más la forma de interactuar con el entorno de los dos sujetos evaluados.

3. Se denotaron las características necesarias para el correcto diseño del prototipo de robot. Primero evaluando los materiales de los que iba a estar fabricado, las formas de este y que aspecto tendría. Todo esto también viéndose reflejado positivamente en los resultados demostrando que el trabajo en cuanto a diseño fue efectivo.
4. Se definieron los mecanismos, actuadores y sensores necesarios para la fabricación del proyecto. En cuanto a los mecanismos se dispuso a fabricar uno propio que fue fabricado y aplicado exitosamente sin mayores problemas. Para los actuadores y sensores se logró comprar todos los necesarios para lo que se tenía planeado del proyecto que, a pesar de los problemas con pandemia, llegaron con el tiempo suficiente para poder ser aplicados sin retrasos graves. Los sensores y actuadores escogidos tenían gran presencia en el mercado nacional y gracias a ello fue más fácil conseguirlos.
5. Se escogieron las herramientas de software que se utilizaron para el desarrollo del SAR. Se utilizó SolidWorks para el desarrollo de los diseños mecánicos dado que este es un CAD potente que nos permite tener acceso a simulaciones mecánicas. Python se utilizó para el desarrollo del seguimiento facial puesto que cuenta con compatibilidad con Open CV que es una biblioteca de visión artificial y además cuenta con diferentes librerías que nos permiten el control de servomotores. Se optó por Arduino para el cambio de expresiones faciales en una pantalla LCD ya que este era compatible con la pantalla a utilizar.

VII. Recomendaciones

Como recomendación se sugiere que las medidas a utilizar en el diseño tengan un margen amplio de error dado que la impresora 3D al momento de hacer las piezas las hace demasiado justas y en algunos casos no logran encajar del todo bien. Uno de los grandes inconvenientes que se dieron en el diseño fue el tamaño de los cables, al momento de diseñar no se tomó en cuenta la cantidad de cables y el grosor de estos y el espacio ocuparían en el interior del robot, debido a esto el robot tuvo que ser modificado y reestructurado.

Cómo recomendaciones del sistema lógico se sugiere el uso de dos Raspberrys en vez de una Raspberry y Arduino. Esto dado que el Arduino carece de capacidad de procesamiento para poder efectuar distintas tareas, si se ejecutan al mismo tiempo.

Se recomienda hacer pruebas reiteradas del robot con diferentes cantidades de usuarios en espacios de tiempos largo, y tomar nota acerca del avance en la conducta de los usuarios.

Es recomendable poder validar con un profesional de la psicología infantil los tres niveles de gestos y sus repercusiones en los usuarios.

VIII. Bibliografía

Sharma, S. R., Gonda, X., & Tarazi, F. I. (2018). Autism Spectrum Disorder: Classification, diagnosis and therapy. *Pharmacology & Therapeutics*, *190*, 91–104.

<https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2018.05.007>

Stephenson, J., Browne, L., Carter, M., Clark, T., Costley, D., Martin, J., Williams, K., Bruck, S., Davies, L., & Sweller, N. (2020). Facilitators and Barriers to Inclusion of Students With Autism Spectrum Disorder: Parent, Teacher, and Principal Perspectives. *Australasian Journal of Special and Inclusive Education*, 1–17. <https://doi.org/10.1017/jsi.2020.12>

Bjørklund, G., Pivina, L., Dadar, M., Meguid, N. A., Semenova, Y., Anwar, M., & Chirumbolo, S. (2020). Gastrointestinal alterations in autism spectrum disorder: What do we know? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *118*, 111–120.

<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.06.033>

Eroglu, M., & Kilic, B. G. (2020). Peer bullying among children with autism spectrum disorder in formal education settings: Data from Turkey. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *75*, 101572. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101572>

- Bottini, S. (2018). Social reward processing in individuals with autism spectrum disorder: A systematic review of the social motivation hypothesis. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 45, 9–26. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2017.10.001>
- Arnett, A. B., Trinh, S., & Bernier, R. A. (2019). The state of research on the genetics of autism spectrum disorder: Methodological, clinical and conceptual progress. *Current Opinion in Psychology*, 27, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2018.07.004>
- Virués-Ortega, J., Arnold-Saritepe, A., Hird, C., & Phillips, K. (2017). The TEACCH Program for People with Autism: Elements, Outcomes, and Comparison with Competing Models. In J. L. Matson (Ed.), *Handbook of Treatments for Autism Spectrum Disorder* (pp. 427–436). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61738-1_23
- Eni, M., Dinstein, I., Ilan, M., Menashe, I., Meiri, G., & Zigel, Y. (2020). Estimating Autism Severity in Young Children From Speech Signals Using a Deep Neural Network. *IEEE Access*, 8, 139489-139500. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3012532>
- Julie A. Kientz; Gillian R. Hayes; Matthew S. Goodwin; Mirko Gelsomini; Gregory D. Abowd, *Interactive Technologies and Autism*, Morgan & Claypool, 2020.
<https://doi.org/10.2200/S00988ED2V01Y202002ARH013>
- 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. <https://doi.org/10.15448/1984-7726.2018.1.28920>
- Ackovska, N., Kirandziska, V., Tanevska, A., Bozinovska, L., & Bozinovski, A. (2017). Robot—Assisted therapy for autistic children. *SoutheastCon 2017*, 1-2. <https://doi.org/10.1109/SECON.2017.7925401>

Amanatiadis, A., Kaburlasos, V. G., Dardani, Ch., & Chatzichristofis, S. A. (2017). Interactive social robots in special education. *2017 IEEE 7th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*, 126-129. <https://doi.org/10.1109/ICCE-Berlin.2017.8210609>

Aniketh, M., & Majumdar, J. (2018). Humanoid Robotic Head Teaching a Child with Autism. *2018 3rd International Conference on Circuits, Control, Communication and Computing (I4C)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/CIMCA.2018.8739603>

Arent, K., Kruk-Lasocka, J., Niemiec, T., & Szczepanowski, R. (2019). Social robot in diagnosis of autism among preschool children. *2019 24th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, 652-656. <https://doi.org/10.1109/MMAR.2019.8864666>

Bharatharaj, J., Huang, L., Al-Jumaily, A., Elara, M. R., & Krägeloh, C. (2017). Investigating the Effects of Robot-Assisted Therapy among Children with Autism Spectrum Disorder using Biomarkers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 234, 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/234/1/012017>

S. Canavan et al., "Combining gaze and demographic feature descriptors for autism classification," *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Beijing, 2017*, pp. 3750-3754. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2017.8296983>

Damian, I., & Andre, E. (2018). Designing Systems to Augment Social Interactions. *IEEE Pervasive Computing*, 17(1), 99-103. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2018.011591068>

Han, Y., Nishio, Y., Yi-Hsiang, M., Oshiyama, C., Lin, J.-Y., Takanishi, A., & Cosentino, S. (2018). A human-robot interface to improve facial expression recognition in subjects with Autism Spectrum Disorder. *2018 9th International Conference on Awareness Science and Technology (ICAST)*, 179-184. <https://doi.org/10.1109/ICAwST.2018.8517228>

Haweel, R., Dekhil, O., Shalaby, A., Mahmoud, A., Ghazal, M., Keynton, R., Barnes, G., & El-Baz, A. (2019). A Machine Learning Approach for Grading Autism Severity Levels Using Task-based Functional MRI. *2019 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/IST48021.2019.9010335>

S. Iyer, R. S. Mishra, S. P. Kulkarni and D. Kalbande, "Assess autism level while playing games," *2017 2nd International Conference on Communication Systems, Computing and IT Applications (CSCITA)*, Mumbai, 2017, pp. 42-47. <https://doi.org/10.1109/CSCITA.2017.8066573>

Krithiga, R. (2019). Socially Assistive Robot for children with Autism Spectrum Disorder. *2019 IEEE International WIE Conference on Electrical and Computer Engineering (WIECON-ECE)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/WIECON-ECE48653.2019.9019992>

Lambrechts, A., Gaigg, S., Yarrow, K., Maras, K., & Fusaroli, R. (2014). Temporal dynamics of speech and gesture in Autism Spectrum Disorder. *2014 5th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, 349-353. <https://doi.org/10.1109/CogInfoCom.2014.7020477>

Li, C., Jia, Q., & Feng, Y. (2016). Human-Robot Interaction Design for Robot-Assisted Intervention for Children with Autism Based on E-S Theory. *2016 8th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)*, 320-324. <https://doi.org/10.1109/IHMSC.2016.103>

Linstead, E., German, R., Dixon, D., Granpeesheh, D., Novack, M., & Powell, A. (2015). An Application of Neural Networks to Predicting Mastery of Learning Outcomes in the Treatment

of Autism Spectrum Disorder. *2015 IEEE 14th International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)*, 414-418. <https://doi.org/10.1109/ICMLA.2015.214>

Al Mamun, K. A., Bardhan, S., Ullah, Md. A., Anagnostou, E., Brian, J., Akhter, S., & Rabbani, M. G. (2016). Smart autism—A mobile, interactive and integrated framework for screening and confirmation of autism. *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 5989-5992. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7592093>

Mavadati, S. M., Feng, H., Salvador, M., Silver, S., Gutierrez, A., & Mahoor, M. H. (2016). Robot-based therapeutic protocol for training children with Autism. *2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 855-860. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2016.7745219>

McBride, N. (2020). Robot Enhanced Therapy for Autistic Children: An Ethical Analysis. *IEEE Technology and Society Magazine*, 39(1), 51-60. <https://doi.org/10.1109/MTS.2020.2967493>

Miskam, M. A., Shamsuddin, S., Samat, M. R. A., Yussof, H., Ainudin, H. A., & Omar, A. R. (2014). Humanoid robot NAO as a teaching tool of emotion recognition for children with autism using the Android app. *2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/MHS.2014.7006084>

Moghadas, M., & Moradi, H. (2018). Analyzing Human-Robot Interaction Using Machine Vision for Autism screening. *2018 6th RSI International Conference on Robotics and Mechatronics (IcRoM)*, 572-576. <https://doi.org/10.1109/ICRoM.2018.8657569>

Kaburlasos, V. G., Dardani, Ch., Dimitrova, M., & Amanatiadis, A. (2018). Multi-robot engagement in special education: A preliminary study in autism. *2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 1-2. <https://doi.org/10.1109/ICCE.2018.8326267>

Leija Salas, L., & Universidad de Antioquia (Eds.). (2013). *2013 Pan American health care exchanges (PAHCE 2013): Medellin, Colombia, 29 April - 4 May 2013. IEEE.* <https://doi.org/10.1109/ENBENG.2013.6518415>

Pakkar, R., Clabaugh, C., Lee, R., Deng, E., & Mataricc, M. J. (2019). Designing a Socially Assistive Robot for Long-Term In-Home Use for Children with Autism Spectrum Disorders. *2019 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/RO-MAN46459.2019.8956468>

Liu, M., An, Y., Hu, X., Langer, D., Newschaffer, C., & Shea, L. (2013). An evaluation of identification of suspected autism spectrum disorder (ASD) cases in early intervention (EI) records. *2013 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*, 566-571. <https://doi.org/10.1109/BIBM.2013.6732559>

Othman, A., & Mohsin, M. (2017). How could robots improve social skills in children with Autism? *2017 6th International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility (ICTA)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICTA.2017.8336050>

Richardson, K., Coeckelbergh, M., Wakunuma, K., Billing, E., Ziemke, T., Gomez, P., Vanderborght, B., & Belpaeme, T. (2018). Robot Enhanced Therapy for Children with Autism (DREAM): A Social Model of Autism. *IEEE Technology and Society Magazine*, 37(1), 30-39. <https://doi.org/10.1109/MTS.2018.2795096>

- Sartipi, S., Shayesteh, M. G., & Kalbkhani, H. (2018). Diagnosing of Autism Spectrum Disorder based on GARCH Variance Series for rs-fMRI data. *2018 9th International Symposium on Telecommunications (IST)*, 86-90. <https://doi.org/10.1109/ISTEL.2018.8661147>
- Shamsuddin, S., Yussof, H., Hanapiah, F. A., & Mohamed, S. (2014). Response of children with autism to robotic intervention and association with IQ levels. *4th International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics*, 387-393. <https://doi.org/10.1109/DEVLRN.2014.6983012>
- K. Singhal, Neeraj and S. Garg, "Technology Based Intervention to Improve Social Skills in Students on Autism Spectrum)," *2019 3rd International Conference on Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE), NOIDA, India, 2019*, pp. 242-246. <https://doi.org/10.1109/RDCAPE47089.2019.8979049>
- F. Soares et al., "Robótica-Autismo project: Technology for autistic children," *2013 IEEE 3rd Portuguese Meeting in Bioengineering (ENBENG), Braga, 2013*, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/ENBENG.2013.6518415>
- Susanti, F., Junaedi, D., & Effendy, V. (2019). Communication Learning User Interface Model for Children with Autism with the Goal-Directed Design Method. *2019 7th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICoICT.2019.8835395>
- Taheri, A. R., Alemi, M., Meghdari, A., PourEtemad, H. R., & Basiri, N. M. (2014). Social robots as assistants for autism therapy in Iran: Research in progress. *2014 Second RSI/ISM International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRoM)*, 760-766. <https://doi.org/10.1109/ICRoM.2014.6990995>

Tamilarasi, F. C., & Shanmugarn, J. (2020). Evaluation of Autism Classification Using Machine Learning Techniques. *2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, 757-761. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT48917.2020.9214229>

Winoto, P., Jane, J. C., Guo, H., & Tang, T. Y. (2019). An Interactive Play Environment on Mathematics and Cognitive Training with Behavioral Tracking for Children with Autism. *2019 IEEE 5th International Conference on Collaboration and Internet Computing (CIC)*, 57-60. <https://doi.org/10.1109/CIC48465.2019.00016>

Zhang, L., Amat, A. Z., Zhao, H., Swanson, A., Weitlauf, A. S., Warren, Z., & Sarkar, N. (2020). Design of an Intelligent Agent to Measure Collaboration and Verbal-Communication Skills of Children with Autism Spectrum Disorder in Collaborative Puzzle Games. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3029223>

Zheng, Z., Young, E. M., Swanson, A. R., Weitlauf, A. S., Warren, Z. E., & Sarkar, N. (2016). Robot-Mediated Imitation Skill Training for Children with Autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 24(6), 682-691. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2015.2475724>

Zheng, Z., Fu, Q., Zhao, H., Swanson, A. R., Weitlauf, A. S., Warren, Z. E., & Sarkar, N. (2017). Design of an Autonomous Social Orienting Training System (ASOTS) for Young Children With

Autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(6), 668-678.

<https://doi.org/10.1109/TNSRE.2016.2598727>

Zhi Zheng, Lian Zhang, Bekele, E., Swanson, A., Crittendon, J. A., Warren, Z., & Sarkar, N. (2013).

Impact of robot-mediated interaction system on joint attention skills for children with autism.

2013 IEEE 13th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), 1-8.

<https://doi.org/10.1109/ICORR.2013.6650408>

Quang, H. D., Manh, T. N., Manh, C. N., Tien, D. P., Van, M. T., Tien, K. N., & Duc, D. N. (2020).

An Approach to Design Navigation System for Omnidirectional Mobile Robot Based on ROS.

International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, 1502–1508.

<https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.11.1502-1508>

Federal University of Sergipe, Robotics Research Group, São Cristóvão, Brazil, Brito, I. V., Freire, E.

O., Carvalho, E. A. N., & Molina, L. (2019). Analysis of Cross-Cultural Effect on Gesture-Based

Human-Robot Interaction. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics*

Research, 852–859. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.8.6.852-859>

Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Tennessee State University,

Nashville, TN, USA, Joe, W. Y., & Song, S. Y. (2019). Applying Human-Robot Interaction

Technology in Retail Industries. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics*

Research, 839–844. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.8.6.839-844>

Carnier, R. M., & Fujimoto, Y. (2020). Assessment of Machine Learning of Optimal Solutions for

Robotic Walking. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 44–

48. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.10.1.44-48>

Rea, F., Kothig, A., Grasse, L., & Tata, M. (2021). Speech Envelope Dynamics for Noise-Robust Auditory Scene Analysis in Robotics. *International Journal of Humanoid Robotics*, 2050023.

<https://doi.org/10.1142/S0219843620500231>

Jędrzejewska-Szczerska, M., Karpienko, K., & Landowska, A. (2015). System supporting behavioral therapy for children with autism. *Journal of Innovative Optical Health Sciences*, 08(03),

1541008. <https://doi.org/10.1142/S1793545815410084>

M.F. Werkman, S. Brouwer, Y.M. Dijkxho, I.A. Berckelaer-Onnes, S. A. Reijneveld, J.A. Landsman, S. Begeer (2020). The moderating effect of cognitive abilities on the association between sensory processing and emotional and behavioral problems and social participation in autistic individuals. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*

<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101663>. |

Emily McDougal, Deborah M. Riby, Maray Hanley (2020). Teacher insights into the barriers and facilitators of learning in autism. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*

<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101674>.

Jane Meleady, Colette Clyne, Jessica Braham, Alan Carr (2020). Postive contributions among parents of children on the autism spectrum: A Systematic review. *International Journal of Mechanical*

Engineering and Robotics Research

<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101635>.

Aditi Gandotra, Esxter Kotyuk, Anna Szekely, Krisztian Kasos, Luca Csirmaz, Renata Cserjesi (2020). Fundamental movement skills in children with autism spectrum disorder: A systematic

review. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*

<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101632>.

Jane Meleady, Finiki Nearchou, Jessica Bramham, Alan Carr (2020). Family adaption among parents of children on the autism spectrum without a comorbid intellectual disability: A test of the Double ABCX model. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101637>.

Leticia Ribeiro de Oliveira, Jessica Brian, Elizabeth Kelley, Deryk Beal, Robert Nicolsonm Stelios Georgiades, Alana Iaboni, Susan Day Fragiadakis, Leanne Ristic, Evdokia Anagnostou, Teenu Sanjeevan (2020). Exploring the use of the verbal intelligence quotient as a proxy for language ability spectrum disorder. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101548>.

Elizabeth K. Jones, Mary Hanley, Deborah M. Riby (2020). Distraction, distress and diversity: Exploring the impact of sensory processing differences on learning and school life for pupils with autism spectrum disorders. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101515>.

C. Walsh, S. Lydon, A. Hehir, P. O Connor (2020) Developmental and evaluation of a novel caregiver-report assess barriers to physical healthcare for people on the autism spectrum. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101680>.

Iwona Omelanczuk, Ewa Pisula (2020). Correlations between temperament and autistic trait measures- Quantitive or qualitatice differences between children with and without autism spectrum disorders? *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101602> .

Ahmed M. Megreya, Asma A. Al-Attayah, Ahmed A. Moustafa (2020). Cognitive emotion regulation strategies, anxiety, and depression in mothers of child with or without neurodevelopment disorders. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*
<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101651> .

Lama Shamsedine, Aurelie Mailhac, Alexandra Bodaoui, Rhawann El Hakim, Ramzi Kibbi, Hala Oueidat, Yolla Youssef, Rose-Mary Boustany, Mona Nabulsi (2020). Breastfeeding association with autism spectrum disorders: A case-control study from Lebanon. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*
<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101651> .

C.F. Huggins, G. Donnan, I.M. Cameron, J.H.G. Willians (2020). A systematic review of how emotional self-awareness when comparing autistic and non-austistic groups. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*
<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101617> .

Lorna Barry, Jennifer Holloway, Jennifer McMahon (2020). A scoping review of the barriers and facilitators to the implementation of interventions in autism education. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*
<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2020.101617> .

Al-Fedaghi, S. (2020). Thinging the Robotic Architectural Structure. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 1110–1121.
<https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.8.1110-1121>

IX. **Anexos**

```

LCD_ShowBMP  DEV_Config.cpp  DEV_Config.h  Debug.h  LCD_Bmp.cpp  LCD_Bmp.h  LCD_Driver.cpp  LCD_Driver.h  LCD_GUI.cpp  LCD_GUI.h
#include "DEV_Config.h"
#include "LCD_Driver.h"
#include "LCD_GUI.h"
#include "LCD_Bmp.h"
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_PWMServoDriver.h>
Adafruit_PWMServoDriver pwm = Adafruit_PWMServoDriver();
#define SERVOMIN 150 // This is the 'minimum' pulse length count (out of 4096)
#define SERVOMAX 600 // This is the 'maximum' pulse length count (out of 4096)
#define USMIN 600 // This is the rounded 'minimum' microsecond length based on the minimum pulse of 150
#define USMAX 2400 // This is the rounded 'maximum' microsecond length based on the maximum pulse of 600
#define SERVO_FREQ 50 // Analog servos run at ~50 Hz updates
int v=0;
uint8_t servonum = 0;
int x=0;
int y=1;
int z=2;
int g=0;

void setup()
{
  System_Init();
  pinMode(x, INPUT);
  pinMode(y, INPUT);
  pinMode(z, INPUT);

  Serial.println("---4inch TFT Touch Shield ShowBMP Demo---");
  Serial.println("SD_Init...");
  SD_Init();

  Serial.println("LCD Init...");
  LCD_SCAN_DIR Lcd_ScanDir = SCAN_DIR_DFT;
  LCD_Init(Lcd_ScanDir, 200);

  Serial.println("LCD_Clear...");
  LCD_Clear(LCD_BACKGROUND);

  pwm.begin();

  /*
   * In theory the internal oscillator (clock) is 25MHz but it really isn't
  */
}

```

```

LCD_ShowBMP $  DEV_Config.cpp  DEV_Config.h  Debug.h  LCD_Bmp.cpp $  LCD_Bmp.h  LCD_Driver.cpp  LCD_Driver.h  LCD_GUI.cpp  LCD_GUI.h
  DEBUG("SD init failed!");
  while (1); // init fail, die here
}
DEBUG("SD init OK!");
}

void LCD_ShowBMP(void)
{
  //unsigned char i= 2;

  if(i>=4)
  {
    i=0;
  }

  //delay(1000);
  bmpFile = SD.open(BMP_File[i]);
  if (! bmpFile) {
    DEBUG(BMP_File[i]);
    DEBUG(" image not found");
  } else {
    DEBUG(BMP_File[i]);
    DEBUG(" image open");
  }

  if (! ReadBmpHeader(bmpFile)) {
    DEBUG("find next image");
  }

  LCD_SetGramScanWay(D2U_R2L);
  LCD_DrawBmp(0, 0);
  bmpFile.close();
  LCD_SetGramScanWay(SCAN_DIR_DFT);

  |
  i++;
  i=random(0, 4);

  delay(1000);
}
}

```

```

#pigpio module for servo instead of RPi.GPIO in Raspberry pi avoids jittering.
import cv2
from picamera.array import PiRGBArray
from picamera import PiCamera
import numpy as np
import pickle
import RPi.GPIO as GPIO
import pigpio
from time import sleep
from numpy import interp
import argparse

args = argparse.ArgumentParser()
args.add_argument('-t', '--trained', default='n')
args = args.parse_args()

if args.trained == 'y':
    recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
    recognizer.read("trainer.yml")
    with open('labels', 'rb') as f:
        dicti = pickle.load(f)
        f.close()

panServo = 2
tiltServo = 3

panPos = 1250
tiltPos = 1250

servo = pigpio.pi()
servo.set_servo_pulsewidth(panServo, panPos)
servo.set_servo_pulsewidth(tiltServo, tiltPos)

minMov = 30
maxMov = 100

camera = PiCamera()
camera.resolution = (640, 480)
rawCapture = PiRGBArray(camera, size=(640, 480))

faceCascade = cv2.CascadeClassifier("haarcascade_frontalface_default.xml")

def movePanTilt(x, y, w, h):
    global panPos
    global tiltPos
    cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 255, 0), 2)
    if int(x+(w/2)) > 360:
        panPos = int(panPos - interp(int(x+(w/2)), (360, 640), (minMov, maxMov)))
    elif int(x+(w/2)) < 280:
        panPos = int(panPos + interp(int(x+(w/2)), (280, 0), (minMov, maxMov)))

    if int(y+(h/2)) > 280:
        tiltPos = int(tiltPos + interp(int(y+(h/2)), (280, 480), (minMov, maxMov)))

```

```

faceCascade = cv2.CascadeClassifier("haarcascade_frontalface_default.xml")

def movePanTilt(x, y, w, h):
    global panPos
    global tiltPos
    cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 255, 0), 2)
    if int(x+(w/2)) > 360:
        panPos = int(panPos - interp(int(x+(w/2)), (360, 640), (minMov, maxMov)))
    elif int(x+(w/2)) < 280:
        panPos = int(panPos + interp(int(x+(w/2)), (280, 0), (minMov, maxMov)))

    if int(y+(h/2)) > 280:
        tiltPos = int(tiltPos + interp(int(y+(h/2)), (280, 480), (minMov, maxMov)))
    elif int(y+(h/2)) < 200:
        tiltPos = int(tiltPos - interp(int(y+(h/2)), (200, 0), (minMov, maxMov)))

    if not panPos > 2500 or not panPos < 500:
        servo.set_servo_pulsewidth(panServo, panPos)

    if not tiltPos > 2500 or tiltPos < 500:
        servo.set_servo_pulsewidth(tiltServo, tiltPos)

for frame in camera.capture_continuous(rawCapture, format="bgr", use_video_port=True):
    frame = frame.array
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = faceCascade.detectMultiScale(gray, scaleFactor = 1.5, minNeighbors = 5)

    for (x, y, w, h) in faces:
        if args.trained == "y":
            roiGray = gray[y:y+h, x:x+w]
            id_, conf = recognizer.predict(roiGray)
            conf = int(conf)
            for name, value in dicti.items():
                if value == id_:
                    print(name)

            if conf < 70:
                cv2.putText(frame, name + str(conf), (x, y), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 2, (0, 0, 255), 2, cv2.LINE_AA)
                movePanTilt(x, y, w, h)

        else:
            movePanTilt(x, y, w, h)

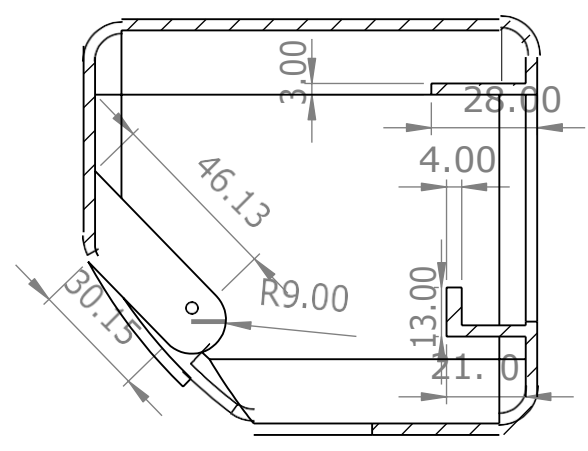
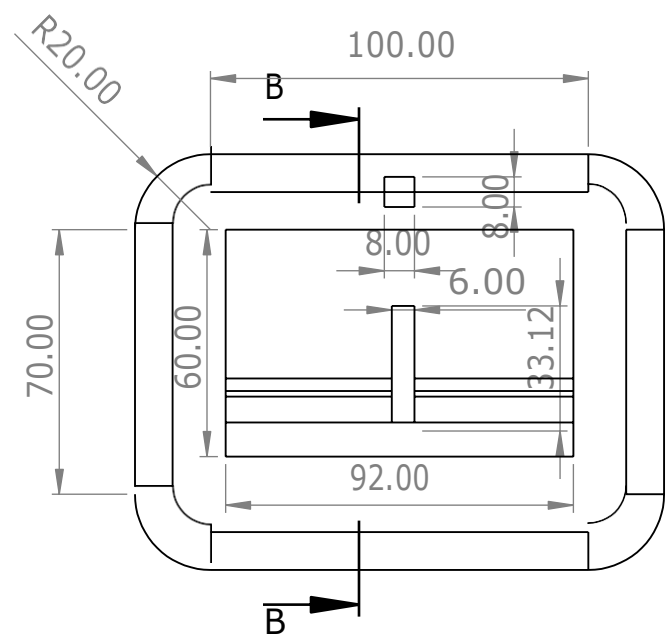
    cv2.imshow('frame', frame)
    key = cv2.waitKey(1)

    rawCapture.truncate(0)

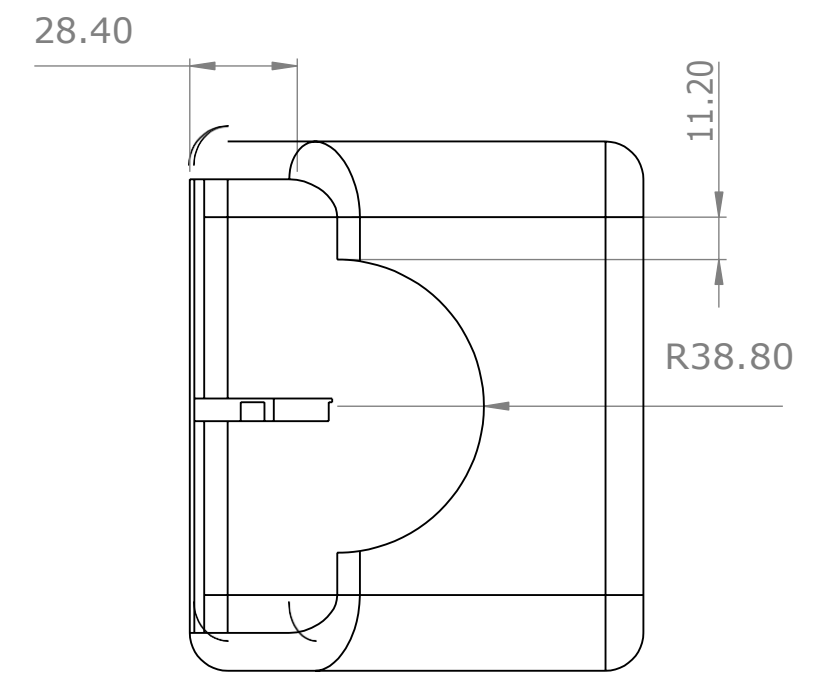
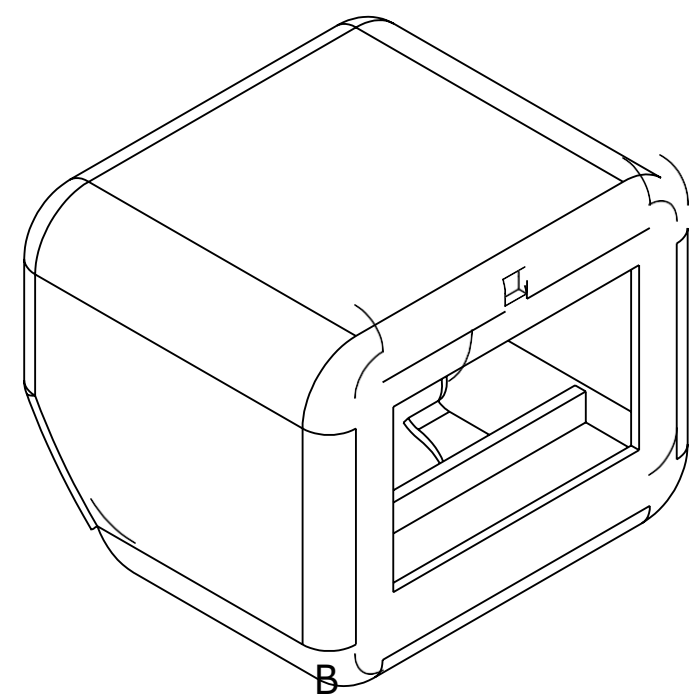
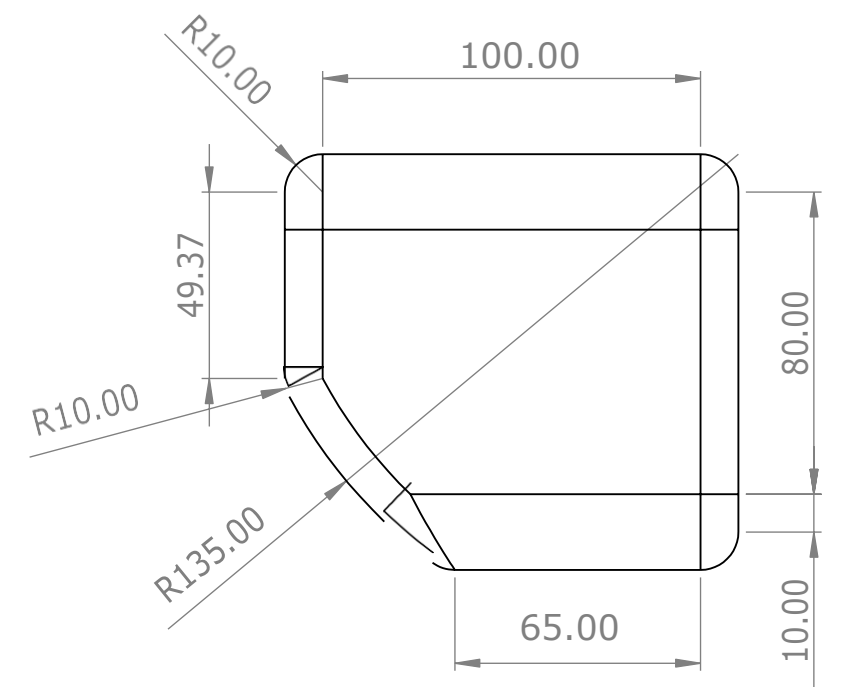
    if key == 27:
        break

cv2.destroyAllWindows()

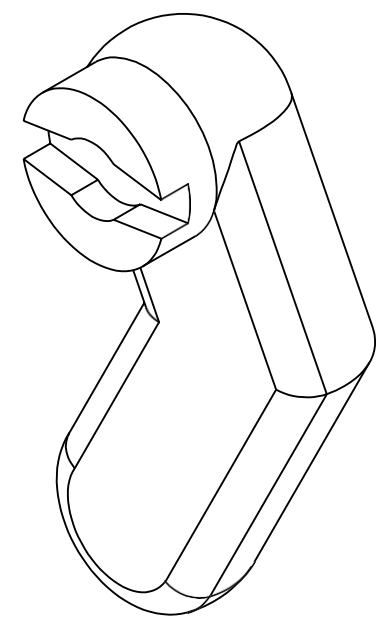
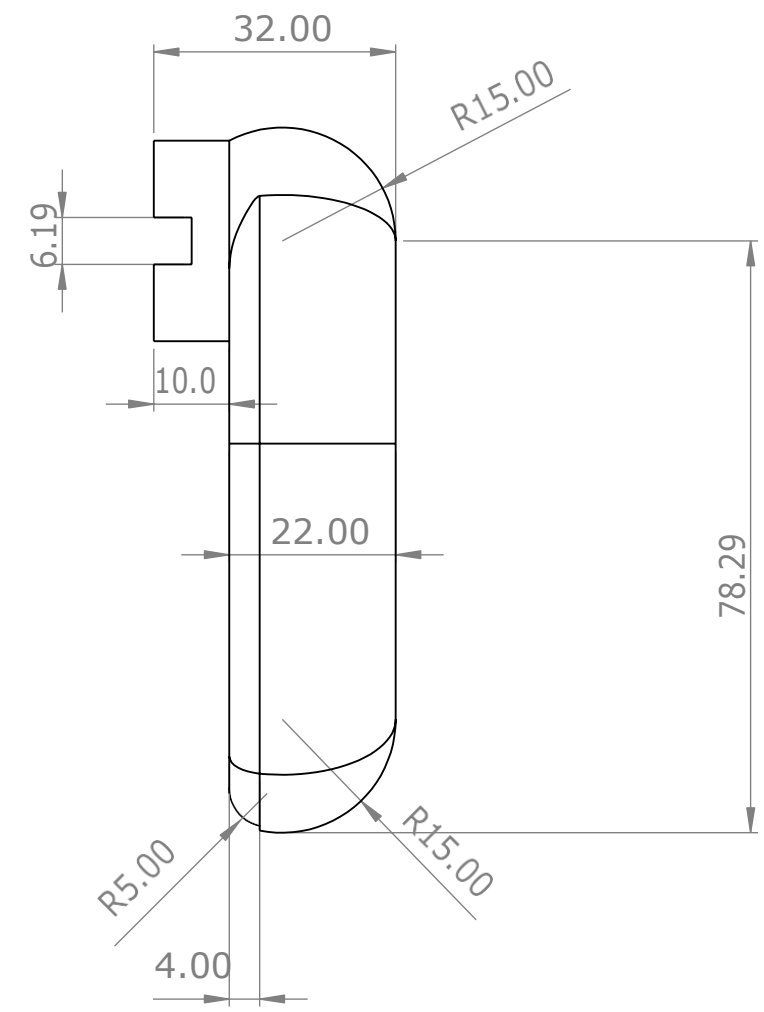
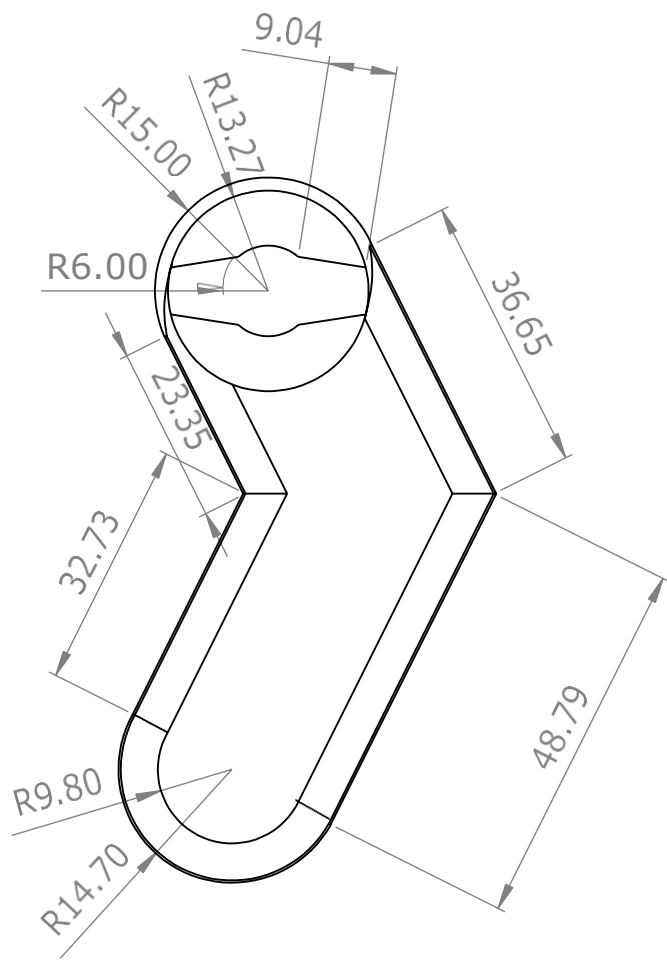
```



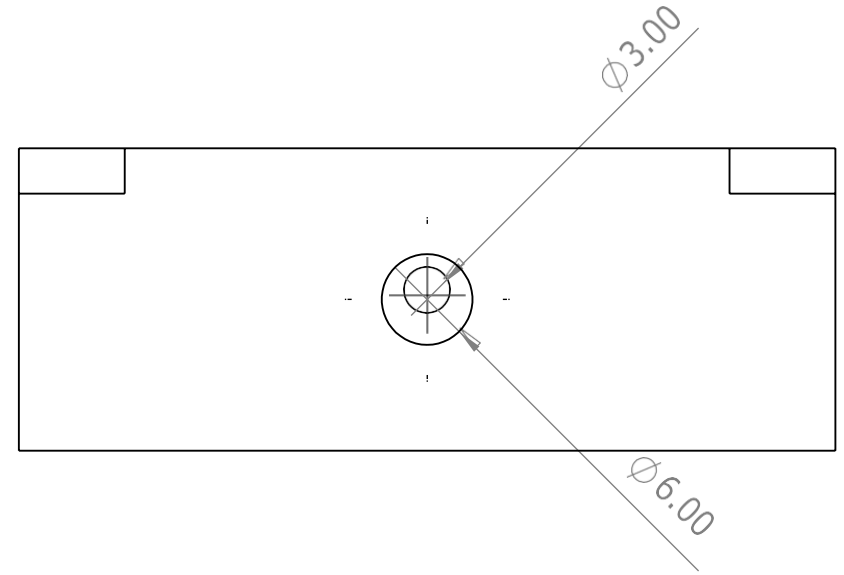
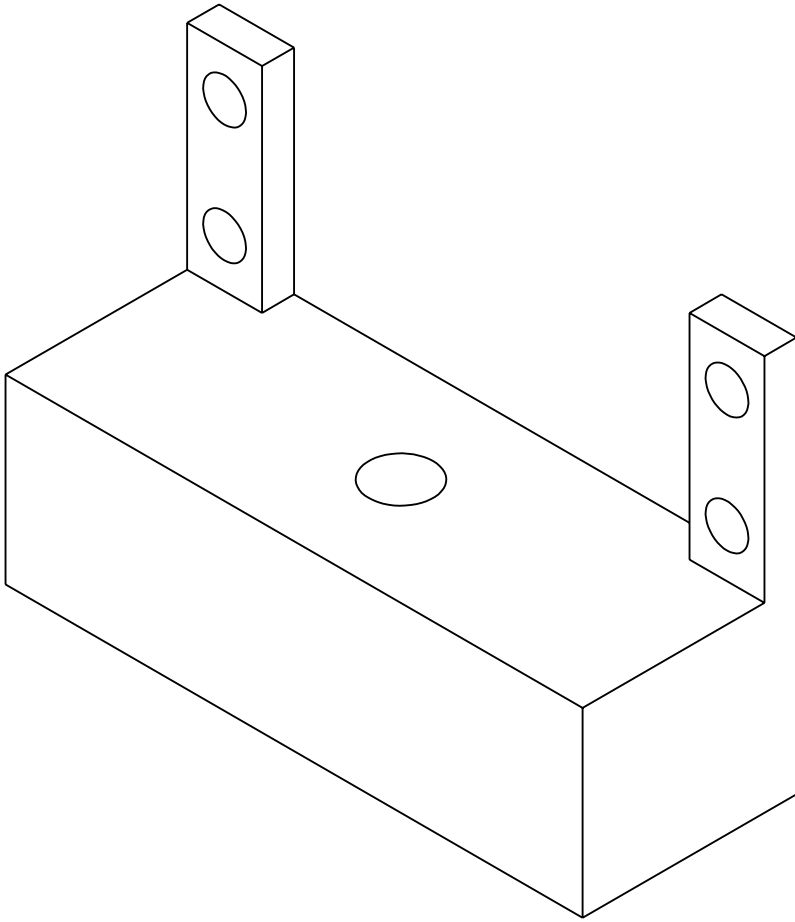
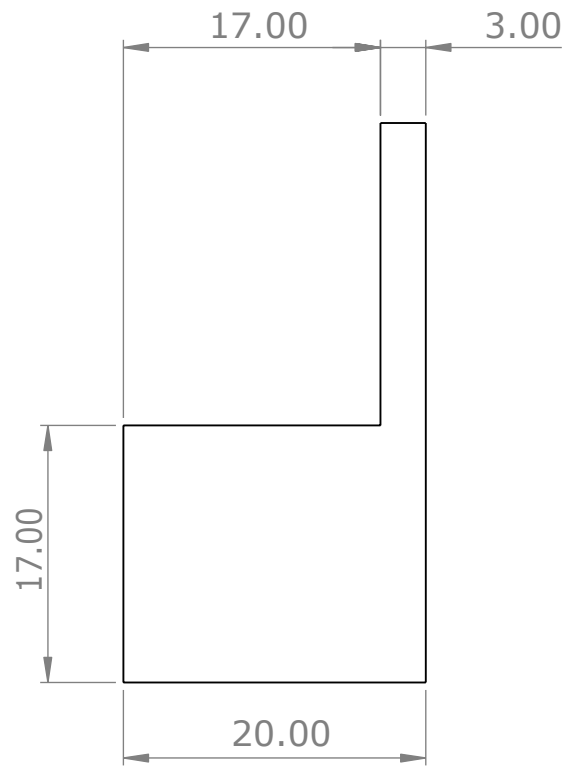
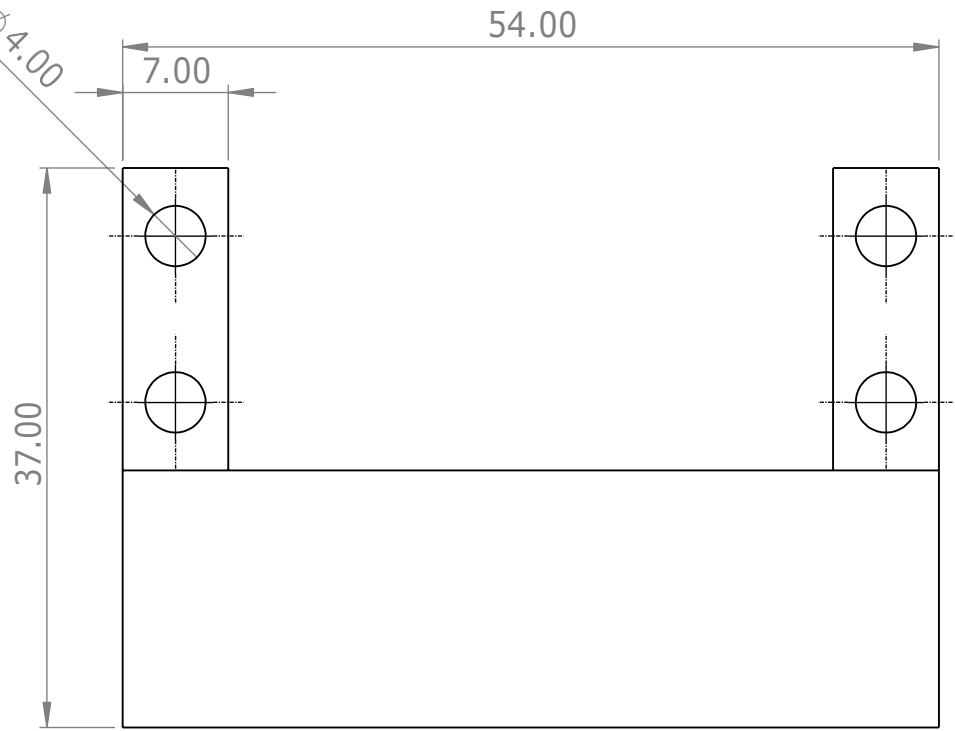
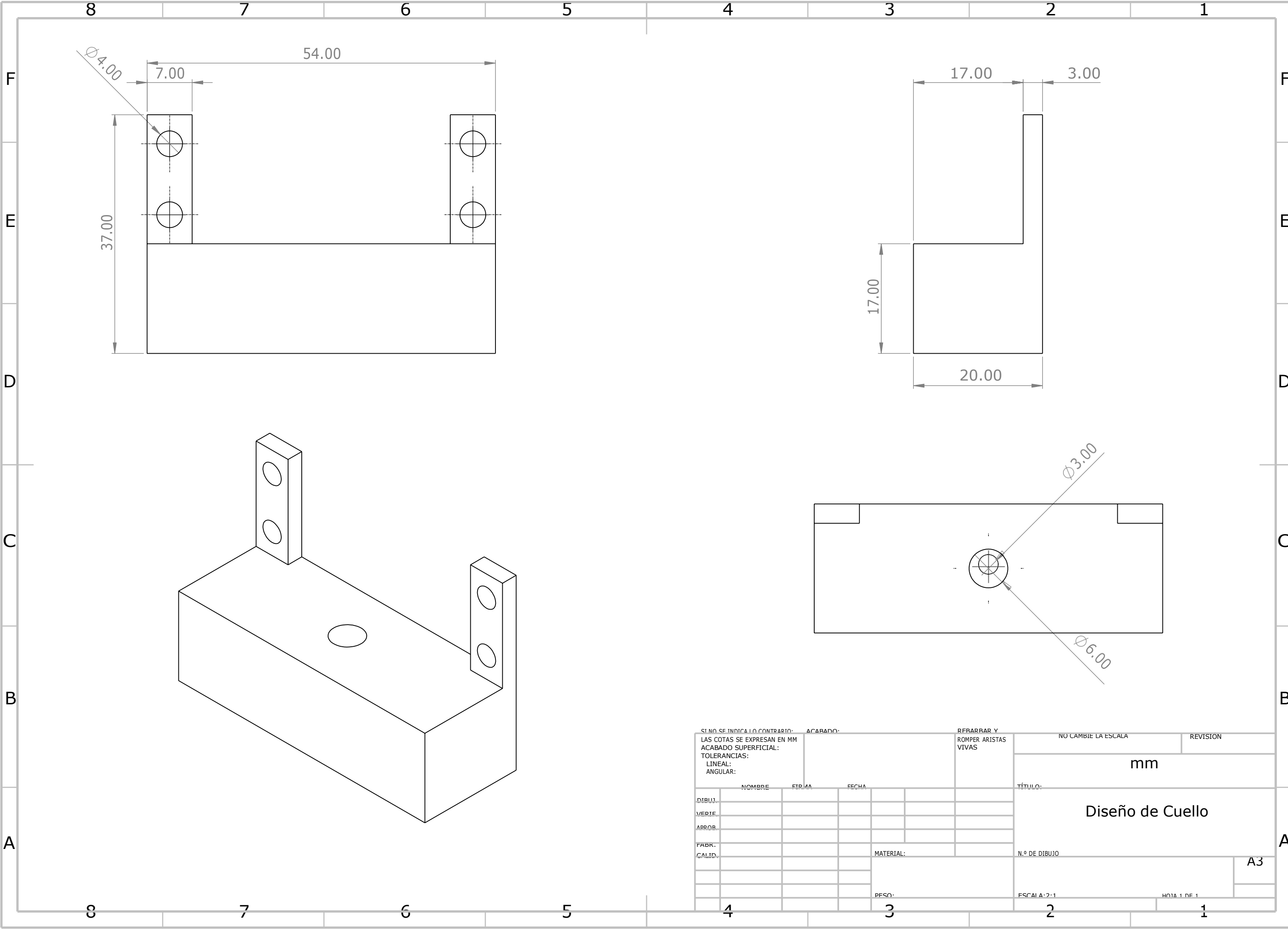
SECCIÓN B-B



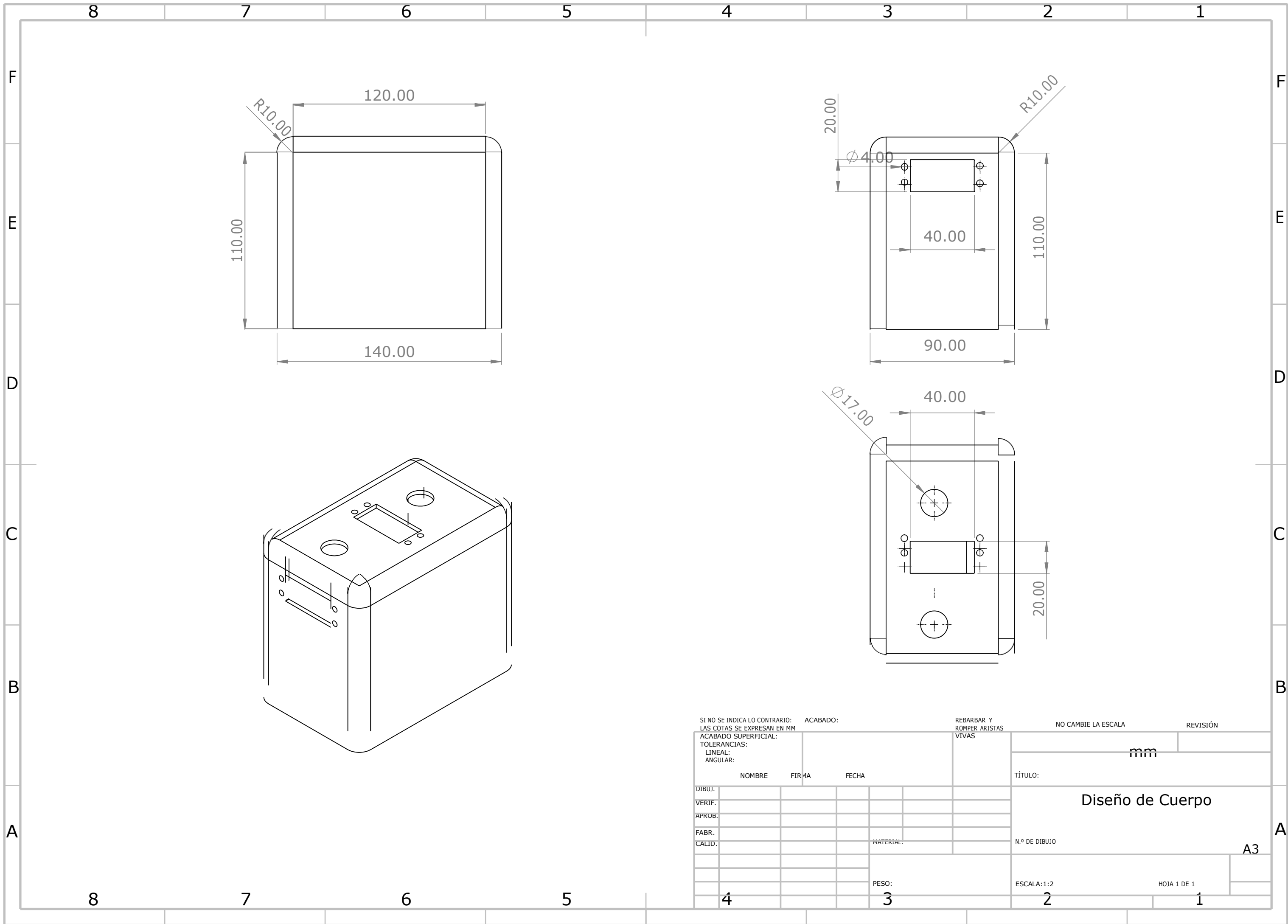
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
							mm				
							TÍTULO: Diseño de Cabeza				
							N.º DE DIBUJO				A3
					MATERIAL:		ESCALA 1-1-2				HOJA 1 DE 1
					PESO:						



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REDABAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					mm	
					TÍTULO: Diseño de Brazo	
					N.º DE DIBUJO	
					A3	
					ESCALA: 1:1	
					HOJA 1 DE 1	
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL:		
VERIF.				PESO:		
APRÓB.						
FABR.						
CALID.						



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REFRABRAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
					mm	
					TÍTULO: Diseño de Cuello	
NOMBRE			FIRMA	FECHA	N.º DE DIBUJO	
DIBUJ.					A3	
VERIF.						
APROB.						
PADR.						
CALID.						
				MATERIAL:		
				PESO:	ESCALA: 1:2:1	
					HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
ACABADO SUPERFICIAL:					mm	
TOLERANCIAS:					TÍTULO:	
LINEAL:					Diseño de Cuerpo	
ANGULAR:					N.º DE DIBUJO	A3
NOMBRE	FIRMA	FECHA			ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1
DIBUJ.						
VERIF.						
APRUB.						
FABR.						
CALID.						
			PESO:			