

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES**  
**CARRERA DE INFORMÁTICA**



**TESIS DE GRADO**

**ROBOT NINOBOT PARA EL APOYO DE LA ENSEÑANZA  
APRENDIZAJE EN NIÑOS AUTISTAS**

**Tesis de Grado para obtener el Título de Licenciatura en Informática**

**Mención Ciencias de la Computación**

**POSTULANTE: NAGIB LUIS VALLEJOS MAMANI**

**TUTOR METODOLÓGICO: M. Sc. MOISÉS MARTÍN SILVA CHOQUE**

**TUTOR EXTERNO: M. Sc. MARCELO PACHECO CAMACHO**

**LA PAZ – BOLIVIA**

2021

**HOJA DE CALIFICACIONES**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES**

**CARRERA DE INFORMÁTICA**

**Tesis de Grado:**

**ROBOT NINOBOT PARA EL APOYO DE LA ENSEÑANZA  
APRENDIZAJE EN NIÑOS AUTISTAS**

Presentado por: Nagib Luis Vallejos Mamani

Para optar por el grado Académico de Licenciado en Informática

Mención Ciencias de la Computación

Nota Numeral: 100

Nota Literal: Cien

Ha sido: Excelente

Director de la Carrera de Informática: Ph. D. Jose Maria Tapia Baltazar

Tutor: M.Sc. Moisés Martín Silva Choque

Tribunal: Lic. Jose Luis Zeballos Abasto

Tribunal: Lic. Brígida Alexandra Carvajal Blanco

Tribunal: Lic. Manuel Ramiro Flores Rojas



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES  
CARRERA DE INFORMÁTICA**



**LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARÁ EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, como prueba de una profunda admiración y respeto por el apoyo incondicional que me brindaron tanto moral como material, para que pueda culminar mis estudios y hacer un sueño mi profesión

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por el don de la vida, por haber puesto en mí, fe y perseverancia para que pueda alcanzar mis objetivos.

A mi papá José por los sabios consejos, las palabras de aliento, persistencia y constancia para seguir siempre adelante y no dejarme caer, por confiar en mí, por ser un gran amigo en quien siempre me puedo apoyar y sobre todo por transmitirme esas ganas de lucha a pesar de la adversidad.

A mi mamá Leo por brindarme su cariño, comprensión y apoyo incondicional, tú que siempre me motivaste a estudiar y salir adelante para que pueda convertirme en un hombre de bien para la sociedad.

A mi novia Evelyn por apoyarme, comprenderme y motivarme a ser la mejor versión de mí en cada faceta de mi vida, por recordarme que jamás debo dudar de mi valía y por impulsarme a lo largo de este camino para lograr una de mis metas de vida.

A mis hermanos Briner y Brian quienes me dieron su apoyo incondicional durante todo este periodo.

Al M.Sc. Marcelo Pacheco por las acertadas observaciones que me dio, logrando así una mejor orientación de mis ideas y palabras para encaminar correctamente mi tesis.

A mi tutor M.Sc. Moisés Martín Silva Choque por la guía, el apoyo, el tiempo brindado, la paciencia, la motivación y las recomendaciones dadas para lograr un trabajo organizado y eficiente durante la realización de la presente tesis.

## RESUMEN

La robótica desde sus inicios a la fecha fue dando apoyo a diferentes áreas de trabajo, ayudando con la resolución desde tareas simples a complejas y de alto riesgo. Como tal la robótica al ser compuesta por varias ciencias: Ingeniería, Informática y electrónica, se fue clasificando en diferentes áreas: Robótica educativa, robótica interactiva, robótica móvil, robótica social entre otras.

El presente trabajo de tesis se enfoca en brindar apoyo al área de la psicología a través de la robótica social, demostrando los beneficios del uso de robots como apoyo en la enseñanza aprendizaje para niños con trastorno de espectro autista (TEA) de nivel grado leve, en la ejecución de pruebas psicológicas.

El robot tiene como núcleo a una placa Arduino Nano Every y arduino Nano V3, las cuales, mediante el uso de actuadores, interactúan con su entorno y cuentan con un control inalámbrico a través de un módulo bluetooth y una app móvil.

La recolección de datos se realiza a través de pruebas psicométricas básicas, mismas que nos ayudarán a determinar la eficacia y eficiencia del uso del robot.

**PALABRAS CLAVE:** Robótica, Arduino, Autismo, Robot, Bluetooth, Control, Actuador, Nano, Research Onion

## ABSTRACT

Robotics from its inception to date has been supporting different work areas, helping with the resolution from simple to complex and high-risk tasks. As such, robotics being composed of several sciences: Engineering, Computer Science and electronics, it was classified into different areas: educational robotics, interactive robotics, mobile robotics, social robotics among others.

This thesis work focuses on providing support to the area of psychology through social robotics, demonstrating the benefits of the use of robots as support in teaching learning for children with autism spectrum disorder (ASD) of mild grade level, in the execution of psychological tests.

The core of the robot is an Arduino Nano Every and Arduino Nano V3 board, which, through the use of actuators, interact with its environment and have wireless control through a bluetooth module and a mobile app.

Data collection is done through basic psychometric tests, which will help us determine the effectiveness and efficiency of using the robot.

**KEYWORDS:** Robotics, Arduino, Autism, Robot, Bluetooth, Control, Actuator, Nano, Research Onion

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. MARCO INTRODUCTORIO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.1 PROBLEMA GENERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>1.5 HIPÓTESIS.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>7</b>
<b>1.6 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>1.6.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....</b>	<b>7</b>
<b>1.6.2 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA .....</b>	<b>8</b>
<b>1.6.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>9</b>
<b>1.7 ALCANCES Y LÍMITES.....</b>	<b>9</b>
<b>1.7.1 ALCANCES.....</b>	<b>9</b>
<b>1.7.2 LÍMITES .....</b>	<b>10</b>
<b>1.8 APORTES.....</b>	<b>10</b>
<b>1.8.1 PRÁCTICO .....</b>	<b>10</b>

1.8.2	TEÓRICO.....	11
1.9	METODOLOGÍA.....	11
CAPÍTULO II.....		13
2.	MARCO TEÓRICO.....	13
2.1	ROBÓTICA.....	13
2.2	ROBOT.....	14
2.3	TIPOS DE ROBOTS.....	14
2.3.1	POLIARTICULADOS.....	14
2.3.2	MÓVILES.....	15
2.3.3	ANDROIDES.....	16
2.3.4	ZOOMÓRFICOS.....	17
2.3.5	HÍBRIDOS.....	18
2.4	TIPOS DE ROBÓTICA Y ÁREA DE ENFOQUE.....	19
2.4.1	ROBÓTICA EDUCATIVA.....	19
2.4.2	ROBÓTICA DE COMPETENCIA.....	20
2.4.3	ROBÓTICA BASADA EN LA CONDUCTA O EL COMPORTAMIENTO.....	20
2.4.4	ROBÓTICA COGNITIVA.....	21
2.4.5	ROBÓTICA EVOLUTIVA.....	21
2.4.6	ROBÓTICA SOCIAL.....	22
2.5	AUTISMO.....	22
2.6	GRADOS DEL AUTISMO.....	23
2.6.1	TRASTORNO AUTISTA DE GRADO 1.....	24
2.6.2	AUTISMO REGRESIVO O DE GRADO 2.....	24

2.6.3	AUTISMO DE ALTO FUNCIONAMIENTO .....	25
2.7	RELACIÓN ENTRE AUTISMO Y ROBÓTICA SOCIAL .....	25
2.8	ROBOTS DE APOYO A NIÑOS CON TEA .....	26
2.8.1	ROBOT KISMET .....	26
2.8.2	ROBOT PARO O NUKA.....	27
2.8.3	ROBOT AIBO.....	28
2.8.4	ROBOT NAO .....	29
2.8.5	ROBOT POPCHILLA .....	29
2.8.6	ROBOT KASPAR.....	30
2.8.7	ROBOT AISOY1 .....	31
2.8.8	ROBOT MILO .....	31
2.8.9	ROBOT QT .....	32
2.9	ARDUINO .....	32
2.10	TIPOS DE PLACA ARDUINO .....	34
2.11	COMPONENTES HARDWARE .....	35
2.11.1	ARDUINO NANO V3.....	35
2.11.2	ARDUINO NANO EVERY.....	37
2.11.3	ACTUADOR .....	38
2.11.4	SHIELD .....	49
2.12	HERRAMIENTAS SOFTWARE.....	50
2.12.1	FRITZING.....	51
2.12.2	ARDUINO IDE .....	51
2.12.3	SOLIDWORKS.....	52

2.12.4	ANDROID STUDIO .....	53
2.13	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN .....	54
2.13.1	PROTOCOLO UART .....	54
2.13.2	PROTOCOLO I2C .....	56
2.13.3	PROTOCOLO SPI .....	57
2.14	METODOLOGÍA RESEARCH UNION .....	59
2.14.1	FILOSOFÍA (PHILOSOPHY) .....	59
2.14.2	ENFOQUE (APPROACH) .....	60
2.14.3	ESTRATEGIA (STRATEGY).....	61
2.14.4	ELECCIONES DE MÉTODOS (CHOICES OF METHODS) .....	61
2.14.5	HORIZONTES DE TIEMPO (TIME HORIZONS).....	62
2.14.6	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS (DATA COLLECTION AND ANALYSIS).....	62
2.15	SISTEMA DE CONTROL.....	62
2.16	TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL.....	63
2.16.1	SISTEMA DE CONTROL A LAZO ABIERTO .....	63
2.16.2	SISTEMA DE CONTROL A LAZO CERRADO .....	64
	CAPÍTULO III.....	65
3.	MARCO APLICATIVO .....	65
3.1	INTRODUCCIÓN .....	65
3.2	REQUERIMIENTOS DEL ROBOT .....	66
3.2.1	HARDWARE DE USO.....	67
3.2.2	ESTRUCTURA DEL ROBOT .....	67

3.2.3	SOFTWARE DE TRABAJO .....	69
3.3	CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	69
3.3.1	DISEÑO CIRCUITAL DE LA MATRIZ RGB 8*8 WS2812.....	69
3.3.2	DISEÑO CIRCUITAL DE MÓDULO BLUETOOTH HC-05 .....	71
3.3.3	DISEÑO CIRCUITAL DE LOS SERVOMOTORES MG90S .....	72
3.3.4	DISEÑO CIRCUITAL DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	73
3.3.5	DISEÑO GENERAL DEL CIRCUITO.....	75
3.4	MODELADO DEL ROBOT.....	76
3.5	MONTAJE DEL CIRCUITO FÍSICO .....	77
3.6	DESARROLLO DE LAS PRUEBAS DEL ROBOT.....	78
3.7	DESARROLLO DE LA APP MÓVIL.....	85
CAPÍTULO IV .....		87
4.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	87
4.1	INTRODUCCIÓN .....	87
4.2	EVALUACIÓN DE COSTOS .....	87
4.3	MUESTRA.....	88
4.4	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	89
CAPÍTULO V.....		96
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1	CONCLUSIONES.....	96
5.2	RECOMENDACIONES .....	97
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	98
7.	ANEXOS.....	103

<b>7.1</b>	<b>ANEXOS A: ÁRBOL DE PROBLEMAS.....</b>	<b>103</b>
<b>7.2</b>	<b>ANEXOS B: ÁRBOL DE OBJETIVOS .....</b>	<b>104</b>
<b>7.3</b>	<b>ANEXOS C: PLANILLA DE PRUEBA.....</b>	<b>105</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Robot Poliarticulado .....	15
Figura 2.2 Robot móvil.....	16
Figura 2.3 Robot androide .....	17
Figura 2.4 Robot zoomórfico .....	18
Figura 2.5 Robot híbrido.....	19
Figura 2.6 Kismet.....	27
Figura 2.7 Robot Paro .....	28
Figura 2.8 Robot AIBO.....	28
Figura 2.9 Robot NAO.....	29
Figura 2.10 Robot Popchilla .....	30
Figura 2.11 Robot Kaspar .....	30
Figura 2.12 Robot AISoy1 .....	31
Figura 2.13 Robot MILO .....	31
Figura 2.14 Robot QT .....	32
Figura 2.15 Primera placa arduino.....	33
Figura 2.16 Placa Arduino UNO R3.....	34

Figura 2.17 Tipos de placas Arduino .....	35
Figura 2.18 Arduino Nano V3 .....	36
Figura 2.19 Arduino Nano Every.....	37
Figura 2.20 Tipos de actuadores .....	39
Figura 2.21 Actuadores según su movimiento.....	39
Figura 2.22 Componentes de un Servomotor .....	40
Figura 2.23 Servomotores industriales .....	41
Figura 2.24 Servomotores de modernismo .....	41
Figura 2.25 Pulsos por grado del Servo .....	43
Figura 2.26 Micro Servo MG90S .....	45
Figura 2.27 Matriz 8*8 RGB WS2812 .....	46
Figura 2.28 Diferencia entre dispositivo maestro y esclavo .....	47
Figura 2.29 Módulo bluetooth HC-05 .....	48
Figura 2.30 Shields para Arduino .....	49
Figura 2.31 Especificaciones Shield Arduino Nano V3 .....	50
Figura 2.32 Interfaz de Fritzing .....	51
Figura 2.33 Interfaz IDE Arduino.....	52

Figura 2.34 Interfaz de SolidWorks.....	53
Figura 2.35 Interfaz Android Studio.....	54
Figura 2.36 Conexión UART.....	55
Figura 2.37 Conexión I2C Maestro/Esclavo.....	57
Figura 2.38 Conexión SPI Maestro/Esclavo.....	58
Figura 2.39 Estructura de la metodología Research Onion .....	59
Figura 2.40 Estructura del enfoque inductivo.....	60
Figura 2.41 Diseños de la capa de estrategia .....	61
Figura 2.42 Componentes básicos de un sistema de control .....	63
Figura 2.43 Elementos del sistema de control a lazo abierto.....	63
Figura 2.44 Elementos del sistema de control a lazo cerrado.....	64
Figura 3.1 Diagrama de flujo de procesos .....	66
Figura 3.2 Circuito de conexión de la matriz LED WS2812B 8x8 .....	70
Figura 3.3 Diagrama de bloque de la matriz LED WS2812B 8x8 .....	70
Figura 3.4 Circuito de conexión de módulo bluetooth HC-05.....	71
Figura 3.5 Diagrama de bloque del módulo Bluetooth HC-05.....	71
Figura 3.6 Circuito de conexión de los servomotores.....	72

Figura 3.7 Diagrama de bloque del servomotor.....	73
Figura 3.8 Circuito de conexión de las fuentes de alimentación .....	74
Figura 3.9 Circuito esquemático de conexión general del sistema.....	75
Figura 3.10 Primer prototipo.....	76
Figura 3.11 Diseño final del robot .....	77
Figura 3.12 Conexión de las partes del robot desarrollado de forma física.....	78
Figura 3.13 Fichas de apoyo .....	79
Figura 3.14 Imitación.....	81
Figura 3.15 Fichas de trabajo.....	81
Figura 3.16 Tablas de figuras básicas .....	82
Figura 3.17 Secuencias básicas .....	83
Figura 3.18 Interfaz de la aplicación móvil .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones placa Arduino Nano .....	36
Tabla 2.2 Especificaciones placa Arduino Nano Every.....	38
Tabla 2.3 Colores comunes de los cables de un servomotor .....	43
Tabla 2.4 Especificaciones técnicas del Micro Servo MG90S .....	45
Tabla 2.5 Características HC-05 .....	48
Tabla 3.1 Hardware del robot .....	67
Tabla 3.2 Estructura del robot.....	68
Tabla 3.3 Herramientas de software .....	69
Tabla 3.4 Figuras por colores.....	80
Tabla 3.5 Secuencias intermedias .....	84
Tabla 3.6 Secuencias avanzadas .....	85
Tabla 4.1 Costos de hardware y software .....	88
Tabla 4.2 Tabla de datos recolectados .....	90
Tabla 4.3 División por número de rachas .....	90
Tabla 4.4 Tabla general de recolección de datos .....	93
Tabla 4.5 Tabla de datos de $X_i$ y $X_i^2$ .....	94

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO INTRODUCTORIO

### 1.1.1 INTRODUCCIÓN

Los trastornos de espectro autista (TEA) representan 3 de los trastornos generalizados del desarrollo (TGD), e incluyen al trastorno autista (TA), síndrome de Asperger (SA) y TGD no especificado (TGD-NE) (DSM-IV-TR, 2002)

El autismo es una forma relativamente rara de psicopatología de la infancia (Schreibman & Mill, 1986). Es un trastorno del desarrollo que conlleva a la aparición de diversas anomalías durante el crecimiento del individuo, como alteración de las interacciones sociales, anomalías de comunicación verbal y no verbal, actividad imaginativa empobrecida y un repertorio de actividades e intereses característicamente restringidos y repetitivos (Benitez Burraco, 2008, págs. 40-48) (Muñoz-Yunta, 2005)

El término autismo es muy utilizado en la población general para referirse a niños que parecen “vivir en su propio mundo”, sin embargo, las investigaciones realizadas en estos niños, indican que son víctimas de una alteración biológica causante de que su mente difiera mucho de la de los individuos sin patología (Frith, 2009)

El autismo es un trastorno del desarrollo que persiste a lo largo de toda la vida. Se hace evidente durante los primeros 30 meses de vida y da lugar a diferentes grados de alteración del lenguaje y la comunicación, de las competencias sociales y de la imaginación. Estos individuos también presentan actividades e intereses de carácter repetitivo y estereotipado, movimientos de

balanceo y obsesiones insólitas hacia ciertos objetos o eventos. En algunos casos existen individuos que pueden llegar a ser agresivos contra sí mismos y contra los demás. Son pocos los casos de autismo que tienen la capacidad suficiente para vivir con un grado importante de autonomía, la mayoría requiere de gran ayuda durante toda la vida.

Las personas que se encargan de brindar esta ayuda a los niños con TEA son los psicólogos, profesionales encargados de tratar la salud mental y ofrecer terapias de apoyo, pero uno de los principales desafíos que enfrentan estos, es que cada niño es diferente el uno del otro y requiere de una terapia distinta, según las necesidades del niño.

A partir de la década de los 90 en adelante, se ha combinado el enfoque psicológico y la robótica con la finalidad de dar una alternativa en el tratamiento de niños y adultos con TEA y se concluyó que la terapia asistida por robots ha sido exitosa en niños y adolescentes, quienes muestran interés por la tecnología y los robots (Admoni & et al., 2012).

En Bolivia, el uso de robots como apoyo en terapias a niños con TEA aún no fue implementado, lo que sí se puede percibir es el uso de juguetes como: Mr. Potato y pelotas terapéuticas (Sierra, 2016).

En el presente trabajo se propone la elaboración de un robot de apoyo para la enseñanza aprendizaje en niños autista de grado leve: Inicial, cuyo coste no sea alto para el contexto nacional, ya que debido a la pandemia dada por el COVID-19 afectó la economía a nivel mundial.

Dicho robot llevará el nombre de NINOBOT, nombre compuesto por las palabras Nino y robot. NINO etimológicamente proviene del latín y en español es “niño”, su significado es: Jovial,

divertido, siempre vanguardista y luchador que no se deja limitar por las barreras que se susciten en su camino.

El nombre encaja con el propósito al que se desea llegar a través del robot debido a que se planea sentar un precedente a nivel nacional y en lo posible a nivel latinoamericano, estando a la vanguardia del desarrollo del primer robot en Bolivia.

## **1.2 ANTECEDENTES**

El avance de la tecnología y especialmente de la robótica en las últimas tres décadas, permitió el manejo de nuevas alternativas en la intervención de TEA (Pennisi & et al., 2015), algunos factores que hacen que el uso de robot sea un medio ideal para la terapia del TEA son: Su simplicidad, su adaptabilidad de comportamiento a diferentes escenarios y su posibilidad de ofrecer una interacción esperada y más simple (Akhtar & et al., 2012).

Por lo tanto, el uso de estos robots es utilizado para ayudar a los niños con TEA a comunicarse, interactuar, reconocer emociones y desarrollar su competencia social (Ueyama, 2015), esto sucede debido a que los niños autistas tienen dificultad en comprender nuestras expresiones faciales, por lo que interactuar con robots se les hace más sencillo porque los patrones de comportamiento de estos son más identificables (Kozima & et al., 2005).

A lo largo de los años, se ha demostrado los beneficios de la robótica para la interacción social en estudios de casos con niños autistas, pero hay pocos estudios a gran escala (Diehl et al., 2012 citado por Bernier et al., 2013).

Debido al gran aporte que brinda el uso de robots como apoyo en niños con TEA, se han llevado a cabo la mayoría de estos estudios en laboratorios o entornos institucionales como parte de una educación específica o programas terapéuticos (Fernaesus & et al., 2010)

Una tesis detalla que el desarrollo de la tecnología y los resultados prometedores de los estudios realizados sobre la cuestión, junto con la reciente incorporación de la robótica al contexto educativo hacen que nos planteemos la viabilidad de este método de intervención y las implicaciones positivas que los robots sociales pueden tener para el tratamiento del autismo (Pinel Cardona, 2015-2016).

Ximena Estefanía Báez Sánchez estudiante de Psicología Clínica de la USFQ (Ecuador), realiza un estudio para saber la efectividad del robot MILO, un robot humanoide que brinda herramientas para promover el reconocimiento de emociones, pautas de cómo actuar en ciertas situaciones y cómo usar el lenguaje en conversaciones con niños de 5 a 7 años con TEA (Sánchez, 2018).

La recopilación de las tesis y otros estudios realizados tienen como objetivo ofrecer un acercamiento al tema central y así detectar la existencia de algunas líneas de investigación común.

En Bolivia existen centros especializados para niños con TEA, algunos de estos son: “Centro de atención temprana Espiral”, “Centro de atención temprana Tierra” y “APTEA”.

Existen varios robots de apoyo para los niños con TEA que se fueron desarrollando desde la década de los 90 hasta el momento. Países como Japón, Estados Unidos, Inglaterra y Luxemburgo se encuentran a la vanguardia en la elaboración de robots de apoyo a niños con TEA.

A nivel Latinoamericano Ecuador lanzó una propuesta llamada *Bee-bot* y el pasado año en Perú estudiantes de Mecatrónica de la Universidad Cordillera lanzaron a *BayMax* un robot que pretende dar apoyo en el manejo del lenguaje a niños con TEA.

En Bolivia aún no se emplea este tipo de robots debido al alto coste que tienen actualmente en el mercado, los cuales están evaluados desde los 500 euros hasta los 20000 euros de acuerdo a sus características.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Si bien la idea de construir un robot para el apoyo de la enseñanza aprendizaje en niños autista no es nueva ya que existen actualmente robots como Aibo, Kaspar, Milo entre otros, se propone la elaboración y desarrollo de un robot a bajo coste en comparativa a los que ya existen debido a que su nivel de adquisición es muy alto.

#### **1.3.1 PROBLEMA GENERAL**

En Bolivia no existen robots sociales para el apoyo de la enseñanza aprendizaje en niños con TEA.

#### **1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ❖ La falta de mayor inversión en el sector salud, evita que las instituciones puedan equiparse con nuevas herramientas tecnológicas que permitan brindar mayor apoyo a niños con TEA.
- ❖ La falta de instituciones que puedan facilitar el tratamiento a personas con TEA a precio accesible ocasiona que pocos niños autistas asistan a estas instituciones a recibir terapia.

- ❖ El alto coste adquisitivo de los robots ya existentes hace imposible que se pueda adquirir uno de estos para incluirlos en la terapia de niños con TEA.

## **1.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Los niños autistas no tienen una relación personal con otras personas de manera directa, por lo cual, para generar dicha relación se va a construir un robot social que brinde apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje en niños con TEA con grado leve (Autismo de alto funcionamiento) para que estos puedan relacionarse con otras personas.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Elaborar una metodología de implementación de robótica social en aspectos de autismo.
- ❖ Investigar los principales aspectos de terapia para niños de 4 a 6 años con TEA a través de uso tecnológico.
- ❖ Construir un robot con características conocidas de interacción de robots comerciales que sea accesible a las personas o grupos de familiares con autismo.
- ❖ Analizar e implementar algunas de las terapias e intervenciones para la mejora de las habilidades comunicativas y sociales del autismo.
  - Estructurar una propuesta de intervención con robots para el tratamiento de casos reales de autismo.

## 1.5 HIPÓTESIS

Aplicando el uso de robots en niños con TEA se mejorará el nivel de enseñanza aprendizaje con una confiabilidad de 95% y se podrá lograr una mejor aceptación e integración con la sociedad que los rodea.

### 1.5.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Analizando la hipótesis de la investigación, se identificó las siguientes variables:

**Variable dependiente:** Nivel de enseñanza aprendizaje con una confiabilidad de 95%, aceptación e integración con la sociedad que los rodea.

**Variable independiente:** Uso de robots en niños con TEA

## 1.6 JUSTIFICACIÓN

La elaboración de Ninobot como robot de apoyo en la enseñanza aprendizaje de niños con TEA grado leve, podrá satisfacer algunas necesidades en el área de la psicología, empleando los avances dados en el área de la robótica y la informática.

Mediante el presente prototipo, se pretende dar un mayor soporte a los psiquiatras en la ejecución de pruebas psicomotoras, lo cual permitirá aliviar un poco el trabajo físico y mental que realizan estos al realizar las intervenciones psicológicas a niños con TEA.

### 1.6.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Debido al alto coste de adquisición de un robot social ya existente, Ninobot nace con la finalidad de dar apoyo a los niños con TEA en Bolivia a bajo coste, evitando así la compra de

robots extranjeros que no se encuentran al alcance de muchas familias bolivianas que tienen niños con TEA.

## **1.6.2 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

El robot emplea diferentes herramientas de software y hardware para su ejecución, las cuales son nombradas a continuación.

### ***a) RECURSOS A NIVEL DE HARDWARE***

Se requiere los siguientes materiales:

- ❖ Impresión 3D del chasis de un robot de tipo humanoide.
- ❖ Actuadores (Servomotores: MG90S, módulo bluetooth HC05, matriz de LEDs RGB 8\*8 NeoPixel).
- ❖ Placa Arduino Nano V3.
- ❖ Placa Arduino Nano Every.
- ❖ Shield de expansión I/O de Arduino Nano V3.
- ❖ Jumpers MM y MH.
- ❖ Baterías de litio de 4.2V a 8800 miliamperios
- ❖ Estaño, cautín y pomada de soldar
- ❖ Smartphone con SO Android v.4.0 en adelante

### ***b) RECURSOS A NIVEL DE SOFTWARE***

Se requiere los siguientes paquetes computacionales:

- ❖ Servicio de internet.

- ❖ Licencias de SolidWorks para modelado 3D.
- ❖ IDE de Arduino (Gratis).
- ❖ Android Studio o Kodular.io (Gratis).

### **1.6.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Si bien el costo de un robot de apoyo tiene un poder adquisitivo alto: Por ejemplo, AIBO a 2900 USD (Cap. 2).

Se propone desarrollar un robot a bajo coste y acorde a nuestra economía actual, el cual pueda ser accesible tanto para profesionales y la población en general.

Un aporte que de apoyo al área de la psicología y a la sociedad.

## **1.7 ALCANCES Y LÍMITES**

### **1.7.1 ALCANCES**

El presente trabajo contempla los siguientes alcances:

- ❖ Realizar un robot con una estructura tipo humanoide para que al momento de interactuar con los niños con TEA, se presente como una figura familiar y común.
- ❖ La programación de las funciones del robot será desarrollado con una placa Arduino y el control será mediante bluetooth a través de una aplicación móvil.
- ❖ El robot permitirá generar pruebas psicomotoras de manera interactiva, creando un ambiente de confianza más acorde ente el niño y el prototipo.
- ❖ El robot se aplicará en al menos 30 niños con TEA para determinar la eficacia del mismo.

## **1.7.2 LÍMITES**

Esta tesis de grado, presenta las siguientes limitaciones:

El desarrollo del proyecto está enfocado a trabajar dentro del área de la robótica social en conjunto al área de la psicología, integrando un control inalámbrico a través de una aplicación móvil, para el manejo del robot.

- ❖ Está enfocado a trabajar dentro del área de la robótica social en conjunto al área de la psicología.
- ❖ El robot sólo interactúa con niños de 4 a 6 años, los cuales presentan TEA de grado leve (Autismo de alto funcionamiento).
- ❖ El robot no es completamente autónomo, ya que necesita ejecutar acciones desde la app móvil.
- ❖ El robot no cuenta con sensores de entrada, solo cuenta con componentes de salida de datos (Matriz LED, servomotores y bluetooth), por lo cual, maneja una autonomía básica en la ejecución de las pruebas.
- ❖ La fuente de alimentación del robot es de 9v a 8800 miliamperios, lo cual implica que solo podrá estar encendido en un rango de 2 horas, pasado este tiempo, se debe hacer cambio de baterías.

## **1.8 APORTES**

### **1.8.1 PRÁCTICO**

En el presente trabajo se mostrarán los diagramas y elementos electrónicos utilizados, además de sus características para tener un entendimiento claro y conciso del hardware a ser

utilizado, el uso de dos placas arduino empleando el protocolo de comunicación I2C, lenguaje C++ y la ejecución de una aplicación móvil para el control del robot.

## **1.8.2 TEÓRICO**

La presente tesis contribuye poniendo en práctica las metodologías pedagógicas y psicológicas a través de las ciencias de la computación mediante el diseño de un robot de aplicación específica, dando apoyo de esta manera al área de la psicología y aprovechando el uso de las nuevas tecnologías.

## **1.9 METODOLOGÍA**

La metodología a usar será “Research Onion”, la cual está diseñada para crear una metodología mejor organizada ya que permitirá dar una descripción más detallada de las etapas que se cumplirán con el proceso de investigación (Thesismind, 2019).

A través de esta metodología, se podrá explicar la comprobación o refutación de la hipótesis planteada en la investigación, a continuación, se exponen todas las fases necesarias para el desarrollo de la investigación:

FASE 1: El presente trabajo ha sido identificado como interpretativo en lo filosófico de la tesis. Interpretativo se basa en el proceso de conocimiento, en el cual se da una interacción entre sujeto y objeto. La investigación siempre está influenciada por los valores del investigador y éste, en sus informes debe dar cuenta de ellos. (Ramírez, 2013).

FASE 2: El enfoque de la presente tesis es inductivo, debido a que parte de lo general a lo particular y viene relacionado con la metodología cualitativa.

En cuanto a su estructura, parte de la teoría, luego la hipótesis, después la observación y finalmente la confirmación.

FASE 3: El presente trabajo está basado en el diseño denominado *experimento*.

FASE 4: El procedimiento de trabajo es el método mono o único ya que este se encuentra relacionado con la metodología cualitativa, la cual es mencionada en el tipo de enfoque inductivo detallado en la fase 2.

FASE 5: El horizonte temporal llevado adelante en la presente tesis es el horizonte transversal debido a que existe un tiempo preestablecido para la recolección de los datos, dicho tiempo plasmado es de 42 días (6 semanas).

FASE 6: Para la recopilación de los datos de emplea el uso de un robot de tipo humanoide el cual interactúa con los niños con TEA (Trastorno de Espectro Autista), en la cual los niños deben responder 4 mini pruebas basadas en la serialización, clasificación e imitación, logrando así dar apoyo en la enseñanza aprendizaje en caso que no logren responder correctamente a alguna de las pruebas.

Para el funcionamiento del robot, se usará un par de placas arduino (Nano V3 y Nano Every), IDE de Arduino, actuadores, shields y módulos de comunicación inalámbrica.

Para el control y manipuleo se empleará una aplicación móvil desarrollada en android studio, la cual se conectará con el robot a través de bluetooth.

# CAPÍTULO II

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ROBÓTICA

La palabra “Robótica” es la unión de: **Robot** y **automática**, acuñado por primera vez por Isaac Asimov para describir la tecnología de los robots (Asimov, 1942).

Existen diferentes definiciones sobre ¿Qué es la robótica? Tomando como base el tipo de perspectiva:

❖ Respecto a la definición de robot:

- “La robótica es la conexión inteligente de la percepción a la acción” (Brandy & et al., 1984).
- “La robótica es una ciencia o rama de la tecnología, que estudia el análisis, diseño, construcción y aplicación de robots, los cuales, son capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano, principalmente laboriosas, repetitivas o peligrosas. Las ciencias y tecnologías de las que se apoya la robótica principalmente son: Mecánica, Electrónica, Control Automático y los Sistemas Computacionales, que en conjunto integran sistemas robotizados” (Reséndiz, 2014)

❖ En base a su objetivo:

- “La robótica consiste en el diseño de sistemas. Actuadores de locomoción, manipuladores, sistemas de control, sensores, fuentes de energía, software de

calidad, todos estos subsistemas tienen que ser diseñados para trabajar conjuntamente en la consecución de la tarea del robot” (Jones & et al., 1993).

## **2.2 ROBOT**

La palabra robot fue usada por primera vez en el año 1921, cuando el escritor checo Karel Capek (1890 - 1938) estrena en el teatro nacional de Praga su obra *Rossum's Universal Robot* (R.U.R.), sin embargo, se atribuye la creación del término a su hermano Josef Capek, quien sugirió “roboti” (Zunt, 1993).

Un robot es una máquina controlada por ordenador y programada para moverse, manipular objetos y realizar trabajos a la vez que interacciona con su entorno. El robot a veces recuerda a los seres humanos y es capaz de efectuar diversas tareas humanas complejas cuando se les indica que lo hagan, o por habérselas programado con antelación (Yirda, 2019).

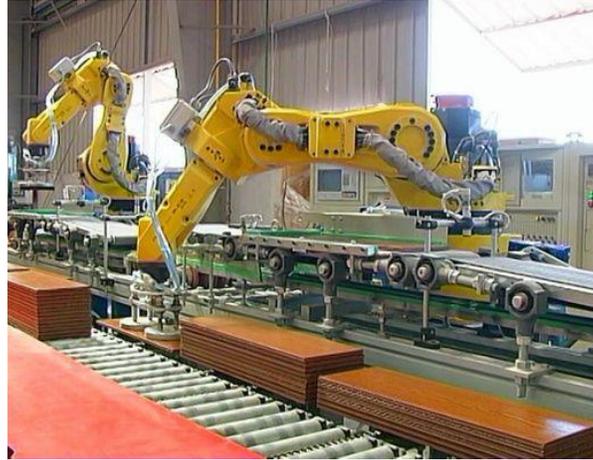
## **2.3 TIPOS DE ROBOTS**

Desde un punto de vista general, los robots pueden ser clasificados en los siguientes tipos:

### **2.3.1 POLIARTICULADOS**

Son robots de forma diversa y configuración, por lo general, son robots sedentarios y están estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas, y con un número limitado de grados de libertad. En este grupo se encuentran los robots manipuladores, los robots industriales y los robots cartesianos, que se emplean cuando es preciso abarcar una zona de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar

sobre objetos con un plano de simetría vertical o reducir el espacio ocupado en el suelo (Ollero, 2001)



**Figura 2.1** Robot Poliarticulado

**Fuente:** Sara, 2017

### **2.3.2 MÓVILES**

Son robots que cuentan con gran capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores. Las tortugas motorizadas diseñadas en los años cincuenta, fueron las precursoras y sirvieron de base a los estudios sobre inteligencia artificial desarrollados entre 1965 y 1973 en la Universidad de Stanford.

Estos robots aseguran el transporte de piezas de un punto a otro de una cadena de fabricación. Guiados mediante pistas materializadas a través de la radiación electromagnética de circuitos empotrados en el suelo, o a través de bandas detectadas fotoeléctricamente, pueden

incluso llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia (Gonzales, 2002-2003).



**Figura 2.2** Robot móvil

**Fuente:** Martínez, 2013

### **2.3.3 ANDROIDES**

Son robots que intentan reproducir total o parcialmente la forma y el comportamiento del ser humano. Actualmente los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica, y destinados, fundamentalmente, al estudio y experimentación.

Uno de los aspectos más complejos de estos robots, y sobre el que se centra la mayoría de los trabajos, es el de la locomoción bípeda. En este sentido, el principal problema es controlar la dinámica, coordinar el proceso en tiempo real y mantener simultáneamente el equilibrio del robot (Reyes, 2011).



**Figura 2.3** Robot androide

**Fuente:** Yoshikazu T., 2009

#### **2.3.4 ZOOMÓRFICOS**

Los robots zoomórficos, que considerados en sentido no restrictivo podrían incluir también a los androides, constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos.

A pesar de la disparidad morfológica de sus posibles sistemas de locomoción es conveniente agrupar a los robots zoomórficos en dos categorías principales: Caminadores y no caminadores. El grupo de los robots zoomórficos no caminadores está muy poco evolucionado. Cabe destacar, entre otros, los experimentos efectuados en Japón basados en segmentos cilíndricos biselados acoplados axialmente entre sí y dotados de un movimiento relativo de rotación. En cambio, los robots zoomórficos caminadores múltipedos son muy numerosos y están siendo experimentados en diversos laboratorios con vistas al desarrollo posterior de verdaderos vehículos terrenos, piloteando o autónomos, capaces de evolucionar en superficies muy accidentadas. Las

aplicaciones de estos robots serán interesantes en el campo de la exploración espacial y en el estudio de los volcanes (Gonzales, 2002-2003).



**Figura 2.4** Robot zoomórfico

**Fuente:** Nata and Yezi, 2011

### **2.3.5 HÍBRIDOS**

Son aquellos robots de difícil clasificación, su estructura es una combinación de las anteriores mencionadas, sea por su conjunción o por yuxtaposición. Por ejemplo, un dispositivo segmentado, articulado y con ruedas, tiene al mismo tiempo atributos de los robots móviles y los zoomórficos. De igual forma pueden considerarse híbridos algunos robots formados por la yuxtaposición de un cuerpo formado por un carro móvil y de un brazo semejante al de los robots industriales. (Ollero, 2001)



**Figura 2.5** Robot híbrido

**Fuente:** Zucell, 2018

## **2.4 TIPOS DE ROBÓTICA Y ÁREA DE ENFOQUE**

La robótica ha ido desarrollándose y evolucionando en gran medida a lo largo de los últimos años, por lo cual, se fue clasificando en diferentes tipos específicos, los cuales son:

### **2.4.1 ROBÓTICA EDUCATIVA**

La robótica educativa es un método interdisciplinario en el que se trabajan las áreas de Matemáticas, Tecnología, Ciencias e Ingeniería. Su carácter transversal posibilita que los niños también desarrollen el pensamiento lógico, la imaginación y la lingüística. (UNIR, 2019)

Se refiere a la inserción de niños y adolescentes al mundo de la robótica, empleando sensores y actuadores básicos, viendo desde las características, conexión y tipo de programación, para lo cual existen herramientas que facilitan la enseñanza como ser: Arduino, Scratch, Visualino, Mblock, entre otros.

## **2.4.2 ROBÓTICA DE COMPETENCIA**

La robótica de competencia es una subárea de la robótica que se enfoca en medir la destreza de los robots ante cientos retos, con el pasar de los años se empezaron a desarrollar eventos enfocados a esta área, tanto a nivel nacional como internacional.

Entre algunas de las categorías más conocidas se encuentran: Los seguidores de línea, manipuleo de robots móviles a través de comunicación inalámbrica, pelea de mini sumos y sumos, robots resuelve laberintos, carrera de robots insectos, creatividad e innovación tecnológica, warbots y mini warbots (Zabala, 2019)

## **2.4.3 ROBÓTICA BASADA EN LA CONDUCTA O EL COMPORTAMIENTO**

Emplea el principio conductista: Los robots generan un comportamiento sólo cuando se los estimula; es decir, reaccionan ante los cambios de su entorno local (como cuando alguien toca accidentalmente un objeto caliente). El diseñador divide las tareas en numerosas en una capa separada del sistema de control del robot y diferentes comportamientos básicos.

Los sistemas basados en la conducta son capaces de reaccionar en tiempo real, ya que calculan las acciones directamente a partir de las percepciones a través de un conjunto de reglas de correspondencia, situación y acción. Es importante observar que el número de capas aumenta con la complejidad del problema (Escalada, 2016).

#### **2.4.4 ROBÓTICA COGNITIVA**

Se centra en el uso de técnicas provenientes del campo de las Ciencias Cognitivas, empleando robots que perciben, razonan y actúan en entornos dinámicos, desconocidos e imprevisibles.

Para ello, poseen un modelo simbólico e interno de su entorno local, y la suficiente capacidad de razonamiento lógico para tomar decisiones y para ejecutar las tareas necesarias a fin de alcanzar los objetivos.

Si se consigue que los robots desarrollen por sí mismos sus capacidades cognitivas, se evitaría el programarlo a mano para cada tarea o contingencia concebible (Escalada, 2016).

#### **2.4.5 ROBÓTICA EVOLUTIVA**

Se aplica los conocimientos obtenidos de las Ciencias Naturales (biología y etología) y de inteligencia artificial (redes neuronales, técnicas evolutivas y sistemas dinámicos) sobre robots reales, a fin de que desarrollen sus propias habilidades en interacción íntima con el entorno y sin que intervenga el ser humano.

Mediante un diseño fijo, es difícil lograr que un robot se adapte (se auto organice) a un entorno dinámico que evoluciona a menudo mediante cambios caóticos, ya que el robot puede adquirir automáticamente nuevos comportamientos dependiendo de las situaciones dinámicas que se presenten en el entorno en donde está situada.

Para lograr el cometido, se realiza el uso de técnicas evolutivas como ser: Algoritmos genéticos, programación genética y estrategia evolutiva (Escalada, 2016).

## **2.4.6 ROBÓTICA SOCIAL**

La robótica social es el estudio de los robots que son capaces de interactuar y comunicarse entre ellos, con los seres humanos y con el medio ambiente, dentro de las estructuras social y cultural en las cuales se desenvuelven. Los temas que generalmente se incluyen en esta área de investigación son vastos, de los cuales podemos mencionar interacción robot-humano e interacción robot-robot, robótica en la sociedad humana, aceptación social e impacto de los robots en la sociedad, arte robótico interactivo y robótica de asistencia social (García Nájera, 2018).

Dadas las definiciones de cada área en las que se divide la robótica, para esta tesis, nos enfocaremos en el uso de la robótica social, debido a que esta permite crear un vínculo emocional de confianza. Cabe recalcar que el robot posee cada vez una complejidad mayor de sensores, que captan parámetros exteriores, o que los buscan, y no estamos hablando de temperatura de la sala donde se encuentra, o presión ambiental (que también), sino características más complejas que surgen de tratamientos de información (uso de machine learning, big data, sentimental analysis, computación afectiva, etc.) que les da información del estado de la persona con la que habla utilizando parámetros como: Temperatura corporal, Nivel de estrés, situación de alegría o tristeza, nivel de sudoración, nivel de atención, y un largo etc. de parámetros que permiten adaptar su comportamiento y nivel de interacción ( Community of Insurance, 2018)

## **2.5 AUTISMO**

Autismo del griego autos, significa “propio” o “a sí mismo”. Se usó desde un inicio para referirse a cualquier persona que se mostrará retraída e incluso se utilizó para referirse a las personas que sufrían de esquizofrenia. Alrededor del año 1911 se asociaba la palabra con la pérdida del contacto con la realidad, rasgo particular de la esquizofrenia (Talero, 2003). En el año 1925, la

psiquiatra Grunya Sukhareva detalló las características de un grupo de seis niños bajo el nombre de psicopatía esquizoide en niños, estableciendo que se trataba de un trastorno con algunas similitudes a la esquizofrenia y al mismo tiempo difiriendo de ella. Ya en el año 1938, se asoció por primera vez la palabra autista con casos descritos en conferencias dadas por Hans Asperger (Ghazi, 2018).

El trastorno del espectro autista (TEA) es una afección neurológica y de desarrollo que comienza en la niñez y dura toda la vida. Afecta cómo una persona se comporta, interactúa con otros, se comunica y aprende. Este trastorno incluye lo que se conocía como síndrome de Asperger y el trastorno generalizado del desarrollo no especificado.

Se lo llama "trastorno de espectro" porque diferentes personas con TEA pueden tener una gran variedad de síntomas distintos. Estas pueden tener problemas para hablar con usted y es posible que no lo miren a los ojos cuando usted les habla. Además, pueden tener intereses limitados y comportamientos repetitivos. Es posible que pasen mucho tiempo ordenando cosas o repitiendo una frase una y otra vez. Parecieran estar en su "propio mundo" (MedlinePlus, 2020).

## **2.6 GRADOS DEL AUTISMO**

Actualmente, el autismo se considera como un conjunto de trastornos que tienen en común un cierto grado de alteración en tres áreas: Déficit de interacción social, problemas de comunicación y un repertorio anormal restringido de comportamientos e intereses (Universidad Internacional de Valencia, 2018).

Identificamos los grados del autismo, según su intensidad y síntomas:

### **2.6.1 TRASTORNO AUTISTA DE GRADO 1**

Conocido como autismo severo, constituye el grado más profundo del espectro autista, siendo este el más reconocido, llamado también “Autismo Infantil Precoz” (Kanner, 1941), este trastorno engloba características de niños con alguno de los tipos o grados de autismo que hay, sin distinguir la gravedad.

Actualmente, este tipo de autismo abarca las manifestaciones más profundas, se caracteriza por la ausencia del desarrollo de lenguaje, los niños evitan mirar a los ojos a otros, se aíslan de su entorno y manifiestan movimientos estereotipados que pueden resultar extraños sin objetivo alguno, así como también la carencia de expresión de emociones y de intereses o actividades de manera reducida (Marcolongo, 2017).

### **2.6.2 AUTISMO REGRESIVO O DE GRADO 2**

Conocido también como trastorno desintegrativo infantil, es una alteración que a diferencia de los otros grados de autismo que hay, tarda un poco más en aparecer, debido a que en los primeros años el niño se desarrolla normalmente, pero en cierto punto comienza a perder paulatinamente las habilidades adquiridas.

Suele presentarse antes de los 10 años de edad y a partir de esta regresión van apareciendo los mismos síntomas del autismo severo, pero con menos intensidad. De esta forma, el niño va perdiendo sus habilidades de lenguaje, capacidad de comunicarse e interactuar con niños y adultos de su propio entorno.

Por otro lado, aparecen conductas repetitivas, tanto motoras, como manierismos y estereotipadas, junto al aislamiento de las personas que le rodean (Marcolongo, 2017).

### **2.6.3 AUTISMO DE ALTO FUNCIONAMIENTO**

Es el grado más leve porque en sus inicios sus síntomas no son agudos o profundos. A diferencia de los otros grados de autismo, el desarrollo del lenguaje en el niño es normal, al igual que sus procesos cognitivos, manteniéndose dentro de los parámetros y si cuenta con la atención acorde puede integrarse escolarmente sin problema.

Los niños diagnosticados con esta condición se distinguen debido a que su capacidad de memoria es muy buena, sin embargo, tienden a tener rigidez mental e ideas asociadas a una obsesividad que puede acompañarse con torpeza motora (Marcolongo, 2017).

## **2.7 RELACIÓN ENTRE AUTISMO Y ROBÓTICA SOCIAL**

La aplicación de los robots en terapias y educación de los niños con autismo se han estudiado por diversos autores, enfocados principalmente como juguetes robóticos que tienen la ventaja de programación para responder diferentes situaciones y eventos.

Debido al gran aporte que brinda la robótica a los niños con TEA, nacen los robots de asistencia social, los cuales son una combinación entre robots de asistencia y robots sociales.

Los robots de asistencia inicialmente fueron pensados para proveer asistencia a los usuarios, como su nombre lo indica, por otro lado, los robots sociales, tienen comportamientos sociales, como el expresar y/o reconocer emociones, o tener la capacidad de mantener una conversación, generando así una interacción humano-robot al brindar la capacidad de crear relaciones de interacción (Cook, 2017).

Teniendo en cuenta que la idea principal de los robots sociales es promover la interacción con el usuario, también es importante su aspecto físico y que cuenten con algo de autonomía para que las interacciones sean más naturales (Vidal, 2017).

El aspecto de los robots tiene que ser amigable y además llamativo, para captar la atención, sobre todo, de los niños con discapacidades complejas, debido a que ellos son una población de gran interés para el uso de los Robots de Asistencia Social “RAS”.

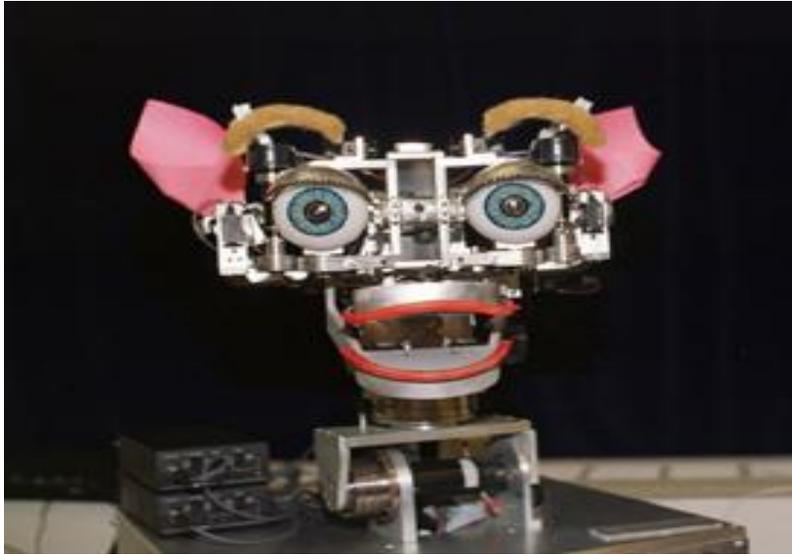
La idea del uso de RAS en niños con TEA es involucrarlos en actividades a modo de juego, manteniendo su atención e interés, mientras tienen un progreso en sus procesos de rehabilitación y mejoran sus habilidades (Castro , 2020).

## **2.8 ROBOTS DE APOYO A NIÑOS CON TEA**

Existen varios robots de apoyo para niños con TEA que se fueron desarrollando desde la década de los 90 hasta el momento, a continuación, se detallan los más relevantes con el pasar de los años:

### **2.8.1 ROBOT KISMET**

Creado en 1990 por la Dr. Cynthia Breazeal, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), es un robot que solo cuenta cabeza, la cual tenía la capacidad de reconocer y simular emociones.



**Figura 2.6** Kismet

**Fuente:** Smith, 2007

### **2.8.2 ROBOT PARO O NUKA**

Es un robot de tipo zoomórfico diseñado por Takanori Shibata en el Instituto de Investigaciones de Sistemas Inteligentes de Japón (AIST) en 1993, destinado a tener un efecto calmante y provocar respuestas emocionales en pacientes de hospitales y hogares de ancianos, pero, después de que se realizó un estudio para ver los efectos de los robots en niños con TEA, los robots intervinieron creando entornos controlados que ayudaron a reducir la ansiedad que puede resultar del TEA, lo cual beneficia a los niños porque los robots son compañeros sociales para quienes interactúan con él.



**Figura 2.7** Robot Paro

**Fuente:** Yeung F., 2015

### **2.8.3 ROBOT AIBO**

Es un robot mascota diseñado y fabricado por Sony en 1998 y comercializado desde 1999, cuenta con sensores y actuadores lo cual permite una buena interacción con él, a partir del año 2003 el robot empieza a ser utilizado como apoyo a niños con TEA, con la finalidad de ayudarlos a desarrollar mayores niveles cognitivos y de razonamiento.



**Figura 2.8** Robot AIBO

**Fuente:** Byford S., 2019

#### 2.8.4 ROBOT NAO

Desarrollado por la compañía francesa Aldebaran Robotics, el proyecto inició el 2004 y el 2005 ya se contaba con las primeras tres versiones de NAO: AL-01, AL-02 y AL-03. Este robot de tipo humanoide, el 2011 a través de ASK (*Autism Solution for Kids*) NAO, es programado para ayudar a niños autistas en sus habilidades e interacción social.



**Figura 2.9** Robot NAO

**Fuente:** Troncoso J., 2017

#### 2.8.5 ROBOT POPCHILLA

Creado en el año 2010 en Carnegie Mellon University Entertainment Technology Center, Pensilvania-Estados Unidos; es un robot de tipo zoomórfico con la forma de una chinchilla que se comunica mediante gestos, expresiones y voz, lo cual permite un apoyo en las destrezas de interacción social en niños autista.



**Figura 2.10** Robot Popchilla

**Fuente:** Robotland, 2011

### **2.8.6 ROBOT KASPAR**

Kaspar es un robot humanoide que fue diseñado por la Universidad de Hertfordshire, en Reino Unido. La idea del proyecto nace en 1998, iniciando su desarrollo el año 2005 el cual con los años fue mejorando en sus funcionalidad y componentes, teniendo su versión más completa el año 2014. El robot tiene la apariencia de un niño de 3 años, cuenta con varias expresiones corporales y 15 grados de libertad distribuidos en la cabeza (8), brazos (3 por brazo) y dorso (1).

Ya que Kaspar emite gestos simples y frases repetitivas, pretende enseñar habilidades sociales básicas a los niños con TEA fomentando el aspecto didáctico y las relaciones triádicas.



**Figura 2.11** Robot Kaspar

**Fuente:** Webster W., 2018

### 2.8.7 ROBOT AISOY1

Aisoy1, un robot de estructura zoomórfica desarrollado en España el año 2014 por AISoy Robotics, calificado como uno de los primeros robots emocionales, debido a que cuenta con inteligencia artificial afectiva, el cual permite este tipo de vínculos con niños autista, donde Aisoy1 llega a dar apoyo en la lucha de la depresión y soledad en estos.



**Figura 2.12** Robot AISoy1

**Fuente:** Gordo, S., 2014

### 2.8.8 ROBOT MILO

Desarrollado por RoboKind en Estados Unidos en el año 2015, Milo es un robot humanoide para brindar apoyo a niños con TEA, tiene por objetivo el de enseñar a estos niños qué son y qué significan las diferentes emociones y expresiones, mejorando su comportamiento y respuestas sociales, y además funciona como un asistente perfecto para terapeutas que trabajan en este campo.

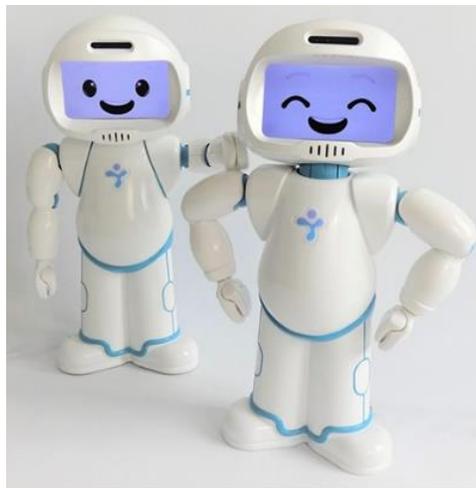


**Figura 2.13** Robot MILO

**Fuente:** Slattery, J., 2017

### 2.8.9 ROBOT QT

QTRobot, creado en Luxemburgo el año 2017, es un robot de tipo humanoide expresivo, diseñado y construido en base a enfoques científicos para ayudar a enseñar nuevas habilidades a niños con autismo y necesidades educativas especiales. QTRobot ayuda a los niños a aprender habilidades cognitivas, sociales, de comunicación y emocionales y les ayuda a beneficiarse más de las sesiones educativas.



**Figura 2.14** Robot QT

**Fuente:** Raddawi, K., 2019

### 2.9 ARDUINO

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida, activando un motor, encendiendo un LED y publicando algo en línea. Para programarla utiliza el lenguaje C++ y el IDE de Arduino, basado en Processing.

Fue creada el año 2005 en el instituto de diseño e interacción IVREA de Italia, como una herramienta fácil para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos, diferenciando su oferta desde placas simples de 8 bits hasta productos para aplicaciones de IoT, wearable, impresión 3D y entornos integrados.



**Figura 2.15** Primera placa arduino

**Fuente:** IVREA, 2005

Desde sus inicios a la fecha se fueron desarrollando diferentes tipos de placas Arduino con características particulares, pero actualmente la placa más conocida y con la que existe mayor cantidad de proyectos desarrollados es la placa Arduino Uno R3.

Esta placa cuenta con un microcontrolador ATMEGA328P, 14 pines digitales de entrada/salida (de los cuales 6 pueden usarse como PWM), 6 entradas analógicas, pines de poder de 3.3V y 5V, 3 pines de masa (GND), un de voltaje de entrada (Vin), un oscilador de 16MHz, un puerto USB tipo B, un conector de alimentación, un regulador de 5V, un conector ICSP y un pulsador de reinicio.

El microcontrolador cuenta con 32 Kb de memoria flash, 2 Kb de SRAM, y 1 Kb de memoria EEPROM (Cuartielles, 2005).



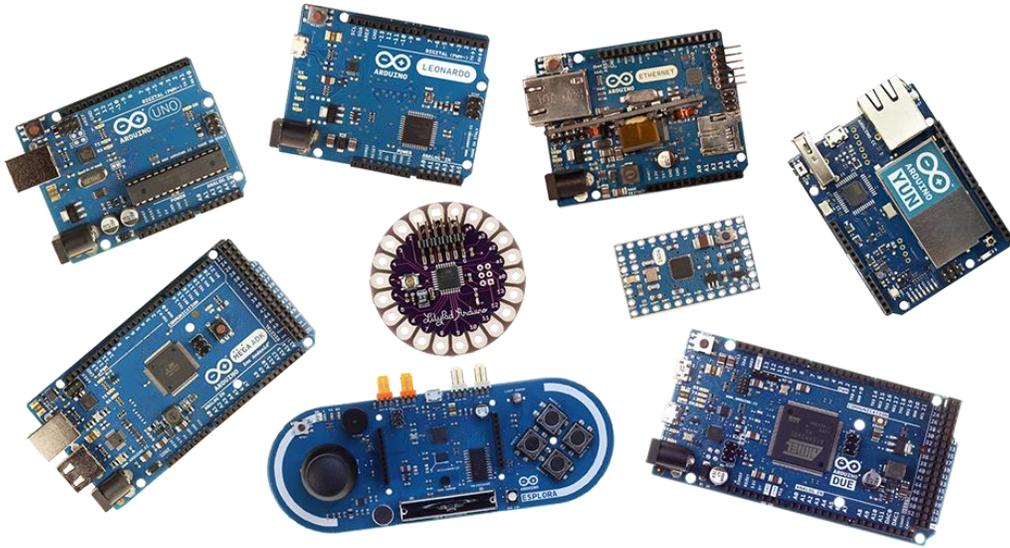
**Figura 2.16** Placa Arduino UNO R3

**Fuente:** Arduino boards, 2008

## 2.10 TIPOS DE PLACA ARDUINO

A la fecha existen más de 20 placas arduino, clasificadas en los siguientes grupos:

- **Placas clásicas:** Comprende a las placas Arduino Due, Esplora, Leonardo, Lilypad, Mega 2560, Mega ADK, Pro micro, Pro mini, Uno R3, Uno WiFi R2, Yún R2 y Zero.
- **Placas MKR:** Son parte de este conjunto la MKR 1000 WiFi, MKR FOX 1200, MKR GSM 1400, MKR NB 1500, MKR Vidor 4000, MKR WAN 1300, MKR WAN 1310, MKR WiFi 1010 y MKR Zero.
- **Placas Nano:** Las placas que son parte de este grupo son: Arduino Nano V3, Nano 33 BLE, Nano 33 BLE Sense, Nano 33 IoT, Nano Every y Nano RP2040 Connect.



**Figura 2.17** Tipos de placas Arduino

**Fuente:** Circuitos electrónicos, 2012

## 2.11 COMPONENTES HARDWARE

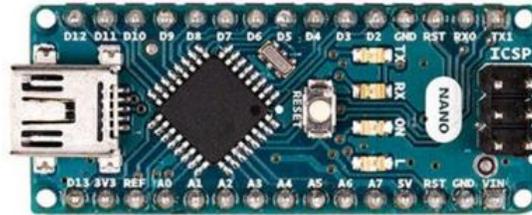
Para la presente tesis se emplea el uso de las placas Arduino Nano V3 y Arduino Nano Every, de las cuales la placa Arduino Nano Every trabaja como dispositivo maestro y la placa Arduino Nano V3 trabaja como dispositivo esclavo y para su comunicación entre Maestro y Esclavo se hace uso del protocolo de comunicación I2C.

El robot para generar movimientos utiliza actuadores como ser: Servomotores, matriz LED y módulo bluetooth, dispositivos electrónicos que se conectan directamente a 2 Shield de expansión de Entrada/Salida compatibles con las placas Arduino Nano.

### 2.11.1 ARDUINO NANO V3

La placa Arduino Nano V3 es una de las primeras placas compactas de arduino basada en un ATMEGA328P (P es la abreviación de Pico lo que significa que el microcontrolador es de bajo

consumo), por su arquitectura, no cuenta con un conector de alimentación externa, pero está hecho para montarlo sobre un protoboard (placa de pruebas), una shield o un PCB.



**Figura 2.18** Arduino Nano V3

**Fuente:** Arduino boards, 2008

Las características con las que cuenta la placa Arduino Nano V3, podemos observarlas en la siguiente tabla:

<b>Microcontrolador</b>	ATmega328P	
<b>Conector USB</b>	Mini USB Tipo B	
<b>Pines Cantidad</b>	<i>Pin LED incorporado</i>	13
	<i>Pines de E/S digital</i>	14
	<i>Pines de entrada analógica</i>	8
	<i>Pines PWM</i>	6
<b>Tipo de comunicación</b>	<i>UART</i>	Sí
	<i>I2C</i>	Sí
	<i>SPI</i>	Sí
<b>Energía</b>	<i>Voltaje de funcionamiento</i>	5V
	<i>Voltaje de entrada</i>	7-12V
	<i>Corriente máxima de salida por pin de E/S</i>	40 mA
<b>Velocidad de Reloj</b>	<i>Procesador</i>	ATmega328 de 16 MHz
<b>Memoria</b>	<i>SRAM</i>	2KB
	<i>Flash</i>	32KB
	<i>EEPROM</i>	1KB
<b>Dimensiones</b>	<i>Peso</i>	5gr
	<i>Ancho</i>	18 mm
	<i>Largo</i>	45 mm

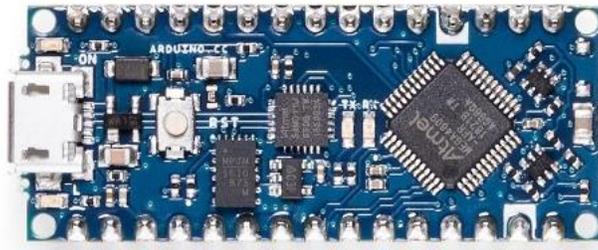
**Tabla 2.1** Especificaciones placa Arduino Nano

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.11.2 ARDUINO NANO EVERY

La placa Arduino Nano Every es una evolución del Arduino Nano V3 que comparte exactamente el mismo pinout, con la diferencia que presenta un microcontrolador más potente, un oscilador de mayor velocidad, mayor cantidad de memoria Flash y de SRAM, no cuenta con un conector de alimentación externa, pero está hecho para montarlo sobre un protoboard (placa de pruebas), una shield o un PCB.

Gracias a estas diferencias con su antecesor, se puede utilizar en proyectos que requieran mayor memoria y pines de conexión extra, a futuro podría reemplazar incluso a un Arduino Uno R3 en base a las diferencias ya mencionadas.



**Figura 2.19** Arduino Nano Every

**Fuente:** Arduino boards, 2019

Las características con las que cuenta la placa Arduino Every, podemos observarlas en la siguiente tabla:

<b>Microcontrolador</b>	ATmega4809	
<b>Conector USB</b>	Micro USB Tipo B	
<b>Pines Cantidad</b>	<i>Pin LED incorporado</i>	13
	<i>Pines de E/S digital</i>	14
	<i>Pines de entrada analógica</i>	8
	<i>Pines PWM</i>	5
<b>Tipo de comunicación</b>	<i>UART</i>	Sí
	<i>I2C</i>	Sí
	<i>SPI</i>	Sí
<b>Energía</b>	<i>Voltaje de funcionamiento</i>	5V
	<i>Voltaje de entrada</i>	7-21V
	<i>Corriente máxima para pin de 3.3v</i>	20 mA
	<i>Corriente máxima para pin de 5v</i>	800 mA
<b>Velocidad de Reloj</b>	<i>Procesador</i>	ATmega4809 de 20 MHz
<b>Memoria</b>	<i>SRAM</i>	6KB
	<i>Flash</i>	48KB
	<i>EEPROM</i>	256 Bytes
<b>Dimensiones</b>	<i>Peso</i>	5gr
	<i>Ancho</i>	18 mm
	<i>Largo</i>	45 mm

**Tabla 2.2** Especificaciones placa Arduino Nano Every

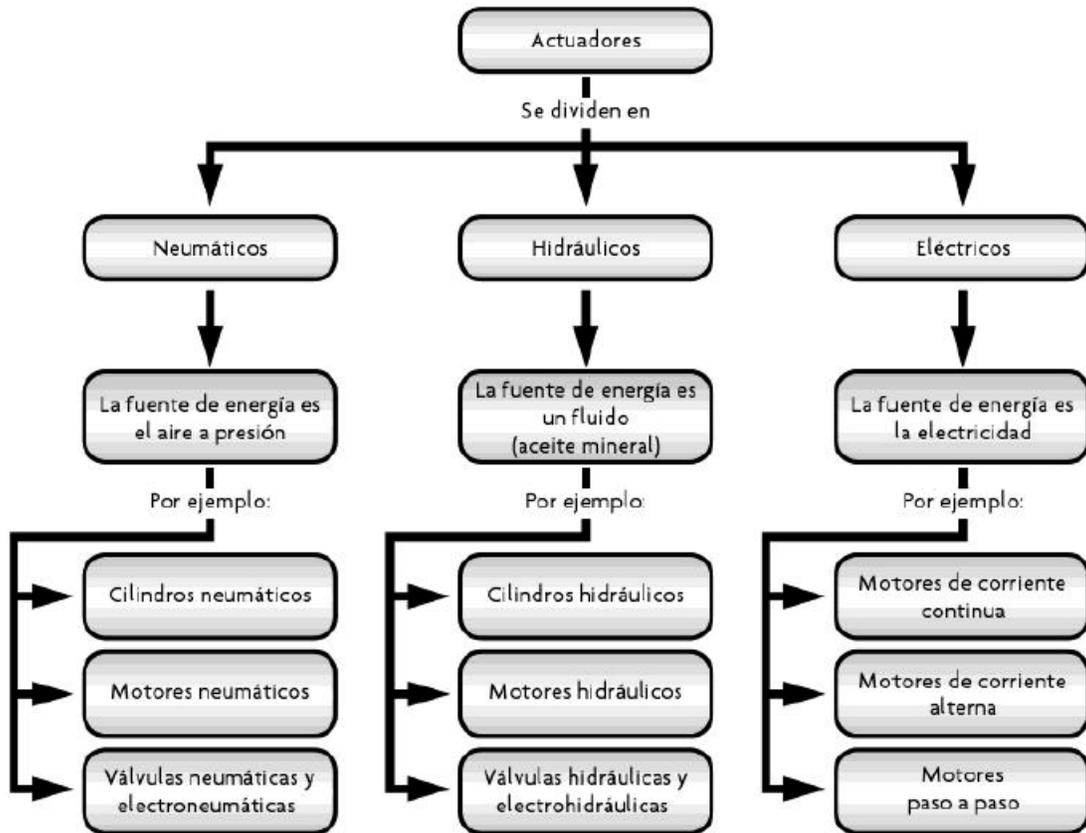
**Fuente:** Elaboración propia

### 2.11.3 ACTUADOR

Un actuador es un dispositivo con la capacidad de generar una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía. (Corona, Mares, & Abarca, 2014)

Se clasifican en dos grupos:

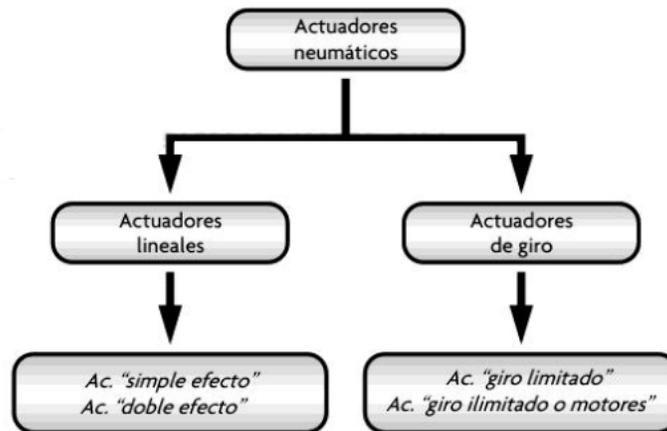
- ❖ Por el tipo de energía utilizada: Actuador neumático, hidráulico y eléctrico.



**Figura 2.20** Tipos de actuadores

**Fuente:** Sensores y Actuadores: Aplicaciones con arduino, 2014

❖ Por el tipo de movimiento que generan: Actuador lineal y rotatorio.



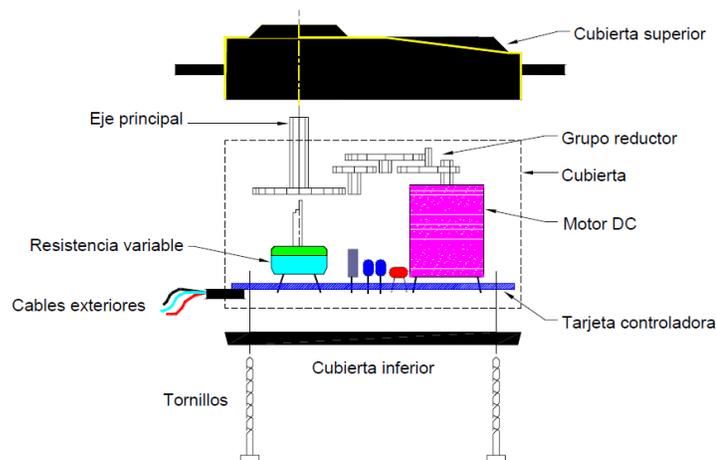
**Figura 2.21** Actuadores según su movimiento

**Fuente:** Sensores y Actuadores: Aplicaciones con arduino, 2014

## a) **SERVOMOTORES**

El servomotor es un dispositivo electrónico que posee un eje controlado. Este puede llevarse a una posición específica y mantenerse dependiendo de la señal de control que se le ingrese en torno a un rango de operación.

El servomotor consta de un conversor de ancho de pulso a voltaje, un amplificador de error, una resistencia variable (potenciómetro) que está conectada al eje principal del motor, engranajes y un motor de corriente directa DC.



**Figura 2.22** Componentes de un Servomotor

**Fuente:** Naylampmechatronics, 2014

Existen servomotores para todo tipo de usos. En la industria, la robótica, en el interior de las impresoras, máquinas CNC, etc. Se pueden clasificar en dos tipos:

- ❖ **Servomotores industriales:** Son accionadores físico-eléctricos que disponen de sensores de posición y velocidad, así como de algoritmos de control PID (Proporcional Integral Derivativo), lo que permite llevar el motor a su posición de forma rápida.

Los servomotores industriales operan tanto en DC como en AC (monofásico o trifásico)



**Figura 2.23** Servomotores industriales

**Fuente:** PanamaHitek, 2014

- ❖ Servomotores de modernismo: Son servomotores de bajo consumo, operan a voltajes bajos en corriente continua, usualmente entre 4 y 6 voltios.

Los servomotores de modelismo utilizan motores de corriente continua y detección de posiciones a través de un potenciómetro, también utilizan un control de gran potencia, lo que significa que el motor se mueve a la velocidad máxima hasta que se detiene en la posición designada.



**Figura 2.24** Servomotores de modernismo

**Fuente:** Zonamaker, 2013

De la misma forma, también se pueden clasificar según sus características de rotación:

- ❖ Servomotores de rango de giro limitado: Son el tipo más común de servomotor. Permiten una rotación de 180 grados, por lo cual son incapaces de completar una vuelta completa.
- ❖ Servomotores de rotación continua: Se caracterizan por ser capaces de girar 360 grados, es decir, una rotación completa. Su funcionamiento es similar al de un motor convencional, pero con las características propias de un servo. Esto quiere decir que podemos controlar su posición y velocidad de giro en un momento dado.

Los servomotores de rango de giro limitado se pueden adecuar para que funcionen como servomotores de rotación continua. Sin embargo, si requerimos un servo de 360 grados es mejor comprar uno que haya sido diseñado para este tipo de uso. (González, 2016)

## **FUNCIONAMIENTO DE UN SERVOMOTOR**

Para la ubicación del servomotor en un punto deseado, éste utiliza un sistema de control interno que mediante una señal externa obtendrá el punto de referencia requerido.

La señal con la cual se realiza el control de posición es de tipo cuadrada con un periodo fijo.

La variación del ancho de pulso de esta señal será la encargada de modificar el ángulo de posición, a medida que se incremente su ancho de pulso ubicará el motor en un ángulo mayor.

Un potenciómetro conectado por un costado directamente al eje principal del servo y por el otro al amplificador de error, permite supervisar el ángulo o estado actual del servomotor, ya que al rotar el servomotor el potenciómetro también lo hará y esto indicará un valor en voltaje en una de las entradas del amplificador (Pérez, 2011).

El servomotor contiene tres cables, a diferencia de los motores tradicionales que solo tienen dos. Estos cables, casi siempre tienen los mismos colores por lo que son fácilmente reconocible.

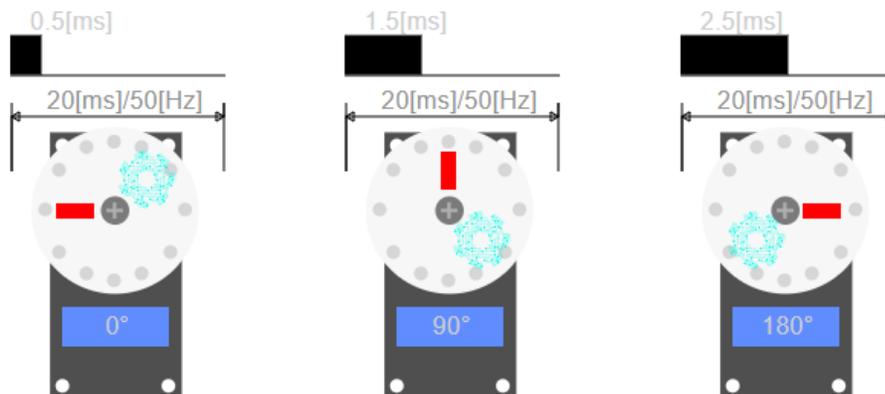
Voltaje positivo	Tierra (ground)	Señal de control

**Tabla 2.3** Colores comunes de los cables de un servomotor

**Fuente:** PanamaHitek, 2014

La frecuencia utilizada para enviar la secuencia de pulsos al servomotor es de 50 Hz, lo que significa que cada ciclo tiene una duración de 20 milisegundos. Estas duraciones de cada pulso se interpretan como comandos de posicionamiento del motor, mientras que los espacios entre cada pulso se desprecian.

En general, un pulso entre 0.5-1.0 ms corresponde a 0°, un pulso de 1.5 ms corresponde a 90° y un pulso entre 2.0-2.5 ms corresponde a 180°.



**Figura 2.25** Pulsos por grado del Servo

**Fuente:** Mecatronicalatam, 2013

Debido a la variedad de marcas de servomotores existen pequeñas diferencias entre la duración de ciclos, colores para identificar los cables entre otras, al momento de escoger un servomotor, interfiere bastante el tipo de material sobre el que se aplicará.

Para la presente tesis se decidió el uso del servomotor MG90S, servomotor que se detalla a continuación:

El servomotor MG90S es un micro servo fabricado por Tower Pro, tiene el mismo tamaño que el servo S90G, con la primordial diferencia que tiene gran torque en relación a su tamaño ya que cuenta con engranajes metálicos. Es capaz de girar 180° (90 grados en cada dirección) y con funcionamiento similar a un servomotor estándar y es compatible con la mayoría de microcontroladores y sistemas de radio control comercial. Es ideal para aplicaciones en donde la resistencia del mecanismo y el torque tienen mayor relevancia.

El micro servo MG90S tiene un conector universal tipo “S” que encaja perfectamente en la mayoría de los receptores de radio control incluyendo los Futaba, JR, GWS, Cirrus, Hitec y otros.

Cuenta con 3 pines de conexión: Señal (cable naranja), VCC (cable rojo), GND (cable marrón). La señal se conecta a un pin digital del microcontrolador. VCC a 5V y GND a GND del microcontrolador respectivamente.



**Figura 2.26** Micro Servo MG90S

**Fuente:** Tecmikro, 2015

Las especificaciones del Micro Servo MG90S las podemos observar en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	VALORES
Voltaje de operación	4.8V - 6V
Velocidad de operación	0.1s/60° (4.8V)
	0.08s/60° (6V)
Torque detenido	1.8 kgf*cm (4.8V)
	2.2 kgf*cm (6V)
Banda muerta	5μs

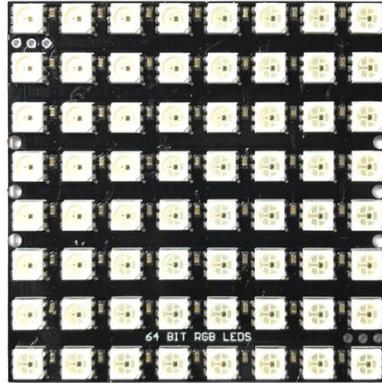
**Tabla 2.4** Especificaciones técnicas del Micro Servo MG90S

**Fuente:** Elaboración propia

**b) MATRIZ LED 8\*8 WS2812 NEOPIXEL**

La matriz de LED es un arreglo de 64 LEDs tipo 5050 RGB – NeoPixel, basada en el controlador WS2812B, el cual le permite con un solo pin de datos, controlar los 64 píxeles de manera individual. Cada píxel puede alcanzar 256 niveles de pantalla de brillo a una frecuencia de escaneo a 400 Hz a un consumo de 18mA de corriente constante por cada LED. Cuenta con dos pines de alimentación (VCC y GND) y un pin de datos: DIN el cual se conecta a un pin digital del microcontrolador para programar su funcionamiento y DOUT por si se desea conectar más de una

matriz en cascada. Para poder utilizarlo se debe conectar a un microcontrolador el cual tenga un oscilador de 8 MHz como mínimo.



**Figura 2.27** Matriz 8\*8 RGB WS2812

**Fuente:** 333ohms, 2016

**c) *MÓDULO BLUETOOTH***

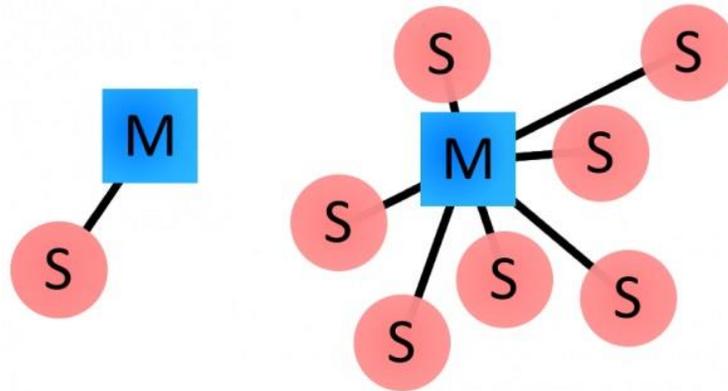
El módulo Bluetooth es un dispositivo que permite generar comunicación inalámbrica entre un dispositivo maestro y otro esclavo. Trabaja a través del protocolo UART y genera comunicación bidireccional, lo que significa que puede enviar y recibir información.

En el mercado existen diferentes modelos de bluetooth, entre los más conocidos se encuentran: HC-05, HC-06, HC-08 y HM-10.

Los bluetooth HC-05 y HC-06 trabajan bajo la versión de Bluetooth 3.0, en tanto que HC-08 y HM-10 trabajan con la versión 4.0.

Dependiendo el modelo del bluetooth puede actuar como esclavo o como dispositivo maestro. La diferencia primordial entre esclavo y maestro radica en que cuando es configurado como esclavo, solo puede conectarse a un dispositivo maestro, en cambio cuando es configurado como maestro, puede conectarse a varios esclavos o permitir que ellos se conecten, recibir y

solicitar información de cada dispositivo arbitrariamente, tomando como máximo la conexión de 7 esclavos.



**Figura 2.28** Diferencia entre dispositivo maestro y esclavo

**Fuente:** Prometec, 2014

### **BLUETOOTH HC-05**

Es un dispositivo Maestro-Eslavo, lo que significa que tiene dos tipos de configuraciones, por defecto viene como esclavo, pero también, se puede configurarlo como maestro. Se conecta a un microcontrolador a través de comunicación serial. Cuenta con un regulador de 3.3V, el cual permite alimentar la placa de 3.3V a 6V. Es compatible con Arduino, nodemcu, pic, Raspberry Pi, Esp32, Stm32 y cualquier placa que admite manejo de protocolo UART.

Este módulo es compatible con dispositivos Android debido a la versión de bluetooth que maneja, pero no es compatible con iPhone debido a que iPhone utiliza bluetooth V4.0 BLE.

El módulo cuenta con un pulsador que permite dar acceso a los comandos AT (comandos de configuración del módulo) de manera simple y sencilla.

Cuenta con 6 pines de conexión entre los cuales tenemos:

- TX: Permite la transmisión de información.
- RX: Permite la recepción de información.
- VCC/+5V: Pin de alimentación por donde se puede conectar de 3.3V a 6V.
- GND: Pin de conexión con tierra o masa.
- KEY: Pin de conexión de acceso directo a comandos AT.
- STATE: Pin de referencia que nos indica el modo AT de trabajo.



**Figura 2.29** Módulo bluetooth HC-05

**Fuente:** Naylampmechatronics, 2014

Las especificaciones técnicas del módulo bluetooth HC-05 podemos verlo en la siguiente tabla:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORES</b>
Voltaje de alimentación	<i>3.3V a 6V</i>
Consumo de corriente	<i>50 mA</i>
Bluetooth	<i>V3.0 + EDR</i>
Frecuencia	<i>Banda ISM 2,4 GHz</i>
Temperatura de trabajo	<i>-25°C - 75°C</i>
Alcance	<i>10 metros</i>
Interfaz de comunicación	<i>Serial TTL</i>
Velocidad de transmisión	<i>1200 bps - 1,3Mbps</i>
Potencia de transmisión	<i>4dBm, Class 2</i>

**Tabla 2.5** Características HC-05

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.11.4 SHIELD

Las shields (escudos) son placas de circuitos modulares que se montan encima las placas arduino para poder otorgarle una funcionalidad extra, son placas que se apilan sobre el arduino o sobre otro shield, de forma que nos permite ampliar el hardware/capacidades del microcontrolador.

Se pueden comunicar con Arduino a través de los pines digitales, analógicos o por algún protocolo de comunicación: I2C, SPI o UART, y son alimentados desde los pines de alimentación de 5V y GND, dependiendo la funcionalidad y tipo de conexión de la shield, puede deshabilitar algunos pines de las placas arduino.



**Figura 2.30** Shields para Arduino

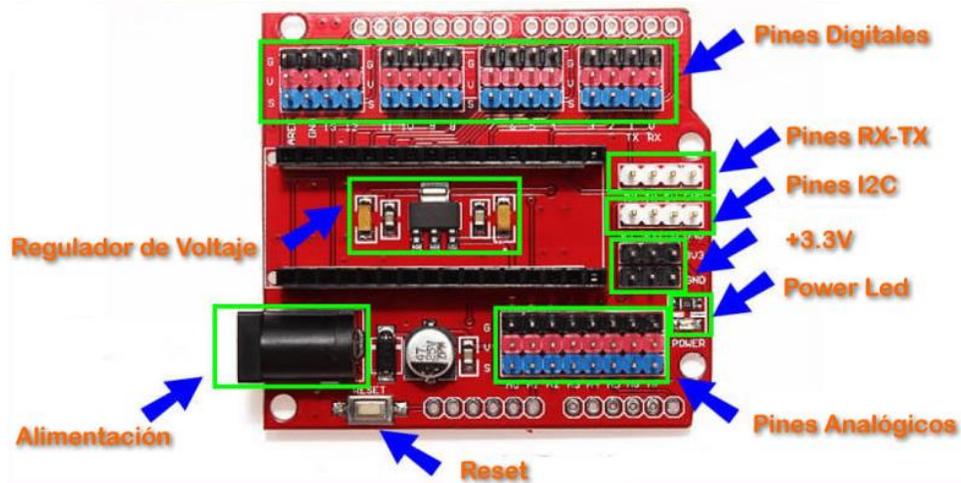
**Fuente:** Naylampmechatronics, 2014

a) **SHIELD ARDUINO NANO V3.0**

Es un módulo que sirve como expansión de I/O (entradas y salidas) y facilita el uso del Arduino Nano V3 cuando se necesita más pines o para asegurar las conexiones.

Esta shield utiliza la configuración 3P, la cual expande a 3 pines (Señal, 5V y GND) cada pin de entrada/salida del microcontrolador, facilitando así la conexión de servomotores y sensores.

Incluye un regulador de 3.3V y salida a 1 amperio y al igual que una placa arduino nano V3, se puede conectar una alimentación máxima de 12V.



**Figura 2.31** Especificaciones Shield Arduino Nano V3

**Fuente:** Proyectos con arduino, 2015

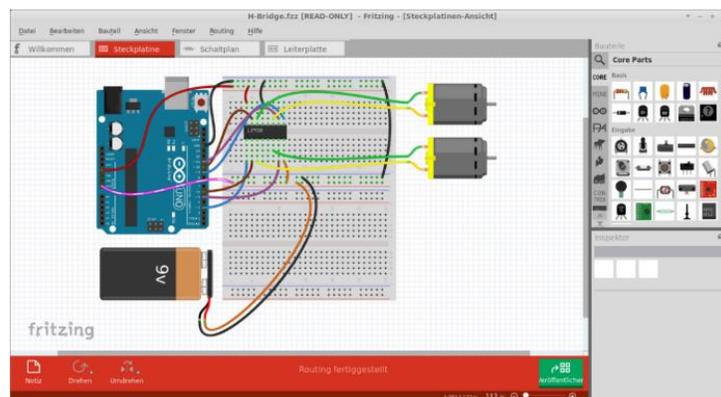
## 2.12 HERRAMIENTAS SOFTWARE

Para la presente tesis se aplicaron diferentes programas de software que permitieron el correcto desarrollo del robot, estos paquetes informáticos se detallan a continuación.

### 2.12.1 FRITZING

Es un programa creado bajo los principios de Processing y Arduino, es decir, Open Source que permite el diseño de circuitos electrónicos, el cual tiene como finalidad ayudar a diseñadores y artistas para que puedan pasar de prototipo a productos finales, ya que tiene la facilidad de generar el esquemático a PCB.

En la presente tesis se emplea fritzing para el diseño gráfico y esquemático guía de todas las conexiones del robot.



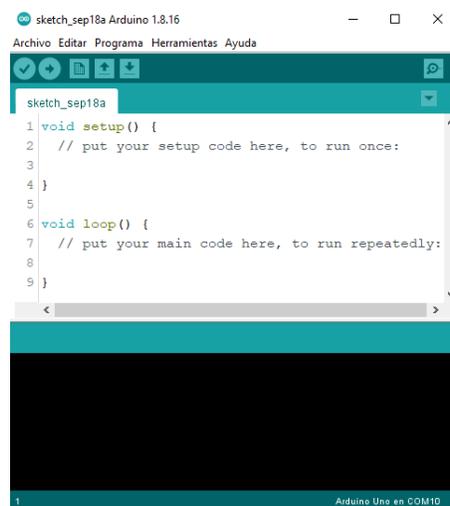
**Figura 2.32** Interfaz de Fritzing

**Fuente:** Wikidata, 2012

### 2.12.2 ARDUINO IDE

Es un programa de software libre el cual permite programar todas las placas arduino existentes en el mercado, es multiplataforma ya que puede ser instalado en Windows, MAC y Linux. A la fecha de la presente tesis se encuentra en su versión 1.8.15 y para ser descargada se debe ingresar directamente a la página oficial de arduino a través del siguiente link: <https://www.arduino.cc/en/software>.

A través de arduino IDE se realizó la programación del robot empleando C++ y realizando todas las instrucciones específicas que realizará cada arduino (Nano V3 y Nano Every).



**Figura 2.33** Interfaz IDE Arduino

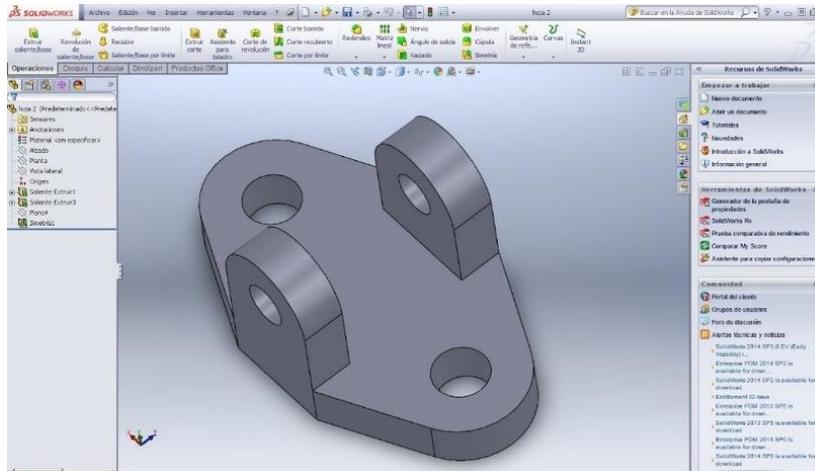
**Fuente:** Arduino, 2015

### 2.12.3 SOLIDWORKS

Es un programa con licencia, de tecnología CAD (Computer Aided Design – Diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D, así como también, planos en 2D. El software ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el desarrollo del producto final. Solidworks permite crear, diseñar, simular y fabricar diferentes tipos de piezas.

Para poder adquirirlo, se debe realizar la compra de la licencia a través de su página oficial a través del siguiente link: <https://www.solidworks.com/es/how-to-buy>.

Se empleó SolidWorks para el modelado e impresión del cuerpo del robot, logrando así, las dimensiones correctas de trabajo y donde se fijará todo el circuito electrónico.



**Figura 2.34** Interfaz de SolidWorks

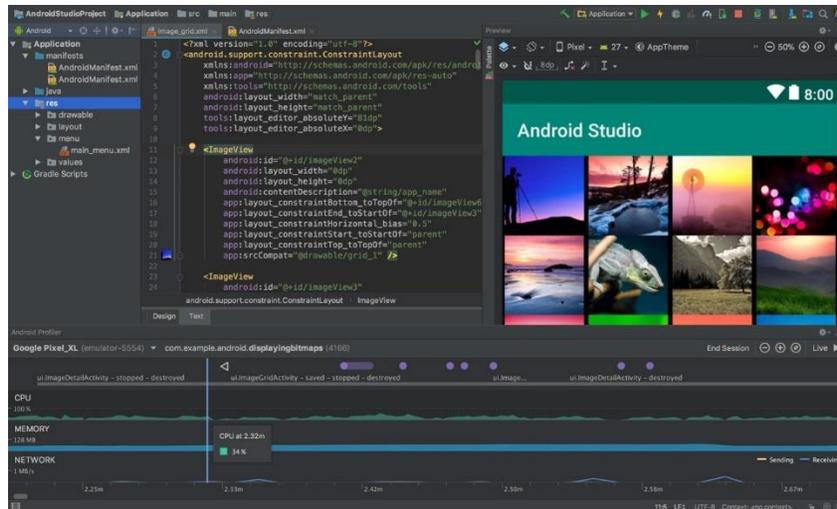
**Fuente:** Simulación con SolidWorks, 2014

## 2.12.4 ANDROID STUDIO

Es el programa oficial de Google para la creación de aplicaciones de la plataforma Android, se encuentra basado en el software IntelliJ IDEA de JetBrains y de distribución gratuita. Para la creación de aplicaciones emplea el lenguaje de programación Kotlin, pero también puede ser programado con Java y C++.

Es un programa multiplataforma por lo cual, es compatible con Windows, MAC y Linux, y la última versión estable es la v. 3.1 lanzada en 2020. La descarga del programa se puede realizar directamente de su página oficial a través del siguiente link: <https://developer.android.com/studio?hl=es-419&gclid=ds&gclid=ds>.

Se utilizó Android Studio para desarrollar la aplicación móvil que se comunicará con el robot a través de comunicación inalámbrica con un módulo bluetooth HC-05.



**Figura 2.35** Interfaz Android Studio

**Fuente:** Android developers, 2018

## 2.13 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Un protocolo de comunicación es un sistema de reglas que permiten que dos o más dispositivos se conecten entre sí y puedan realizar el envío de datos.

Los microcontroladores que actualmente existen en el mercado, son compatibles con diferentes protocolos de comunicación entre los cuales se encuentran: UART, USART, DIO, SDIO, PWM, SPI, PIO, I2C e I2S.

Los protocolos de trabajo más conocidos y utilizados son: UART, I2C y SPI.

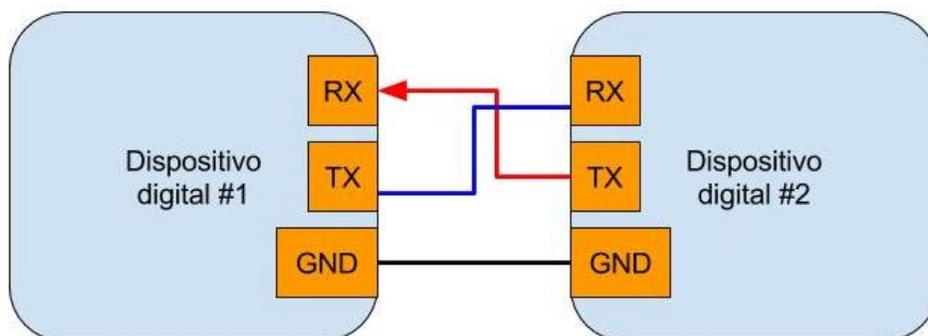
### 2.13.1 PROTOCOLO UART

Por sus siglas en inglés (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) es un Transmisor-Receptor Asíncrono Universal, por lo cual, no requiere una señal de reloj. Realiza la comunicación a través de puerto serie, empleando 4 pines de conexión: TX, RX, VCC y GND, donde, 2 son de comunicación y 2 de alimentación:

- TX: Permite el envío de información y conecta con RX del dispositivo destino
- RX: Permite la recepción de información y se conecta con TX del dispositivo destino.
- VCC: Es el pin de alimentación y según el módulo de trabajo se conecta a 3.3v o 5v.
- GND: Es el pin de masa o tierra y se conecta al GND del dispositivo destino.

Cuando se emplea este protocolo. se debe configurar algunos parámetros entre ambos dispositivos a comunicarse, de lo contrario, existirá una falla en la comunicación, dichos parámetros a configurar son los siguientes:

- **Velocidad de transmisión.** Se expresa en baudios por segundo y es la cantidad de bits que se transmiten en un segundo.
- **Bits de parada.** La cantidad de bits que le indican al receptor que la transmisión del paquete ha terminado.
- **Bit de paridad.** Se usa para determinar si hubo error en la transmisión. Es una forma sencilla de verificación de errores, su valor puede ser: Par, impar o sin bit de paridad.



**Figura 2.36** Conexión UART

**Fuente:** Hetpro, 2016

La comunicación se realiza de TX a RX y de RX a TX debido a que mientras el dispositivo digital 1 envía la información, el dispositivo 2 debe estar a la espera de recibir dichos datos, y cuando el dispositivo 2 envía los datos, el dispositivo 1 se queda atento a la recepción.

En la presente tesis se emplea el uso de este protocolo para comunicar el módulo bluetooth con la placa Arduino Nano V3 y así poder tener comunicación inalámbrica entre el robot y un smartphone.

### **2.13.2 PROTOCOLO I2C**

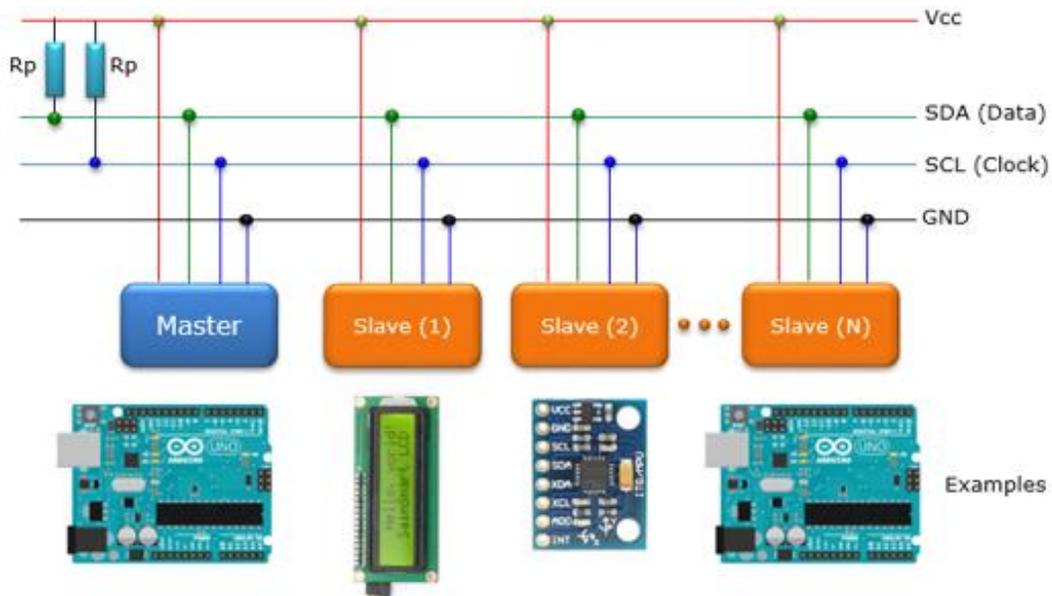
Por sus siglas en inglés (*Inter-Integrated Circuit*) es un protocolo de comunicación serial síncrono, lo que significa que usa una señal de reloj. Solo requiere de 4 pines de conexión de los cuales 2 son de comunicación y 2 de alimentación:

- SDA: Señal de datos.
- SCL: Señal de reloj.
- VCC: Es el pin de alimentación y según el módulo de trabajo se conecta a 3.3v o 5v.
- GND: Es el pin de masa o tierra y se conecta al GND del dispositivo maestro.

A diferencia del protocolo UART donde un dispositivo puede ser emisor y receptor al mismo tiempo, en este caso solo puede existir un maestro y varios esclavos y el dispositivo maestro es el que inicia la comunicación.

Este protocolo puede trabajar en forma de bus, donde, los dispositivos esclavos se conectan a las mismas líneas para intercambiar datos, cada dispositivo conectado, presenta una dirección hexadecimal que lo diferencia dentro del bus. Una consideración muy importante de este protocolo

es que trabaja en modo half dúplex, es decir, que la comunicación va en una sola dirección en cada momento.



**Figura 2.37** Conexión I2C Maestro/Esclavo

**Fuente:** Microcontroladores, 2011

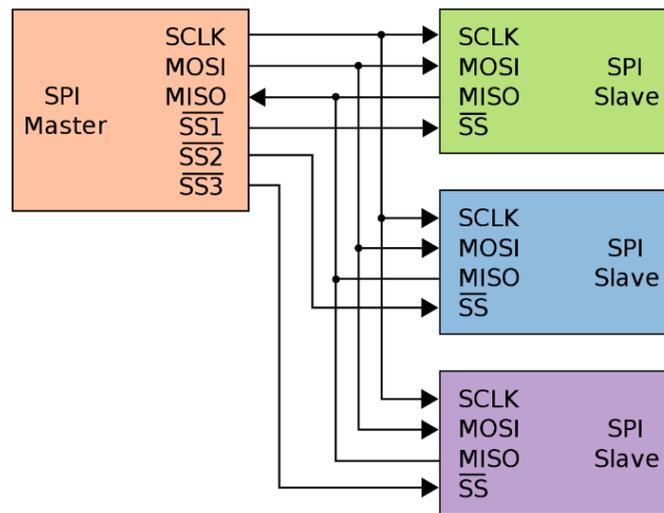
En la presente tesis se emplea el uso del protocolo I2C para comunicar el arduino Nano v3 (Maestro) con el arduino Nano Every (Esclavo) y así indicar al dispositivo esclavo, las acciones a realizar cuando llegue un dato desde el smartphone a través de bluetooth al dispositivo maestro.

### 2.13.3 PROTOCOLO SPI

Por sus siglas en inglés (*Serial Peripheral Internet*) es un protocolo de comunicación serial síncrono, maneja dos líneas para la transferencia de datos, lo cual permite que trabaje como full dúplex, es decir, puede enviar y recibir datos al mismo tiempo. Los dispositivos pueden conectarse al bus de datos al igual que en el protocolo I2C, con la diferencia que en SPI no se maneja la dirección del dispositivo en hexadecimal, sino que cuenta con un pin de conexión llamado SS

(Slave Select), el cual permite indicar al dispositivo esclavo cuando debe enviar información. Requiere de 6 pines de conexión de los cuales 4 son de comunicación y 2 de alimentación:

- MISO (Master In Slave Out): Es la línea que usa el dispositivo esclavo para enviar datos al dispositivo maestro.
- MOSI (Master Out Slave In): Es la línea que usa el dispositivo maestro para enviar datos al dispositivo esclavo.
- SCK (Serial Clock): Señal de reloj para la sincronización de la comunicación.
- SS (Slave Select): Es la línea que indica cuando el dispositivo maestro quiere comunicarse con el dispositivo esclavo.
- VCC: Es el pin de alimentación y según el módulo de trabajo se conecta a 3.3v o 5v.
- GND: Es el pin de masa o tierra y se conecta al GND del dispositivo maestro.

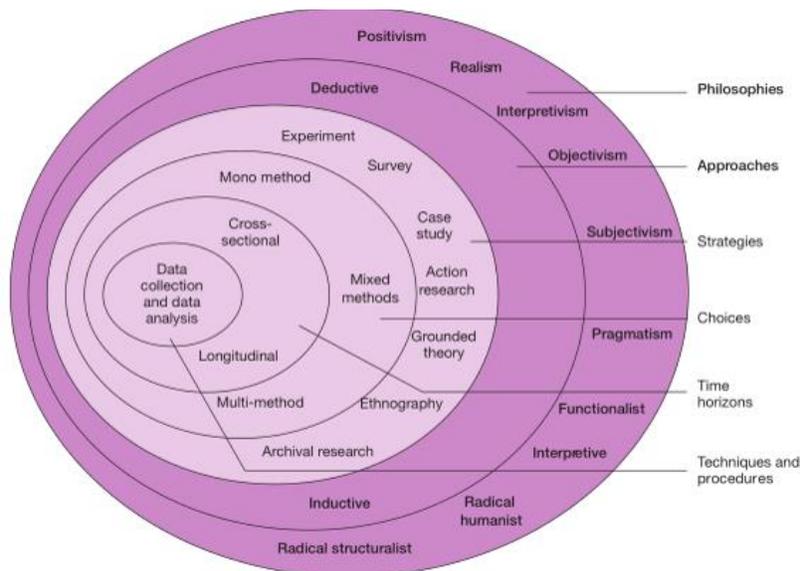


**Figura 2.38** Conexión SPI Maestro/Esclavo

**Fuente:** Wikipedia, 2015

## 2.14 METODOLOGÍA RESEARCH ONION

El presente trabajo se basará en el tipo de investigación de tipo descriptiva. La metodología a usar será “Research Onion”, la cual está diseñada para crear una metodología mejor organizada ya que permitirá dar una descripción más detallada de las etapas que se cumplirán con el proceso de investigación (Thesismind, 2019).



**Figura 2.39** Estructura de la metodología Research Onion

**Fuente:** Saunders et al. (2019 p.102)

Esta metodología se compone por 6 capas principales las cuales son:

### 2.14.1 FILOSOFÍA (PHILOSOPHY)

Se refiere al conjunto de creencias sobre la naturaleza de la realidad que se investiga. Suele estudiarse en términos de ontología y epistemología.

La ontología se refiere a la autenticidad de la información y cómo se entiende su existencia.

La epistemología se refiere a la información válida requerida para la investigación y cómo se puede obtener.

Las posiciones filosóficas utilizadas se dividen en: Positivismo e interpretativismo, donde el positivismo asume que el conocimiento es independiente del tema que se está estudiando, y el interpretativismo afirma que los observadores individuales tienen su propia percepción y comprensión de la realidad. Esto sustenta el debate cualitativo versus cuantitativo (Stainton, 2020).

### 2.14.2 ENFOQUE (APPROACH)

Se refiere al enfoque que adopta el investigador, que en gran medida puede describirse como inductivo o deductivo. El enfoque deductivo comienza con el desarrollo de una hipótesis específica basada en la revisión de la literatura que ha sido observada por el investigador, y gradualmente trata de probar esta hipótesis y verificar si se cumple en contextos particulares. Por otro lado, el enfoque inductivo comienza con observaciones que el investigador usa para crear una nueva teoría (15writers, s.f.).



**Figura 2.40** Estructura del enfoque inductivo

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.14.3 ESTRATEGIA (STRATEGY)

Se refiere a cómo el investigador pretende llevar a cabo el trabajo, es decir, qué método de recopilación de datos se utilizará: Investigación de acción, investigación experimental, entrevistas, encuestas, investigación de estudios de caso o una revisión sistemática de la literatura (Stainton, 2020).



**Figura 2.41** Diseños de la capa de estrategia

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.14.4 ELECCIONES DE MÉTODOS (CHOICES OF METHODS)

Las elecciones de métodos incluyen: El método mono, el método mixto y el método múltiple:

- ❖ El método mono comprende solo un método para el estudio.
- ❖ El método mixto se basa en el uso de dos o más métodos de investigación y comúnmente se refiere al uso de metodología cualitativa y cuantitativa.

- ❖ El método múltiple utiliza una selección más amplia de métodos (15writers, s.f.).

### **2.14.5 HORIZONTES DE TIEMPO (TIME HORIZONS)**

Se refiere al marco de tiempo dentro del cual se prevé que el proyecto se complete. Existen dos tipos de horizontes temporales: el transversal y el longitudinal.

El horizonte de tiempo transversal es cuando hay un tiempo preestablecido establecido para la recolección de datos.

El horizonte temporal longitudinal se refiere a la recopilación de datos repetidamente durante un período prolongado, por ejemplo, cuando una persona alcanza una edad diferente o estaciones diferentes a lo largo del año (Stainton, 2020).

### **2.14.6 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS (DATA COLLECTION AND ANALYSIS)**

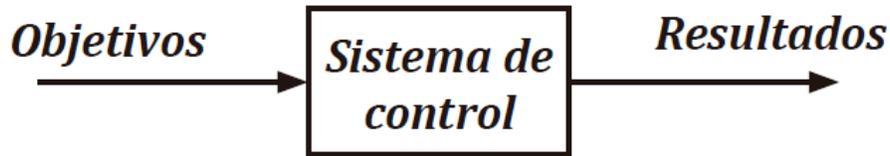
Esta es la capa final y consta de las técnicas y procedimientos utilizados. Se utiliza para explicar claramente las formas y los propósitos de la investigación realizada. En esta etapa, se espera que el investigador elija entre los datos primarios y secundarios y también entre los datos cualitativos y cuantitativos recopilados de diferentes fuentes.

Los datos se consideran la pieza central en el marco de esta metodología (15writers, s.f.).

## **2.15 SISTEMA DE CONTROL**

Un sistema de control es un conjunto de elementos que funcionan de manera concatenada para proporcionar una salida o respuesta deseada. Los componentes básicos de un sistema de control se describen por: Objetivos de control, componentes del sistema de control y resultados o

salida. Los objetivos de control se identifican como entradas o señales entrantes, los resultados son considerados las salidas o variables controladas; por lo general, el objetivo del sistema de control es controlar la salida de manera ordenada actuando los elementos de control sobre la señal de entrada (Paz, 2011).



**Figura 2.42** Componentes básicos de un sistema de control

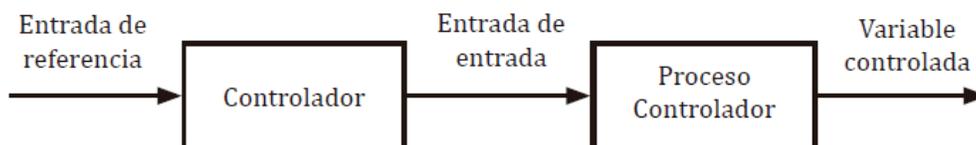
**Fuente:** Sistemas Automáticos de Control, 2011

## 2.16 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL

Los tipos de sistemas de control más comunes son los sistemas de control a lazo abierto y los sistemas de control a lazo cerrado, sistemas que se detallan a continuación:

### 2.16.1 SISTEMA DE CONTROL A LAZO ABIERTO

Un sistema de control a lazo abierto es aquel sistema en el que la salida no es afectada por la señal de entrada. La salida no se realimenta para compararla con la entrada. Los elementos de un sistema a lazo abierto usualmente están divididos en dos partes: El controlador y el proceso controlado, tal como se puede visualizar en la siguiente figura:

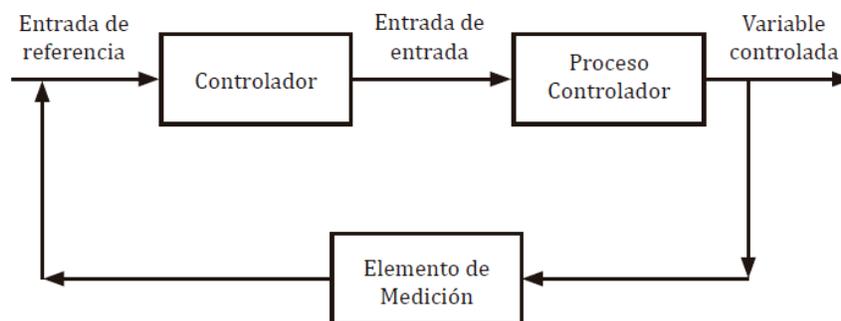


**Figura 2.43** Elementos del sistema de control a lazo abierto

**Fuente:** Sistemas Automáticos de Control, 2011

## 2.16.2 SISTEMA DE CONTROL A LAZO CERRADO

Un sistema de control a lazo cerrado es aquel sistema en el que el controlador se alimenta de la señal de error de desempeño, la cual representa la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación, con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado siempre indica una acción de control realimentado para reducir el error del sistema (Paz, 2011).



**Figura 2.44** Elementos del sistema de control a lazo cerrado

**Fuente:** Sistemas Automáticos de Control, 2011

# CAPÍTULO III

## 3. MARCO APLICATIVO

### 3.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene como finalidad, desarrollar el robot NINOBOT de apoyo para la enseñanza aprendizaje de niños autistas.

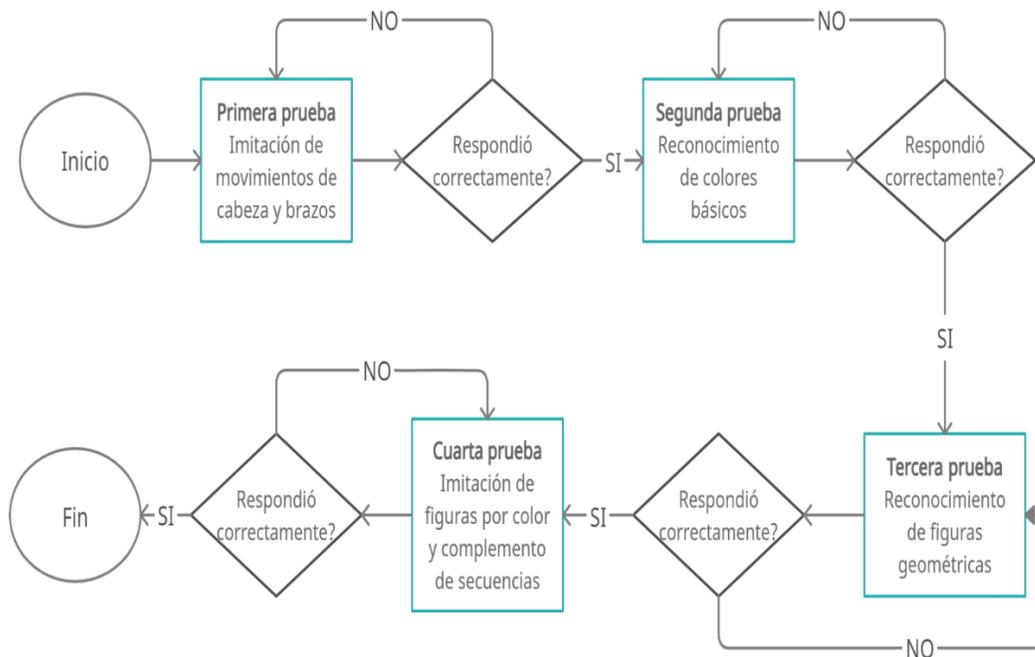
Para la recolección de información se efectuaron pruebas y test psicológicos básicos, de esta manera la investigación demuestra la eficacia del robot como apoyo en niños autistas.

El conjunto de datos obtenidos de cada prueba permitirá ver qué tan factible es emplear el robot como apoyo con los niños, esto debido a que cada prueba es realizada de manera individual.

El robot se desarrolló para generar diferentes pruebas de apoyo en la enseñanza aprendizaje a niños con TEA grado leve, empleando actuadores: Matriz de LED 8\*8 NeoPixel y Servomotores MG90S los cuales se controlan a través de comunicación inalámbrica empleando un smartphone.

Se pretende lograr una mejora en las habilidades sociales y apoyo en la asociación del lenguaje mediante test básicos y elementales.

En la siguiente figura se observa el diagrama de flujo de procesos que representa gráficamente el funcionamiento del prototipo:



**Figura 3.1** Diagrama de flujo de procesos

**Fuente:** Elaboración propia

Este prototipo es realizado con ayuda de los actuadores electrónicos, con la finalidad de tener eficiencia en la obtención de los datos plasmados.

A continuación, se describen las etapas de esta metodología para una mejor comprensión del capítulo.

### 3.2 REQUERIMIENTOS DEL ROBOT

El robot para poder ser elaborado, necesita algunos componentes de hardware que posteriormente serán integrados con programas de software para su programación y funcionamiento:

### 3.2.1 HARDWARE DE USO

Los elementos electrónicos que se utilizarán para el armado del robot, se detallan a continuación en la siguiente tabla:

COMPONENTE	CANTIDAD
Arduino Nano V3	1
Arduino Nano Every	1
Cable micro USB tipo B	1
Cable mini USB tipo B	1
Shield de expansión I/O de Arduino Nano V3	2
Módulo bluetooth HC-05	1
Matriz LED RGB 8*8 WS2812B	1
Servomotor MG90S	5
Jumpers MH 20 cm	7
Jumpers HH 20 cm	3
Pila de litio 4,2 V recargable Caffini	4
Portapilas 18650 con switch	2
Cargador de pilas 18650	2

**Tabla 3.1** Hardware del robot

**Fuente:** Elaboración propia

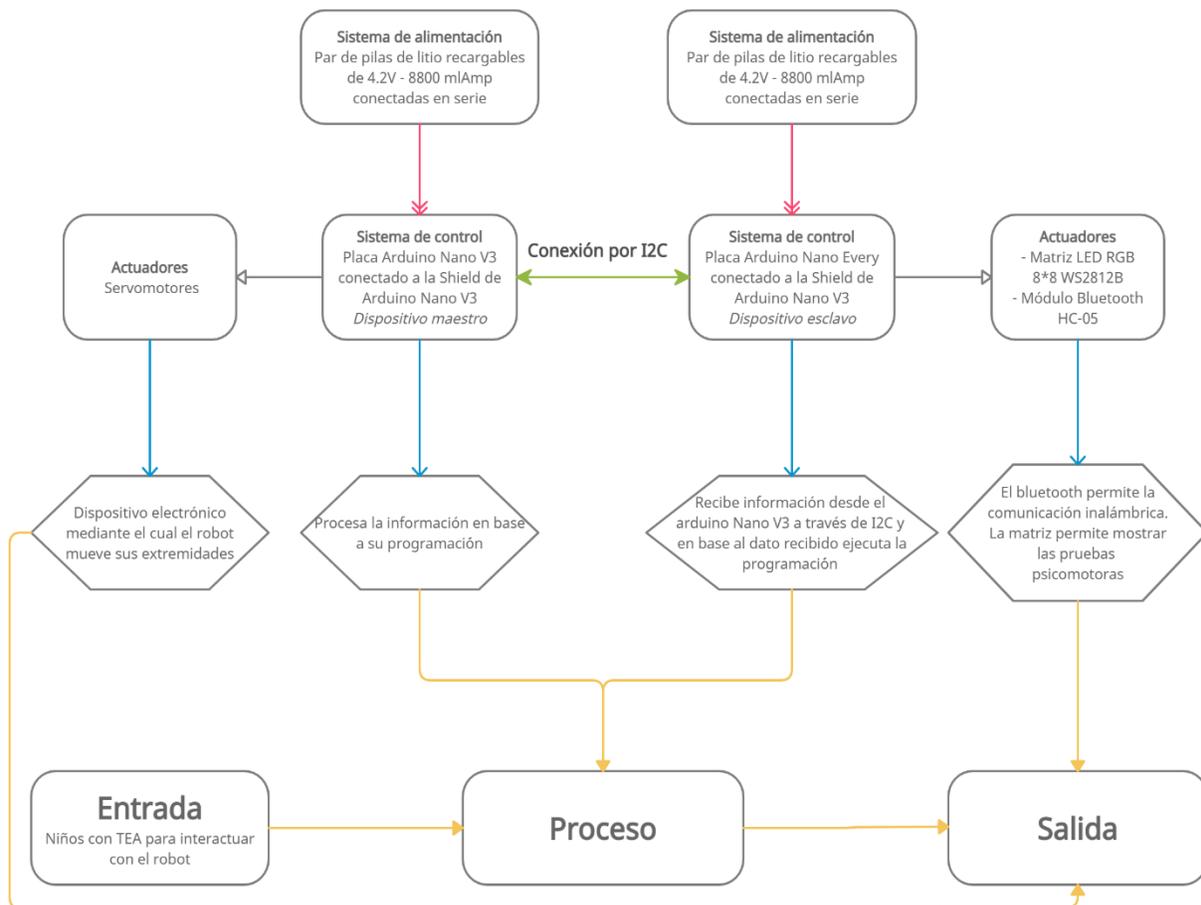
### 3.2.2 ESTRUCTURA DEL ROBOT

La estructura del robot cuenta con tres partes principales: Sistema de alimentación, sistema de control y actuadores.

- **Sistema de alimentación.** Es la parte encargada de suministrar energía al robot para que pueda funcionar y realizar todas las instrucciones programadas en un intervalo de tiempo.
- **Actuadores.** El robot cuenta con 3 actuadores: Servomotores, módulo bluetooth y matriz LED RGB. Los servomotores permiten el movimiento de las extremidades (brazos, piernas y cabeza), el bluetooth permite conectarlo de manera inalámbrica con un smartphone, Tablet, laptop o cualquier dispositivo que tenga

un bluetooth integrado, y la matriz LED RGB WS2812B permite interactuar con el niño generando las pruebas visuales de las pruebas psicomotoras.

- **Sistema de control.** Es la parte que se encarga de generar toda la programación, funciones y procesos que realizará el robot, para ello, se emplea como núcleo del sistema, un par de placas Arduino Nano y Arduino Nano Every respectivamente.



**Tabla 3.2** Estructura del robot

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.3 SOFTWARE DE TRABAJO

Los paquetes de software necesarios para la correcta elaboración del robot, se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Tecnología Backend	
PROGRAMA	DESCRIPCIÓN
Fritzing 0.9.3.b	Usado para la elaboración de circuitos de manera gráfica
SolidWorks 2021 SP4	Empleado para el modelado de la estructura del robot.
IDE arduino 1.8.x	Para la programación de sensores y actuadores que tendrá el robot
Tecnología Frontend	
PROGRAMA	DESCRIPCIÓN
Android Studio	Empleada para la creación de la aplicación móvil que se comunica con el robot de manera inalámbrica desde un smartphone.

**Tabla 3.3** Herramientas de software

**Fuente:** Elaboración propia

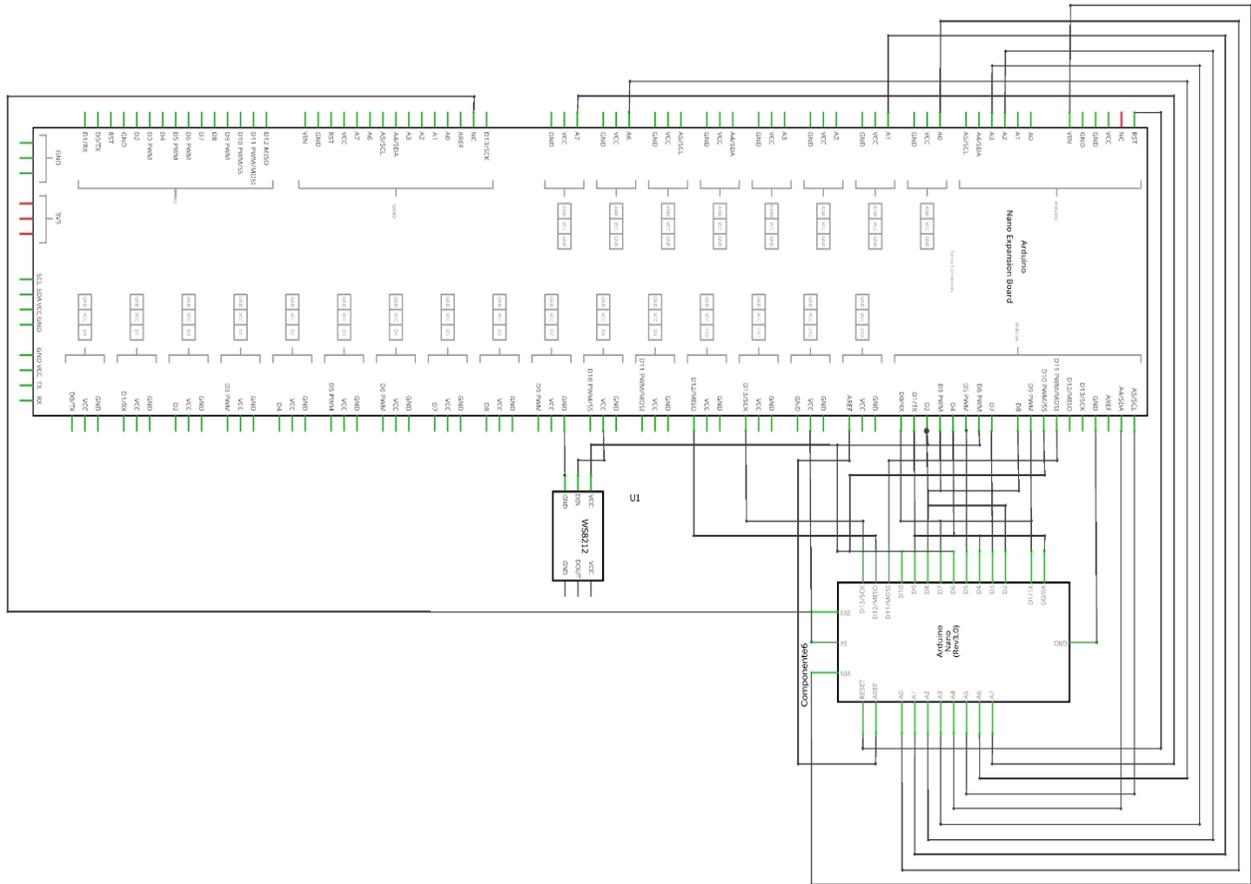
### 3.3 CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Se muestra de manera modular y conjunta como se realizan las conexiones que comprende cada elemento del robot, para así evitar malas conexiones y cortocircuitos o quemado de placas.

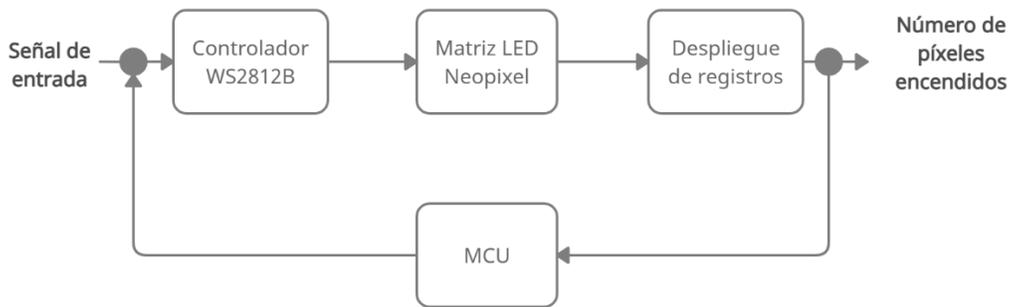
A continuación, pasamos a detallar la conexión de los componentes en el dispositivo maestro y también en el dispositivo esclavo.

#### 3.3.1 DISEÑO CIRCUITAL DE LA MATRIZ RGB 8\*8 WS2812

Este módulo cuenta con 3 pines de conexión: VCC, DIN, y GND. El VCC se conecta a V2, GND a G2 y DIN a S2 de la shield de expansión de arduino nano V3, tal como podemos observar en la siguiente figura:



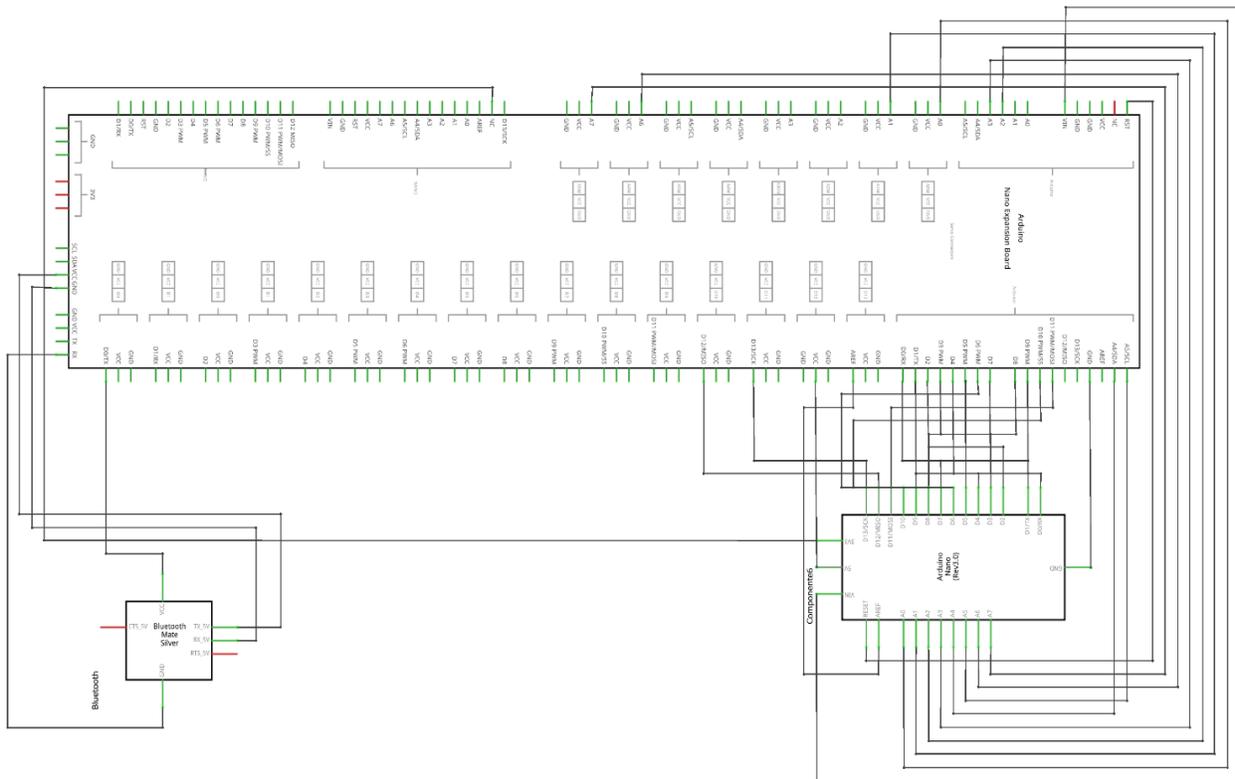
**Figura 3.2** Circuito de conexión de la matriz LED WS2812B 8x8  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.3** Diagrama de bloque de la matriz LED WS2812B 8x8  
**Fuente:** Elaboración propia

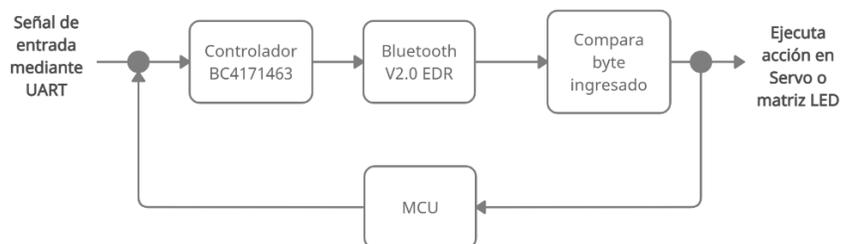
### 3.3.2 DISEÑO CIRCUITAL DE MÓDULO BLUETOOTH HC-05

El módulo Bluetooth HC-05 cuenta con 6 pines de conexión, de los cuales solo emplearemos TX, RX, VCC (+5V) y GND. TX se conecta con RX de la shield y RX con TX de la shield, VCC con 5V y GND con GND de la shield de expansión I/O de arduino nano, respectivamente, tal como podemos observar en la siguiente:



**Figura 3.4** Circuito de conexión de módulo bluetooth HC-05

**Fuente:** Elaboración propia



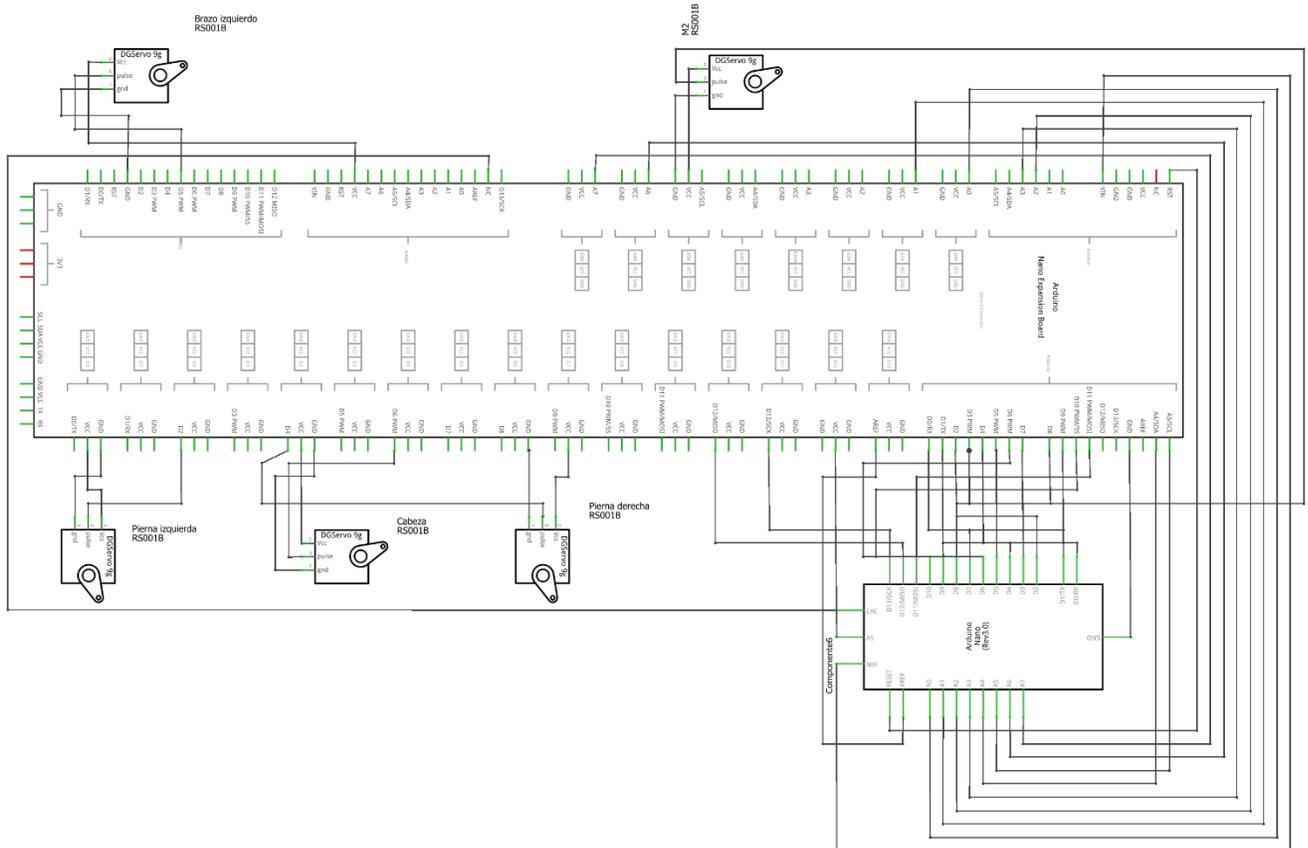
**Figura 3.5** Diagrama de bloque del módulo Bluetooth HC-05

**Fuente:** Elaboración propia

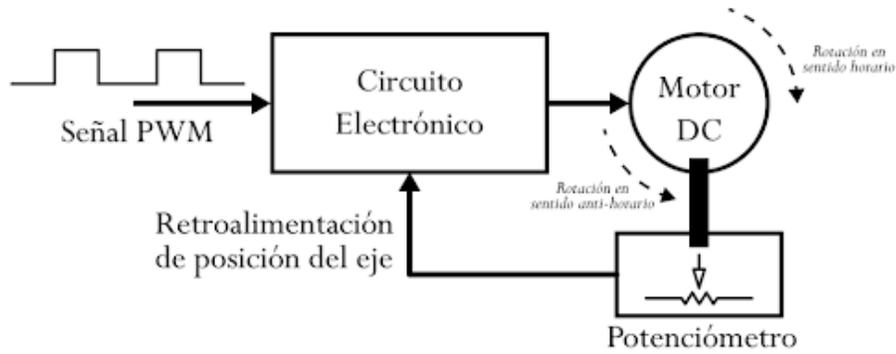
### 3.3.3 DISEÑO CIRCUITAL DE LOS SERVOMOTORES MG90S

El servomotor cuenta con 3 cables de conexión de diferentes colores: El cable marrón representa al GND, el cable rojo a VCC y el cable naranja a la señal.

Para el manejo de los servomotores el cable rojo se conecta a los pines V2, V3, V4, V5 y V6, el cable marrón a los pines G2, G3, G4 y G5; y el cable naranja a los pines S2, S3, S4, S5 y S6 de la shield de expansión I/O de arduino nano, respectivamente, tal como podemos observar en la siguiente figura:



**Figura 3.6** Circuito de conexión de los servomotores  
**Fuente:** Elaboración propia

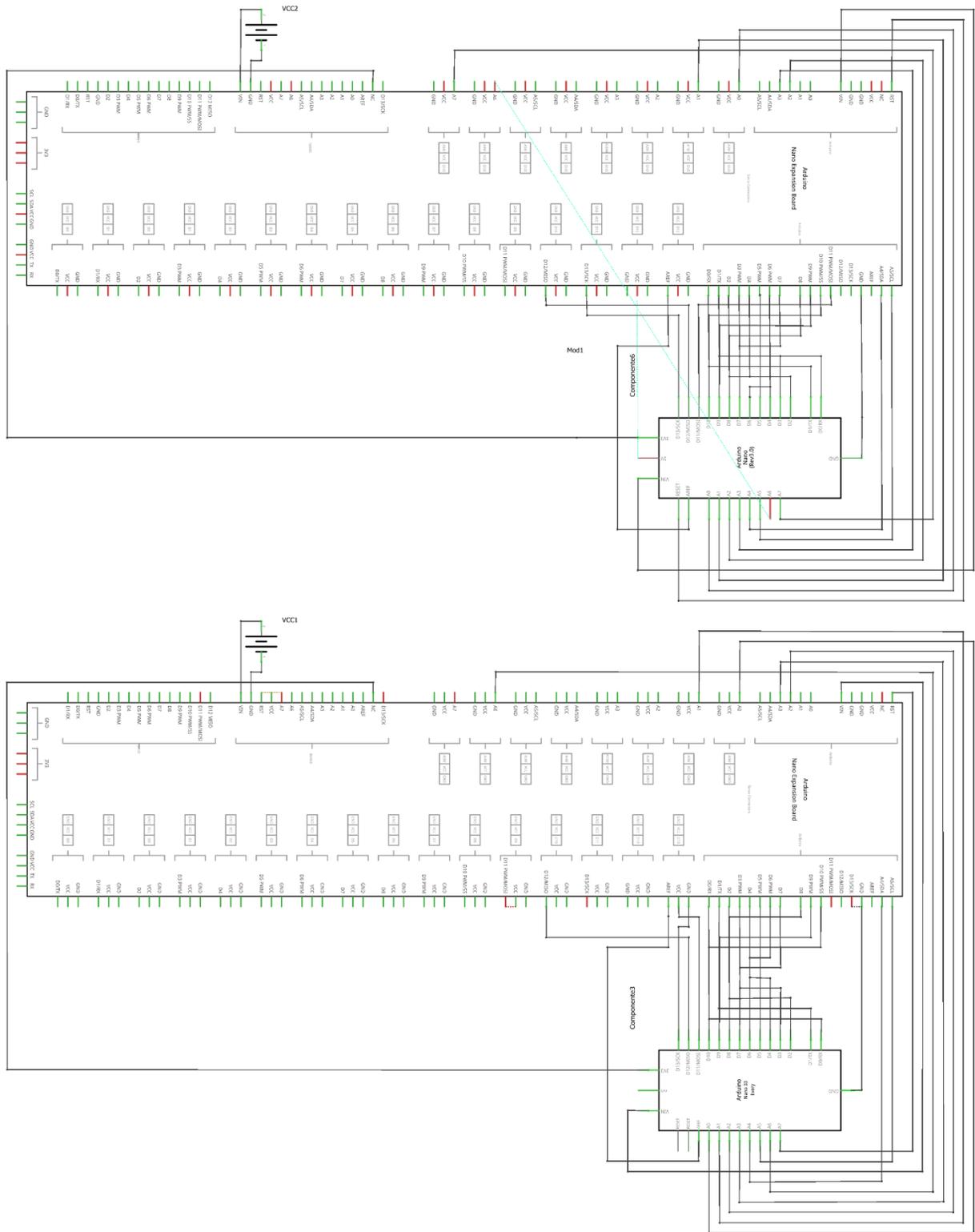


**Figura 3.7** Diagrama de bloque del servomotor

**Fuente:** PanamaHiket, 2016

### 3.3.4 DISEÑO CIRCUITAL DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación cuenta con 2 pines los cuales son VCC (+) y GND (-), VCC se conecta a VIN y GND a GND de la shield de expansión I/O de arduino nano, respectivamente, tal como podemos observar en la siguiente figura:

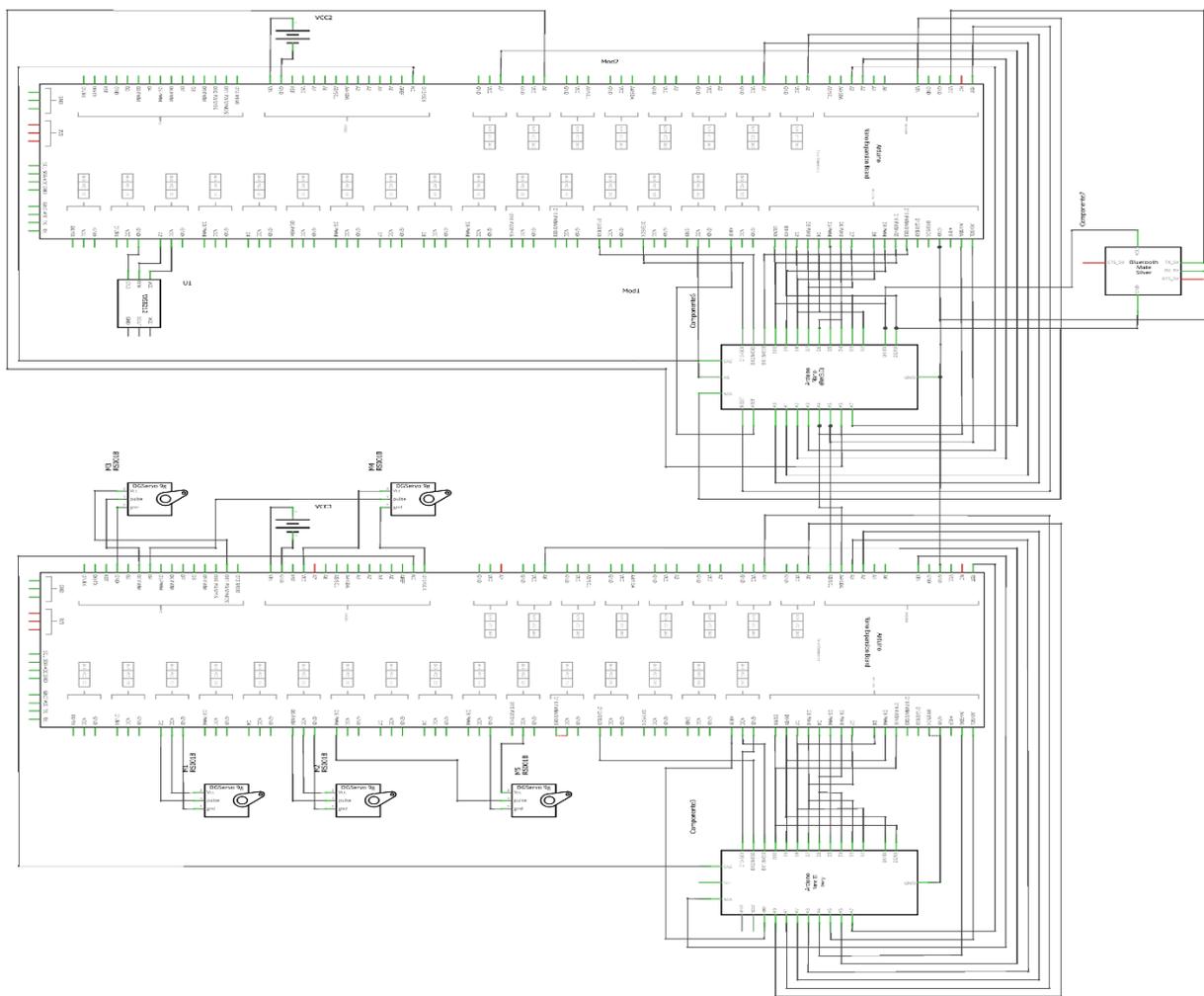


**Figura 3.8** Circuito de conexión de las fuentes de alimentación

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.5 DISEÑO GENERAL DEL CIRCUITO

En la siguiente figura se muestra el circuito general del prototipo integrado por 2 arduinos (Nano V3 y Nano Every), montados a sus Shields de expansión I/O y conectados entre sí por I2C (pines A4 y A5). En el dispositivo MAESTRO (Arduino Nano V3 con su respectiva Shield de expansión I/O) se conecta el módulo bluetooth HC-05 y la matriz LED WS2812B 8\*8. En el dispositivo ESCLAVO (Arduino Nano Every con su respectiva Shield de expansión I/O) se conecta los cinco servomotores MG90S, tal como podemos observar en la siguiente figura:

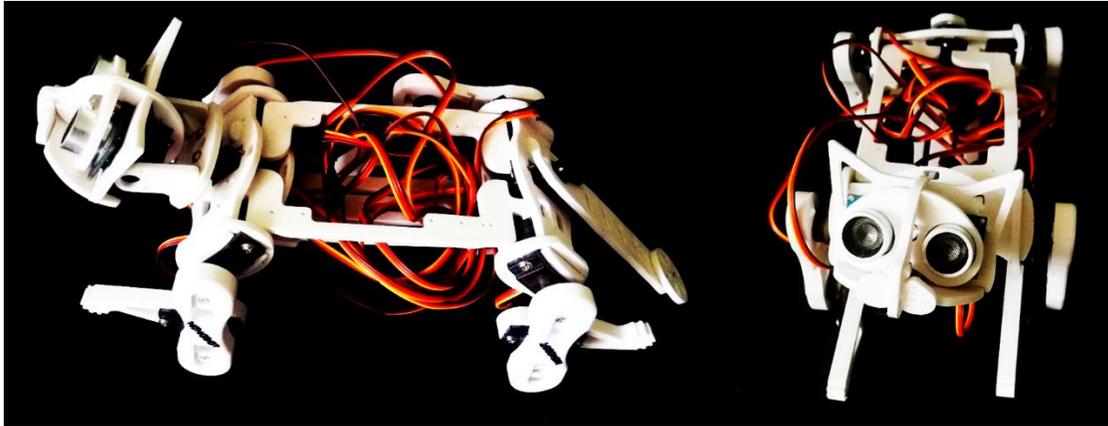


**Figura 3.9** Circuito esquemático de conexión general del sistema

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4 MODELADO DEL ROBOT

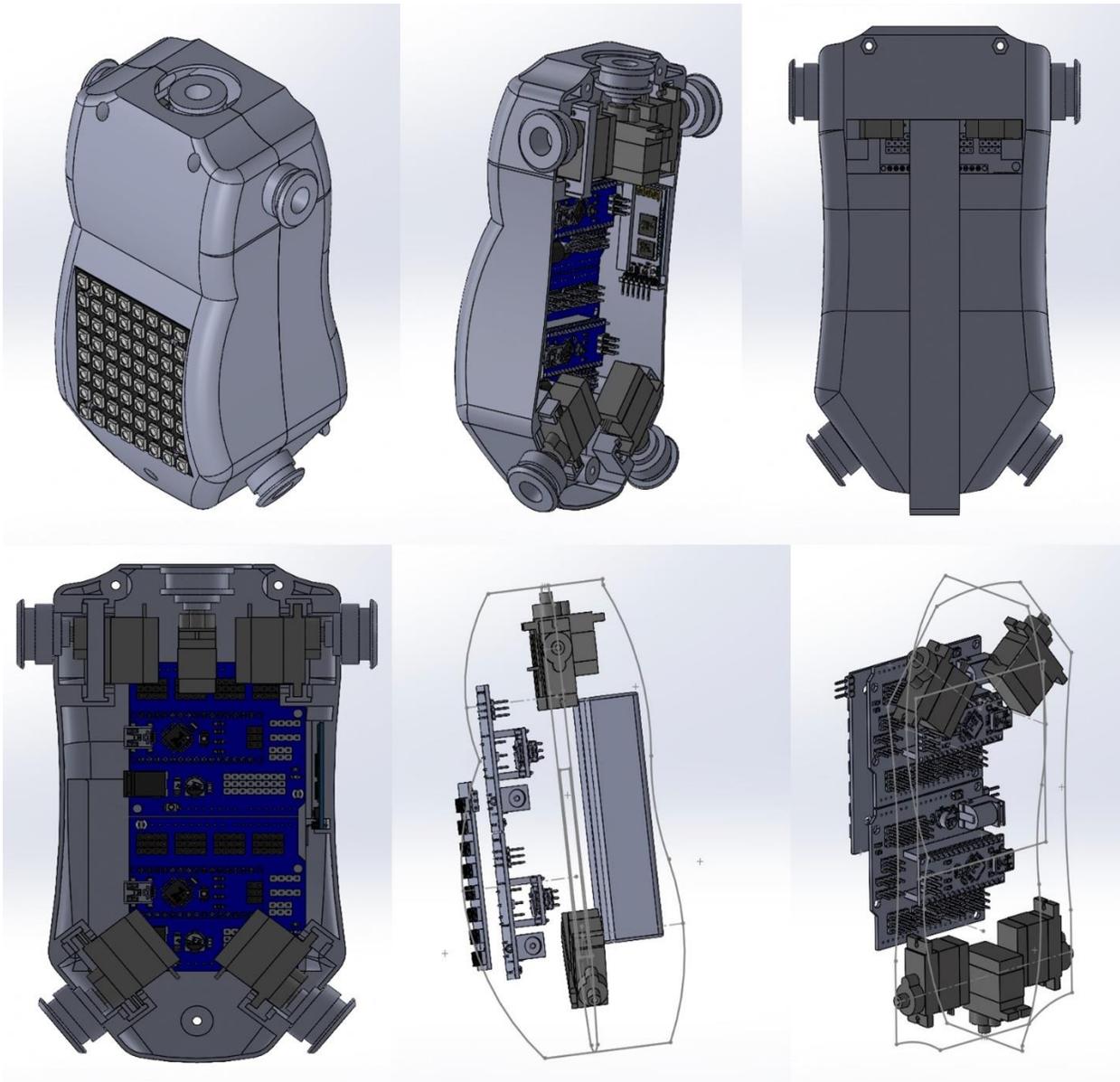
El modelado de la estructura del robot fue desarrollado en SolidWorks e impreso en PLA para tener una mayor firmeza al ensamblar las piezas. El primer prototipo fue desarrollado con estructura zoomórfica, tal como podemos observarlo a continuación:



**Figura 3.10** Primer prototipo

**Fuente:** Elaboración propia

A solicitud del psicólogo en la primera entrevista en fecha 25 de mayo de 2021 se cambió la estructura del robot de zoomórfico a humanoide, con la finalidad que los niños puedan familiarizarme mucho más con éste y así se pueda generar la interacción social para lograr así los objetivos planteados.



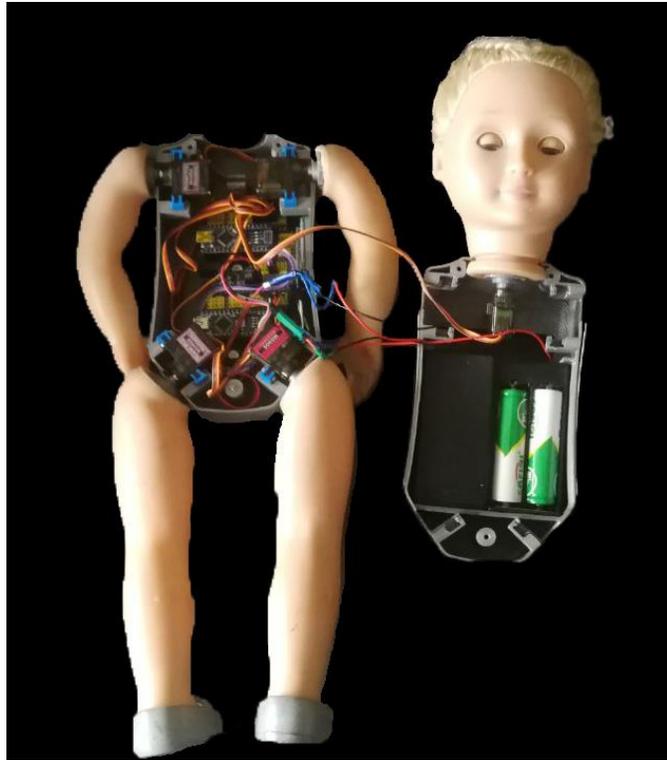
**Figura 3.11** Diseño final del robot

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5 MONTAJE DEL CIRCUITO FÍSICO

En esta sección se puede distinguir la conclusión del circuito electrónico desarrollado para realizar las pruebas respectivas.

Presentamos el circuito de muestra a continuación:



**Figura 3.12** Conexión de las partes del robot desarrollado de forma física

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.6 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS DEL ROBOT**

El manejo de robots en el área de la psicología como apoyo a niños con TEA se basa en la triada de Lorna Wing, la cual se encuentra compuesta por tres áreas: Flexibilidad cognitiva, relación corporal afectiva y juego. Para poder abarcar dichas áreas, las pruebas programadas en el robot se enfocan en dos parámetros de la psicología: Seriación y clasificación.

La seriación consiste en ordenar sistemáticamente las diferencias de un conjunto de elementos de acuerdo a un criterio de magnitud (Cofré J. & Tapia A., 2003).

La clasificación es base para la elaboración del conjunto de número. Da lugar al aspecto cardinal que surge de la relación de igualdad que se establece entre elementos (Cofré J. & Tapia A., 2003).

Para la realización de las pruebas, los niños harán el uso de tarjetas las cuales tienen plasmadas figuras geométricas básicas de diferentes colores y servirán para que puedan interactuar con el robot.



**Figura 3.13** Fichas de apoyo

**Fuente:** Elaboración propia

La prueba se divide en 5 retos:

Reto 1: Clasificación de figuras por colores.

La prueba consiste en agrupar las fichas por color, tal como podemos ver en la siguiente tabla:

COLORES	FIGURAS		
Rojo			
Amarillo			
Verde			
Celeste			
Azul			
Magenta			

**Tabla 3.4** Figuras por colores

**Fuente:** Elaboración propia

### Reto 2: Imitación

La finalidad de esta prueba es que el niño pueda repetir todo lo que realiza el robot, es decir, si el robot mueve un brazo el niño debe repetir el mismo proceso como si fuera un espejo.



**Figura 3.14** Imitación  
**Fuente:** Elaboración propia

### Reto 3: Colores

Tiene como objetivo enseñar a los niños a reconocer colores básicos como ser: Rojo, amarillo, verde, azul, cian, magenta y blanco, si el niño ya conoce dichos colores, entonces la prueba le permite repasar, practicar y reafirmar sus conocimientos.



**Figura 3.15** Fichas de trabajo  
**Fuente:** Elaboración propia

#### Reto 4: Figuras

Tiene como objetivo el poder distinguir figuras geométricas básicas y se relaciona con la prueba de colores ya que se mostrará un cuadrado, un redondo y un triángulo en diferentes colores para así, tener un refuerzo de aprendizaje con la prueba anterior.



**Figura 3.16** Tablas de figuras básicas  
**Fuente:** Elaboración propia

#### Reto 5: Secuencias

Este reto se encuentra compuesto por 21 pruebas de las cuales 9 son básicas, 9 intermedias y 3 avanzadas. Tiene como finalidad el apoyar al desarrollo lógico matemático del niño, generando la imitación y la adición voluntaria a través del complemento de secuencias.

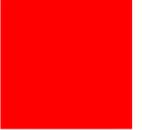
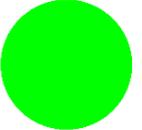
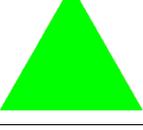
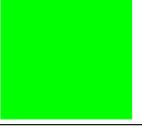
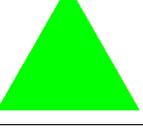
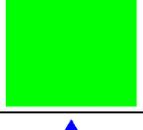
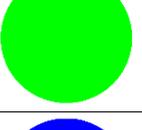
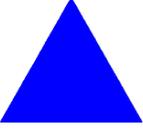
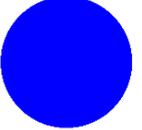
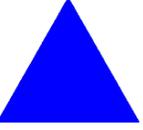
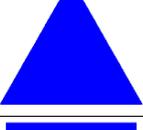
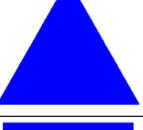
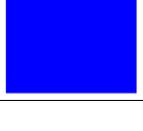
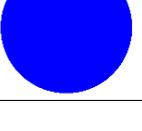
- **Secuencias básicas:** Tiene por objetivo el generar la imitación empleando el uso de tablas con los colores primarios: Rojo, verde y azul para reconocer el cuadrado, redondo y triángulo en un intervalo de tiempo.



**Figura 3.17** Secuencias básicas

**Fuente:** Elaboración propia

- *Secuencias intermedias:* Lleva por objetivo, el poder generar la imitación y repetición de un par de figuras en base a la secuencia que vaya mostrando el robot, dichas secuencias se observan a continuación:

COLOR	SECUENCIA		
Rojo			
			
			
Verde			
			
			
Azul			
			
			

**Tabla 3.5** Secuencias intermedias

**Fuente:** Elaboración propia

➤ **Secuencias avanzadas:** Tiene la finalidad generar la imitación y repetición de figuras y a su vez el complemento en base a la secuencia mostrada, esta prueba es similar al test de matrices progresivas de Raven, con la diferencia que solo se utilizan las tres figuras básicas y sobre estas se realizan diferentes combinaciones, tal como se puede observar en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	SECUENCIA				
Prueba 1					
Prueba 2					
Prueba 3					

**Tabla 3.6** Secuencias avanzadas

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.7 DESARROLLO DE LA APP MÓVIL

El desarrollo y retroalimentación del robot prototipo permitió generar como siguiente paso el desarrollo de la aplicación móvil que nos permite interactuar con el robot de manera inalámbrica, aplicación que se observa en la siguiente figura:



**Figura 3.18** Interfaz de la aplicación móvil  
**Fuente:** Elaboración propia

# CAPÍTULO IV

## 4. PRUEBAS Y RESULTADOS

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describe detalladamente la solución del problema planteado, tomando en cuenta los capítulos I y II desarrollados teóricamente, se construye el robot prototipo para generar el apoyo como asistente de enseñanza aprendizaje en niños autistas, realizando la recolección de datos en base a pruebas y test psicológicos, análisis de datos y la demostración de la hipótesis.

### 4.2 EVALUACIÓN DE COSTOS

La realización del robot en base a costos, implica una inversión de **Bs. 47671**, costos que se detallan a continuación en base a software y hardware empleado:

ITEM	PRECIO UNITARIO (Bs)	CANTIDAD	TOTAL (Bs)	OBSERVACIÓN
Impresión 3D del chasis del robot de tipo humanoide	600	1	600	
Arduino Nano V3 + cable USB a mini USB Tipo B	35	1	35	
Arduino Nano Every + cable USB a micro USB Tipo B	150	1	150	
Servomotor MG90S	25	5	125	
Módulo bluetooth HC05	50	1	50	
Shield de expansión I/O de arduino nano V3	35	2	70	
Matriz LED WS2812B 8*8 RGB	110	1	110	
Protoboard de 840 puntos	35	1	35	
Jumpers MM de 20 cm	0,5	80	40	
Jumpers MH de 20 cm	0,5	40	20	
Muñeca tipo americana	100	1	100	
Batería de litio de 4,2V a 8800 mlAmperios	15	8	120	
Porta pilas 18650 con switch	15	2	30	
Cargador de pilas 18650	25	2	50	
Estaño en rodillo	80	1	80	
Cautin	35	1	35	
Pomada de soldar	15	1	15	
Carton prensado tipo Trupan 40 * 40	10	3	30	
Papel fotográfico adhesivo tamaño 4A	6	5	30	
Impresión a color	3	5	15	
Corte en CNC tabletas e 11*8cm	36	5	180	
Scotch	5	2	10	
Smartphone	600	1	600	
Servicio de internet	2400	1	2400	AÑO
Licencia de SolidWorks para modelado 3D	741	1	741	AÑO
IDE de arduino (Gratis)	0	1	0	
Android Studio o AI2 (Gratis)	0	1	0	
Informático	3500	12	42000	AÑO
<b>TOTAL</b>			<b>Bs. 47671</b>	

**Tabla 4.1** Costos de hardware y software

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.3 MUESTRA

La muestra de trabajo para la presente tesis, estuvo compuesta por 10 niños y niñas de 4 a 6 años de edad los cuales viven en la ciudad de La Paz, Bolivia.

#### 4.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para obtener la recolección de los datos, se realizó una prueba que consta de 35 preguntas, prueba que se fue llenando en base a las respuestas dadas por el/la niño(a) en interacción con el robot, logrando así, que este(a) aprenda y/o repase lo que ya conoce, junto al robot y apoyándose en tablas con figuras y colores para responder el 75% de las preguntas.

La prueba estadística aplicada para satisfacer la hipótesis, es la prueba de rachas, la cual se basa en datos muestrales que tienen dos características y analiza rachas de esas características para determinar si las rachas parecen ser el resultado de algún proceso aleatorio, o si las rachas sugieren que el orden de los datos no es aleatorio (Salgado, 2014).

Las fórmulas estadísticas a utilizar para determinar si la hipótesis es correcta son las siguientes:

$$\mu_r = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}$$

$$Z_r = \frac{r - \mu_r}{\sigma_r}$$

Referente a la hipótesis planteada en el Capítulo I:

“Aplicando el uso de robots en niños con TEA se mejorará el nivel de enseñanza aprendizaje con una confiabilidad de 95% y se podrá lograr una mejor aceptación e integración con la sociedad que los rodea”.

Verificaremos si la hipótesis se satisface o no tomando en cuenta los datos recolectados:

# Prueba	Edad	Tiempo de resolución (Seg)	Respuestas correctas
1	5	1530	35
2	6	1935	35
3	4	2115	35
4	6	1868	35
5	4	2182	34
6	5	1722	32
7	5	2103	35
8	6	2136	33
9	6	1520	35
10	5	2074	35
		<i>Promedio</i>	<b>34,4</b>

**Tabla 4.2** Tabla de datos recolectados

**Fuente:** Elaboración propia

Debido a que el promedio de las respuestas correctas es de 34.4, entonces, agruparemos los datos según al promedio, todo dato mayor al promedio lo denominaremos como C y los valores menores al promedio los llamaremos con E, tal como podemos ver en la siguiente tabla:

35	35	35	35	34	32	35	33	35	35
CCCC				EE	C	E	CC		

**Tabla 4.3** División por número de rachas

**Fuente:** Elaboración propia

Dada la clasificación anterior, podemos determinar los siguientes datos:

r = Número de rachas = 5

n1 = Cantidad de datos denominados C = 7

n2 = Cantidad de datos denominados E = 3

Calculamos los valores de  $\mu_r$  y  $\sigma_r$ :

$$\mu_r = \frac{2(7)(3)}{7+3} + 1 = \frac{42}{10} + 1 = \mathbf{5.2}$$

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{2(7)(3)(2 * 7 * 3 - 7 - 3)}{(7+3)^2(7+3-1)}} = \sqrt{\frac{42 * 32}{100 * 9}} = \mathbf{1.22}$$

Ahora calculamos  $Z_r$ :

$$Z_r = \frac{5 - 5.2}{1.22} = \mathbf{-0.16}$$

El intervalo de confianza a manejar será el 95%, el cual es equivalente a 1.96 en base a la tabla de la distribución normal.

Para poder validar la hipótesis, el valor de Z debe encontrarse en el siguiente intervalo:

$$-1.96 \leq Z \leq 1.96$$

Reemplazando Z, tenemos:

$$-1.96 \leq \mathbf{-0.16} \leq 1.96$$

Dado que  $Z$  se encuentra en el intervalo, podemos concluir que la hipótesis es válida y queda verificada.

Debido a la situación del COVID-19 se efectuó pruebas con niños sin TEA para poder cumplir con la cantidad de pruebas estimada y planteada en el capítulo I.

La prueba estadística aplicada para satisfacer la hipótesis, es la distribución normal, la cual es capaz de aproximar satisfactoriamente el valor de una variable aleatoria a una situación ideal (Rodó, 2019).

La distribución normal se encuentra compuesta por dos parámetros los cuales son: **Media o valor central** ( $\mu$ ) y **desviación típica** ( $\sigma$ ). Para obtener sus valores, se trabaja con los valores recolectados en las pruebas, detallados en la siguiente tabla:

# Prueba	Edad	Tiempos de resolución (Seg)	Respuestas correctas
1	4	2537	35
2	4	1819	35
3	4	2076	35
4	4	2318	34
5	4	2182	34
6	4	1973	35
7	4	1120	35
8	5	1722	32
9	5	2103	35
10	5	1756	35
11	5	1208	35
12	5	1875	34
13	5	1127	35
14	5	1314	35
15	5	1425	35
16	5	1461	35
17	5	2074	35
18	5	1410	35
19	5	1406	35
20	5	1115	35
21	5	1122	35
22	6	2136	33
23	6	2388	28
24	6	1415	30
25	6	1165	35
26	6	1326	35
27	6	1456	35
28	6	1160	35
29	6	1235	35
30	6	1524	35

**Tabla 4.4** Tabla general de recolección de datos

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los datos recolectados, pasamos a obtener los valores de ( $\mu$ ) y ( $\sigma$ ) a través de las siguientes fórmulas estadísticas:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \qquad \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Calculamos el valor de ( $\mu$ ):

<b>N</b>	<b>X<sub>i</sub></b>	<b>(X<sub>i</sub>)<sup>2</sup></b>
1	35	1225
2	35	1225
3	35	1225
4	34	1156
5	34	1156
6	35	1225
7	35	1225
8	32	1024
9	35	1225
10	35	1225
11	35	1225
12	34	1156
13	35	1225
14	35	1225
15	35	1225
16	35	1225
17	35	1225
18	35	1225
19	35	1225
20	35	1225
21	35	1225
22	33	1089
23	28	784
24	30	900
25	35	1225
26	35	1225
27	35	1225
28	35	1225
29	35	1225
30	35	1225
<b>Sumatoria</b>	<b>1030</b>	<b>35440</b>

**Tabla 4.5** Tabla de datos de Xi y Xi<sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración propia

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{30} = \frac{1030}{30} = \mathbf{34.33}$$

Para poder obtener el valor de ( $\sigma$ ) primero debemos saber el valor de la varianza, por lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N} - \mu^2$$

En base a los datos mostrados en la *tabla 13*, reemplazamos los valores en la fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N} - \mu^2 = \frac{35440}{30} - (34.33)^2 = \mathbf{2.78}$$

Como ya tenemos el valor de la varianza, ahora pasamos a calcular el valor de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{2.78} = \mathbf{1.67}$$

El intervalo de confianza a manejar será el 95%, el cual es equivalente a 1.96 en base a la tabla de la distribución normal.

Reemplazamos en la formula:

$$\left( \mu - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \mu + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$$\left( 34.33 - 1.96 \frac{1.67}{\sqrt{30}}, 34.34 + 1.96 \frac{1.67}{\sqrt{30}} \right)$$

$$(34.33 - 1.96 * 0.30, 34.34 + 1.96 * 0.30)$$

$$(33.742, 34.918)$$

En base a los datos generados, tenemos un intervalo de confianza del 95% comprendida entre 33.742 y 34.918, validando así la hipótesis plasmada en el capítulo I.

# CAPÍTULO V

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados, se ha llegado a demostrar la hipótesis planteada (Capítulo 4), se puede concluir que se llegó al objetivo general de la presente tesis: Construir un robot social que brinde apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje en niños con TEA con grado leve (Autismo de alto funcionamiento) para que estos puedan relacionarse con otras personas.

A través de las pruebas se puede observar que en promedio 9 de cada 10 niños responden satisfactoriamente, por lo cual se puede concluir lo siguiente:

- La aplicación de robots como apoyo en terapias psicológicas permiten que los niños puedan conectarse con su entorno de manera más fácil.
- Los niños disfrutaban aprender junto al robot ya que, mediante la interacción, aprenden jugando.
- El robot provocaba una gran cantidad de comportamientos sociales por parte de los niños con autismo y mejoraban el lenguaje espontáneo de los niños con TEA durante las pruebas.
- Se puede manipular el funcionamiento del robot tanto por profesionales y padres, ya que, para controlarlo, este es de fácil manejo.
- El robot al presentar una estructura de tipo humanoide, permite que el niño se familiarice con éste de manera más rápida y se genere la interacción.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Para poder alcanzar resultados satisfactorios, se debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Antes de cada prueba, verificar el nivel de batería del robot y siempre contar con baterías extra para el cambio inmediato.
- Trabajar con el niño en un ambiente que no presente ruido ni que existan otros objetos en los cuales éste centre su atención.
- Ayudarlo a comprender como funcionan las pruebas antes de generar una evaluación de estas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Community of Insurance. (25 de 02 de 2018). *Community of Insurance*. Obtenido de <https://communityofinsurance.es/2018/02/25/robotica-social/>
- 15writers. (s.f.). *15writers*. Obtenido de <https://15writers.com/research-onion/>
- Admoni, H., & et al. (2012). Robots for Use in Autism Research. *Annual Review of Biomedical Engineering, 14*, 275-294.
- Akhtar, F., & et al. (2012). Humanoid Robot NAO Interacting with Autistic Children of Moderately Impaired Intelligence to Augment Communication Skills. *International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors*, 1533-1538.
- Asimov, I. (1942). Circulo vicioso. *Astounding Science Fiction*.
- Benitez Burraco, A. (2008). *Autismo y lenguaje: Aspectos moleculares*.
- Brandy, M., & et al. (1984). *Robotics Research: The First International Symposium*. The MIT Press, Cambridge MA.
- Castro , P. (2020). *Validación en un Ambiente Real de Robot Social CASTOR para el Uso en*. Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.
- Cofré J., A., & Tapia A., L. (2003). *Cómo desarrollar el razonamiento lógico matemático*. Santiago de Chile: Universitaria.
- Cook, A. (2017). *Robotic Assistive Technologies: Principles and practice*. CRC Press.
- Corona, L., Mares, J., & Abarca, G. (2014). *Sensores y Actuadores: Aplicaciones con Arduino*. Azcapotzalco, México DF: Grupo editorial Patria.
- Cuartielles, D. (01 de 03 de 2005). *Aduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

- DSM-IV-TR, A. (2002). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (1ra Edición ed.). Barcelona, España.
- Escalada, D. (19 de 06 de 2016). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/davidencalada2/tipos-de-robotica>
- Fernaues, Y., & et al. (2010). How do you Play with a Robotic Toy Animal? A long-term study of Pleo. *9th International Conference on Interaction Design and Children*, 39-48.
- Frith, U. (2009). *Autismo: Hacia una explicación del enigma* (2da Edición ed.). Madrid, España: Alianza.
- García Nájera, A. (30 de 08 de 2018). *Abel García Nájera*. Obtenido de <https://www.abelgarcia.mx/robotica-social>
- Ghazi, L. (2018). History of autism: The beginnings. *Journal of Educational Sciences*, 38, 5-17.
- Gonzales, V. (2002-2003). *Platea*. Obtenido de [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/ctrl\\_rob/robotica/intro.htm#tipos\\_robot](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/intro.htm#tipos_robot)
- González, A. G. (2 de 12 de 2016). *Panamahitek*. Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- Jones, J., & et al. (1993). *Mobile robots: Inspirations to implementation*. A K Peters Ltd.
- Kozima, H., & et al. (2005). Interactive Robots for communication-Care: A Case-Study in Autims Therapy. *IEEE International Workshop on Robots and Human Interactive Communication*, 341-346.
- Marcolongo, G. (2017). *Incluyeme.com*. Obtenido de <https://www.incluyeme.com/conoce-los-tipos-o-grados-de-autismo-que-hay/>
- MedlinePlus. (28 de 10 de 2020). *MedlinePlus Información de salud para usted*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/autismspectrumdisorder.html>

- Muñoz-Yunta, J. (2005). *Guía médica y neuropsicológica del autismo*. Barcelona, España: Fundacion Autisme Mas Casadevall.
- Ollero, A. (03 de 04 de 2001). *Robótica: Manipuladores y robots móviles*. Sevilla, España: Boixareu. Obtenido de <https://sites.google.com/a/unitecnica.net/dmhenao/articulos/poliarticulados>
- Paz, A. J. (2011). *Sistemas Automáticos de Control. Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*. Zulia, Venezuela: UNERMB.
- Pennisi, P., & et al. (2015). *Autism and social robotics: A systematic review. Autism Research* (Vol. 9).
- Pérez, C. (10 de 04 de 2011). *Ingeniería de sistemas y automática - UMH*. Obtenido de <http://isa.umh.es/asignaturas/ai/practicas/p05.pdf>
- Pinel Cardona, V. (2015-2016). *Los robots sociales como promotores de la comunicación en los Trastornos del Espectro Autista (TEA)*. Universidad de las Islas Baleares, Islas Baleares, España. Obtenido de [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1984-77262018000100039&script=sci\\_arttext&tlng=es#B27](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1984-77262018000100039&script=sci_arttext&tlng=es#B27)
- Ramírez, M. P. (2013). *Paradigma Interpretativo en Investigación*. Pucallpa, Perú.
- Reséndiz, C. C. (30 de 10 de 2014). *milenio.com*. Obtenido de <https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-politecnica-de-tulancingo/que-es-la-robotica>
- Reyes, F. (2011). *Robótica: Control de robots manipuladores*. México D.F., México: Alfaomega. Obtenido de <https://sites.google.com/a/unitecnica.net/dmhenao/articulos/androides>

- Rodó, P. (10 de 11 de 2019). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/distribucion-normal.html>
- Saha, S. K. (2008). *Introducción a la robótica*. México D. F., México: Mc Graw Hill.
- Salgado, S. (03 de 04 de 2014). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/vpg-nn-axro3/prueba-de-rachas/>
- Sánchez, X. E. (2018). *Efectividad del “Robot Milo” en el Desarrollo de Habilidades Sociales y Comunicación en Niños de 5 a 7 años con Trastorno del Espectro del Autismo de Grado I*. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ, Quito, Ecuador.
- Schreibman, I., & Mill, J. (1986). *Autismo Infantil en: Psicopatología infantil*. Barcelona, España: Martínez Roca.
- Sierra, F. (8 de 12 de 2016). *Centro tierra*. Obtenido de <https://www.centrotierra.com/que-juguetes-regalar-a-un-nino-con-autismo/>
- Stainton, H. (03 de 04 de 2020). *Tourism Teacher*. Obtenido de <https://tourismteacher.com/research-onion-beginners/>
- Talero, C. (2003). Autismo: Estado del arte. *Ciencias de la Salud*, 1, 68-85.
- Thesismind. (06 de 29 de 2019). *Thesismind*. Obtenido de <https://thesismind.com/analysis-of-saunders-research-onion/>
- Ueyama, Y. (2015). A Bayesian Model of the Uncanny Valley Effect for Explaining the Effects of Therapeutic Robots in Autism Spectrum Disorder. *PLoS ONE*, 10(9).
- UNIR. (26 de 11 de 2019). *La Universidad en Internet*. Obtenido de <https://www.unir.net/educacion/revista/robotica-educativa/>

Universidad de Santiago de Chile. (s.f.). *UdeSantiagoVirtual*. Obtenido de

<http://www.udesantiagovirtual.cl/moodle2/mod/book/view.php?id=24906&chapterid=20>

8

Universidad Internacional de Valencia. (21 de 03 de 2018). *viu*. Obtenido de

<https://www.universidadviu.com/int/actualidad/nuestros-expertos/los-distintos-tipos-de-trastorno-del-espectro-autista-tea>

Vidal, P. (2017). Evolución de la robótica social y nuevas tendencias. *Jornadas de Automática*, 37, 836-843.

Yirda, A. (18 de 07 de 2019). *ConceptoDefinición*. Obtenido de

<https://conceptodefinicion.de/robot/>

Zabala, L. (2019). <https://www.hisour.com/es/>. Obtenido de <https://www.hisour.com/es/robot-competition-43009/>

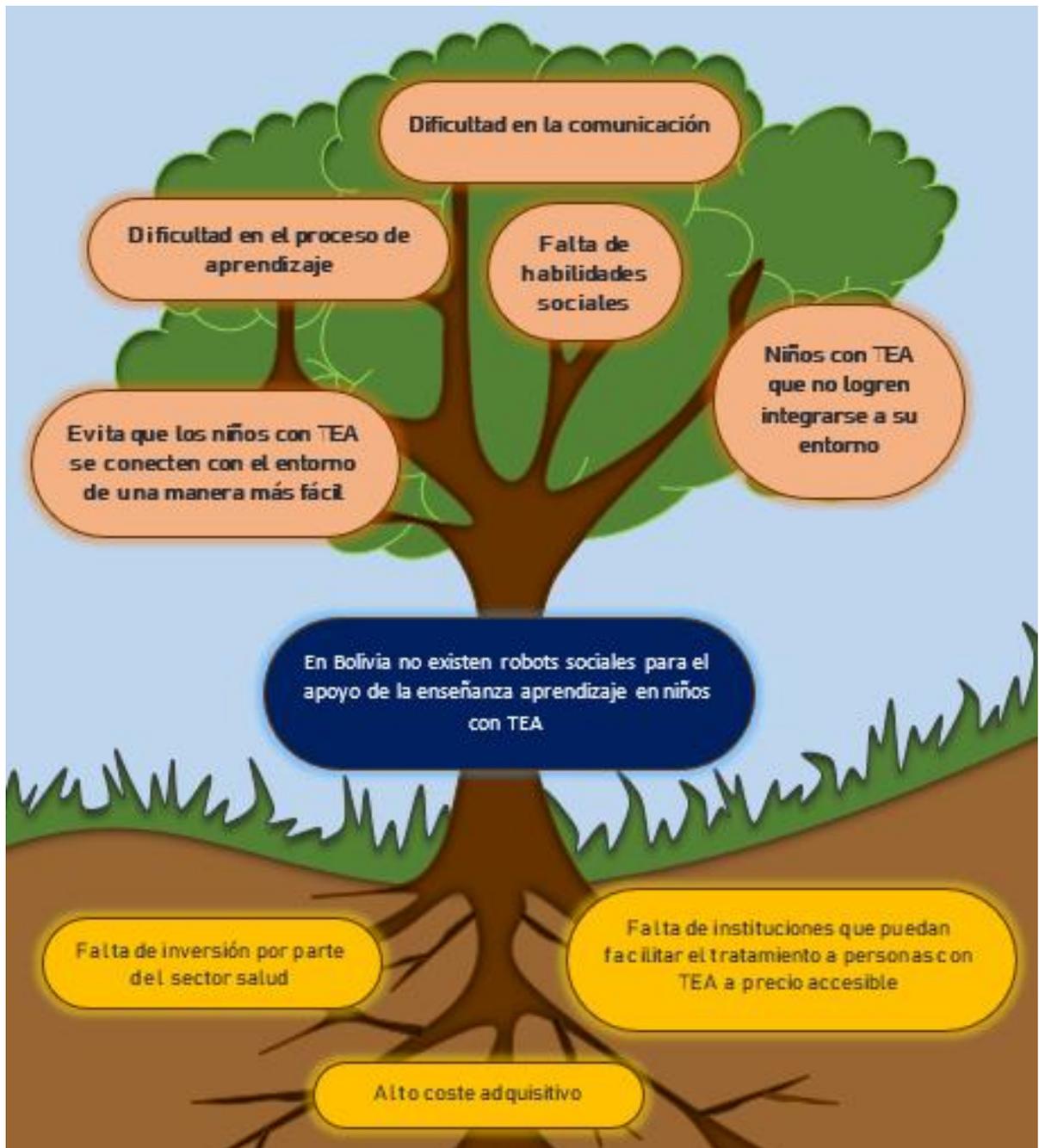
Zoomórficos - ROBOTICA. (03 de 04 de 2018). *ROBOTICA*. Obtenido de

<https://sites.google.com/a/unitecnica.net/dmhenao/articulos/zoomorficos>

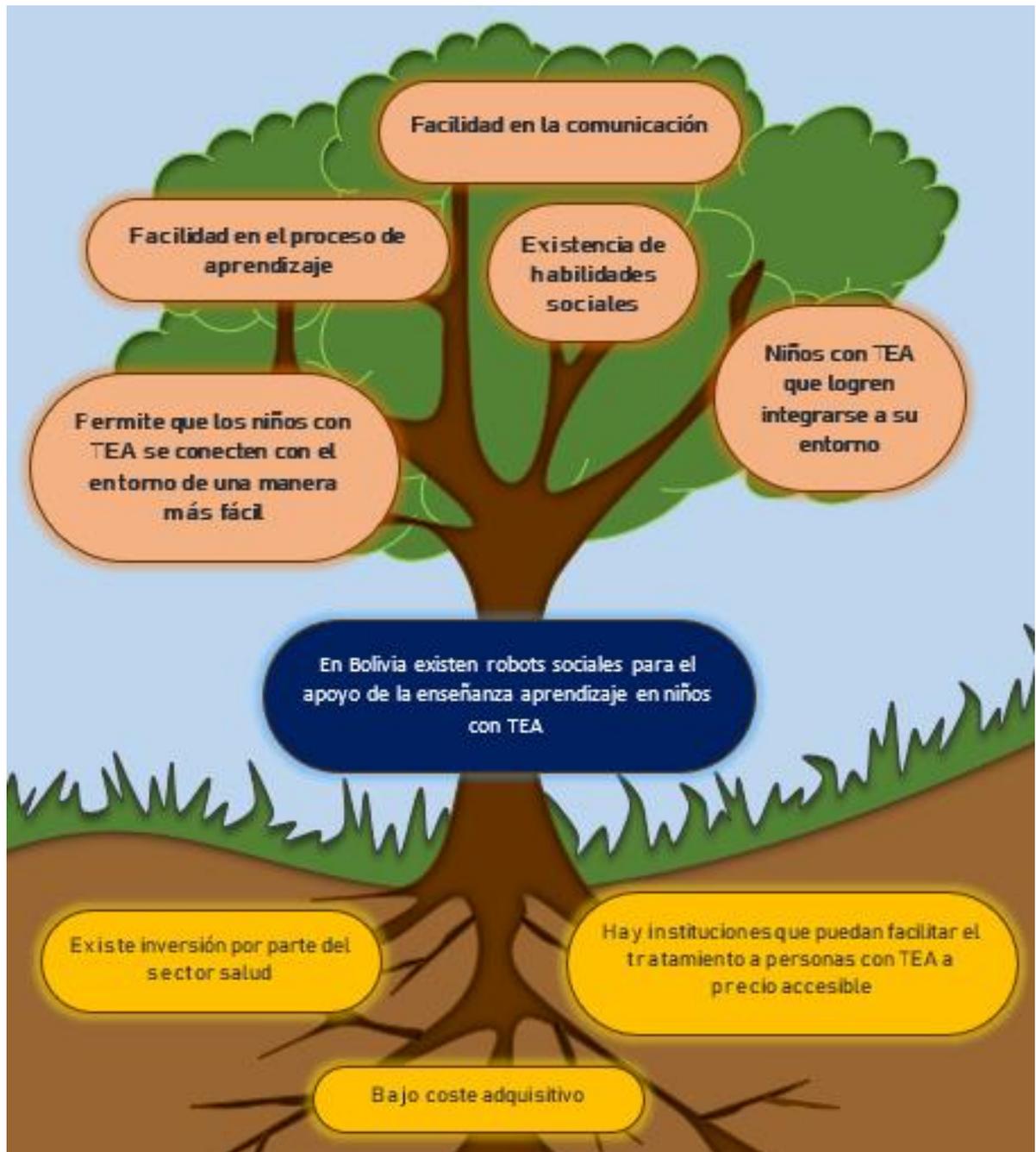
Zunt, D. (24 de 12 de 1993). Who did actually invent the word "robot" and what does it mean?

## 7. ANEXOS

### 7.1 ANEXOS A: ÁRBOL DE PROBLEMAS



## 7.2 ANEXOS B: ÁRBOL DE OBJETIVOS



7.3 ANEXOS C: PLANILLA DE PRUEBA

NINOBOT ROBOT DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE PARA NIÑOS

PLANILLA DE RESPUESTAS

REGISTRO

Nombre:

Edad:

**PRUEBAS**

*1. Preferencia lateral*

Izquierda  
Derecha  
Ambos  
Cabeza

**PUNTUACIÓN**

Si Repite No


*2. Colores*

Rojo  
Amarillo  
Verde  
Cian  
Azul  
Magenta  
Blanca


*Secuencias básicas*

Círculo rojo  
Círculo verde  
Círculo azul  
Cuadrado rojo  
Cuadrado verde  
Cuadrado azul  
Triángulo rojo  
Triángulo verde  
Triángulo azul


Aciertos totales:   
Errores totales:

*3. Figuras básicas*

Cuadrado  
Triángulo  
Círculo

**PUNTUACIÓN**

Si Repite No


*Secuencias Intermedias*

Triángulo-Círculo R.  
Triángulo-Círculo G.  
Triángulo-Círculo B.  
Triángulo-Cuadrado R.  
Triángulo-Cuadrado G.  
Triángulo-Cuadrado B.  
Cuadrado-Círculo R.  
Cuadrado-Círculo G.  
Cuadrado-Círculo B.


*Secuencias avanzadas*

Prueba 1  
Prueba 2  
Prueba 3


Tiempo de resolución:

H M S

# DOCUMENTACIÓN

La Paz, septiembre de 2021

Señor

Ph.D. José María Tapia Baltazar

**DIRECTOR**

**CARRERA DE INFORMATICA**

**FAC. CIENCIAS PURAS Y NATURALES**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**

Presente. -

**Ref.- Aval para la defensa de Tesis de Grado**

De mi mayor consideración:

Mediante la presente, me dirijo a su autoridad, en calidad de Tutor Metodológico para informar que luego de haber realizado el seguimiento de la Tesis de Grado titulado: **“ROBOT NINOBOT PARA EL APOYO DE LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE EN NIÑOS AUTISTAS”**, presentado por el Univ.: **NAGIB LUIS VALLEJOS MAMANI**, con *C.I. 8323286 L.P*, para optar al título de Licenciado en Informática Mención Ciencias de la Computación.

En este sentido, presento mi conformidad y aval respectivo para la defensa pública de la Tesis de Grado de acuerdo a Reglamento vigente en la Universidad Mayor de San Andrés.

Sin otro particular, me despido con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente.

M.Sc. Moisés Martin Silva Choque

**TUTOR METODOLÓGICO**