



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Título:

EVALUACIÓN DEL USO DE ROBÓTS HUMANOIDES PARA
ESTIMULAR LA MOTRICIDAD GRUESA EN NIÑOS DE 3 A 5
AÑOS DEL CDIM LA CONDAMINE

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones**

Autor:

Jandyr Adrian Bravo Barre

Tutor:

PhD. Leonardo Rentería Bustamante.

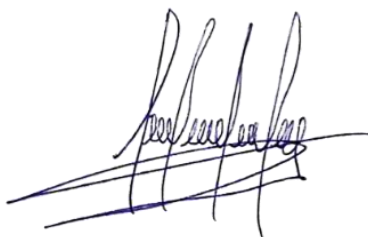
Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **Jandyr Adrian Bravo Barre**, con cédula de ciudadanía **2300396476**, autor del trabajo de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DEL USO DE ROBÓTS HUMANOIDES PARA ESTIMULAR LA MOTRICIDAD GRUESA EN NIÑOS DE 3 A 5 AÑOS DEL CDIM LA CONDAMINE”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 8 de junio del 2023.



Jandyr Adrian Bravo Barre
C.I: 2300396476

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “EVALUACIÓN DEL USO DE ROBÓTS HUMANOIDES PARA ESTIMULAR LA MOTRICIDAD GRUESA EN NIÑOS DE 3 A 5 AÑOS DEL CDIM LA CONDAMINE”, presentado por Jandyr Adrian Bravo Barre, con cédula de identidad número 230039647-6, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 08 de junio del 2023.

PhD. Luis Patricio Tello Oquendo
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO**



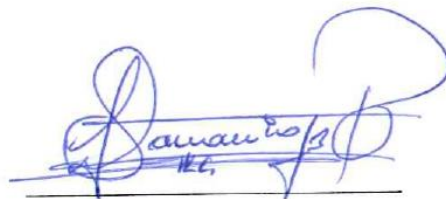
Firma

Dr. Klever Hernán Torres Rodríguez
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO**



Firma

PhD. Franklin Eduardo Samaniego Riera
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO**



Firma

PhD. Leonardo Fabián Rentería Bustamante
TUTOR



Firma

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “EVALUACIÓN DEL USO DE ROBÓTS HUMANOIDES PARA ESTIMULAR LA MOTRICIDAD GRUESA EN NIÑOS DE 3 A 5 AÑOS DEL CDIM LA CONDAMINE”, presentado por Jandyr Adrian Bravo Barre, con cédula de identidad número 230039647-6, bajo la tutoría de PhD. Leonardo Fabián Rentería Bustamante; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 08 de junio del 2023.

PhD. Luis Patricio Tello Oquendo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Dr. Klever Hernán Torres Rodríguez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

PhD. Franklin Eduardo Samaniego Riera
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma



Dirección Académica **CERTIFICADO ANTIPLAGIO**
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **BRAVO BARRE JANDYR ADRIAN** con CC: **2300396476**, estudiante de la Carrera **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, No Vigente**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **EVALUACIÓN DEL USO DE ROBÓTS HUMANOIDES PARA ESTIMULAR LA MOTRICIDAD GRUESA EN NIÑOS DE 3 A 5 AÑOS DEL CDIM LA CONDAMINE**", cumple con el **3 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 25 de mayo de 2023



Firmado electrónicamente por:
**LEONARDO FABIAN
RENTERIA
BUSTAMANTE**

PhD. Leonardo Rentería
TUTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo está dedicado a Dios, por brindarme la sabiduría diaria y darme la fuerza necesaria en este proceso para cumplir uno de mis grandes anhelos.

A mis padres Josefa y Lumbardi, por el sacrificio, apoyo y amor en estos años, a pesar de lo difícil nunca se dieron por vencidos y siempre creyeron en mí, gracias por inculcar en mí el ejemplo del trabajo duro y la valentía para superar adversidades, porque el que obra bien le irá bien.

A mis Hermanas María, Rossy y Diana por ser un apoyo incondicional, logrando ser mi inspiración en momentos difíciles, siendo uno de los pilares más importantes en mi vida, acompañándome en todos mis sueños y metas.

A mi hermano Miguel por ser mi ejemplo para seguir, enseñándome a nunca rendirme, aunque existan momentos difíciles, a superarme cada día más y brindarme la motivación necesaria para alcanzar esta preciada meta.

A mi mejor amiga Nicole por ofrecerme su amistad de forma desinteresada, estando siempre en los buenos y malos momentos, apoyándome día a día, expresándole mi cariño y amistad siempre.

Los quiero con todo mi corazón, este trabajo y todo lo que hago es de ustedes, solamente les estoy devolviendo lo que me brindaron en un principio.

Jandyr Adrian Bravo Barre

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme a lo largo de este camino, brindándome la fortaleza necesaria para seguir adelante en los momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres Josefa y Lombardi quienes siempre creyeron en mí, apoyándome siempre, gracias a su esfuerzo y confianza, motivándome a no rendirme. A mis hermanos María, Rossy, Diana y Miguel por sus consejos a lo largo de este viaje, ayudándome a ser mejor persona y siempre retándome a salir de mi zona de confort para mejorar a diario.

A mi mejor Amiga Nicole por los consejos, motivación y apoyo en los momentos difíciles. A mis amigos por brindarme su amistad y poder compartir con ustedes muchas vivencias increíbles.

Al PhD. Leonardo Rentería por la confianza, orientación y preocupación a lo largo de este proyecto, siendo clave para alcanzar excelentes resultados académicos.

A la Universidad Nacional de Chimborazo la cual, me acogió cuando empecé con este gran anhelo, siendo mi hogar por todo este tiempo, recorriendo sus aulas, conociendo personas extraordinarias y adquiriendo conocimientos. Y gracias a los docentes por la paciencia y las enseñanzas necesarias para poder lograr esta meta.

Jandyr Adrian Bravo Barre

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

DERECHOS DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

1	CAPÍTULO I. INTRODUCCION	18
1.1	Introducción.....	18
1.2	Planteamiento del problema	20
1.3	OBJETIVOS.....	22
1.3.1	Objetivo general	22
1.3.2	Objetivos específicos	22
2	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1	Estimulación temprana.....	23
2.2	Psicomotricidad	23
2.3	Tipos de psicomotricidad	24
2.3.1	Motricidad Gruesa	24
2.3.2	Equilibrio postural	24
2.3.3	Motricidad Fina	24
2.4	Test de imitación de gestos de Berges-Lezine.....	24
2.5	Historia de la Robótica.....	24
2.6	Robótica	25
2.6.1	Robot.....	25

2.7	Robot Humanoide	25
2.7.1	Robot Humanoide Bípedo.....	25
2.7.2	Robot Humanoide con ruedas	26
2.8	Origen de la Interacción Humano-Robot	26
2.9	Interacción Humano-Robot.....	27
2.10	Robótica Social	27
2.11	Cinemática directa.....	28
2.12	Red Inalámbrica	28
2.12.1	Clasificación de las redes inalámbricas	28
2.12.2	Ventajas y desventajas de las redes inalámbricas.....	29
2.12.3	Redes inalámbricas de área personal	29
2.12.4	Bluetooth.....	30
3	CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	31
3.1	Tipo de Investigación.....	31
3.2	Diseño de Investigación	31
3.3	Técnicas de recolección de Datos.....	32
3.4	Población de estudio y tamaño de muestra	32
3.4.1	Población.....	32
3.4.2	Muestra.....	32
3.5	Operacionalización de las variables.....	34
3.6	Métodos de análisis.....	35
3.6.1	Test de imitación de gestos de Berges-Lezine	35
3.7	Diseño y Construcción de los Robots	40
3.7.1	Diseño Estructural de los prototipos Maestro y Esclavo.	40
3.7.2	Diseño Electrónico de los prototipos Maestro y Esclavo.....	42
3.7.3	Ensamblaje de los prototipos Maestro y Esclavo.	43
3.7.4	Cinemática directa de los Prototipos Maestro y Esclavo (5 grados de libertad) 45	
3.7.5	Programación de los dispositivos	52
3.7.6	Sistema de comunicación inalámbrico entre los prototipos Maestro y Esclavo 52	
3.7.7	Funcionamiento de los Prototipos Maestro y Esclavo.....	53

3.8	Procesamiento de Datos	54
3.8.1	Aplicación del protocolo de prueba de imitación de gestos de Berges-Lezine 54	
4	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1	Análisis de la puntuación Total por semanas (3) en niños de 3 años.....	58
4.2	Análisis de la puntuación Total por semanas (3) en niños de 4 años.....	60
4.3	Análisis de la Puntuación Total vs Edad	62
4.1.1.	Prueba de Hipótesis de la Puntuación total considerando la edad.	64
4.4	Análisis de la Puntuación Total vs Género.....	66
4.2.1.	Prueba de Hipótesis de la Puntuación total considerando el Género.....	68
4.5	Análisis de la Media de la Puntuación Total Evaluada vs la Media de la Puntuación Estandarizada	70
4.3.1.	Prueba de Hipótesis de la Puntuación Total Evaluada vs Puntuación Total (8) estandarizada en niños de 3 años	70
4.3.2.	Prueba de Hipótesis de la Puntuación Total Evaluada vs Puntuación Total (15) estandarizada en niños de 4 años	71
4.6	Análisis de la Imitación de Gestos Simples: Movimientos de las Manos (1 -10) 72	
4.6.1	Movimientos del 1 al 10 en Niños De 3 Años.....	72
4.6.2	Movimientos del 1 al 10 en Niños de 4 Años	73
4.7	Análisis de la Imitación de Gestos Simples: Movimientos de los Brazos (11 - 20) 75	
4.7.1	Movimientos del 11 al 20 en Niños de 3 Años.....	75
4.7.2	Movimientos del 11 al 20 en Niños de 4 Años.....	76
5	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1	Conclusiones.....	78
5.2	Recomendaciones	79
	BIBLIOGRAFÍA	80
6	CAPÍTULO VI. ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

1 CAPÍTULO I. INTRODUCCION

2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Tabla 2.1 Ventajas y desventajas de las redes inalámbricas	29
---	----

3 CAPÍTULO III. METODOLOGIA

Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.....	34
--	----

Tabla 3.2 Puntuación del Test de imitación de gestos de Berges-Lezine	35
--	----

Tabla 3.3 Imitación de gestos simples de Berges-Lezine: movimientos (1-10) de las manos	36
--	----

Tabla 3.4. Imitación de gestos simples de Berges-Lezine: movimientos (11-20) de los brazos	38
---	----

Tabla 3.5 Componentes electrónicos de los prototipos Maestro y Esclavo	43
---	----

Tabla 3.6 Matriz DH del robot.....	47
---	----

4 CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Tabla 4.1 Numero de movimientos evaluados por cada semana	57
--	----

Tabla 4.2 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa)	58
---	----

Tabla 4.3 Prueba de Kruskal-Wallis del total de aciertos con respecto a las tres semanas de trabajo con niños de tres años mediante la metodología de robótica educativa	59
---	----

Tabla 4.4 Prueba de Kruskal-Wallis del total de aciertos con respecto a las tres semanas de trabajo con niños de tres años mediante la metodología de robótica educativa	60
---	----

Tabla 4.5 Análisis descriptivo de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) considerando la edad	62
--	----

Tabla 4.6. Resumen de contrastes de hipótesis de prueba de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) considerando la edad.....	64
--	----

Tabla 4.7 Análisis descriptivo de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) considerando el género	66
--	----

Tabla 4.8 Resumen de contrastes de hipótesis de prueba de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) considerando el genero.....	68
---	----

Tabla 4.9 Estadística para una muestra de la puntuación total vs la puntuación del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años.....	70
--	----

Tabla 4.10 Estadística para una muestra de la puntuación total vs la puntuación del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años mediante la prueba de T-Student. 71	
--	--

Tabla 4.11 Estadística para una muestra de la puntuación total vs la puntuación del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años	71
--	----

Tabla 4.12 *Estadística para una muestra de la puntuación total vs la puntuación del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años mediante la prueba de T-Student* 72

Tabla 4.13 Análisis descriptivo de los movimientos de las manos del 1 al 10 del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años.....72

Tabla 4.14 Análisis descriptivo de los movimientos de las manos del 1 al 10 del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años.....74

Tabla 4.15 Análisis descriptivo de los movimientos de los brazos del 11 al 20 del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años.....75

Tabla 4.16. Análisis descriptivo de los movimientos de los brazos del 11 al 20 del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años.....76

ÍNDICE DE FIGURAS

1 CAPÍTULO I. INTRODUCCION

2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Ilustración 2.1 Robot humanoide bípedo.....26

Ilustración 2.2. Robot humanoide con parte inferior accionada por ruedas26

Ilustración 2.3 Tipos de interacciones humano-robot27

Ilustración 2.4 Clasificación de las redes inalámbricas29

3 CAPÍTULO III. METODOLOGIA

Ilustración 3.1. Diseño de la investigación.32

Ilustración 3.2 Diseño 3D del prototipo Maestro y Esclavo40

Ilustración 3.3 Diseño 3D del prototipo Maestro41

Ilustración 3.4. Diseño 3D del prototipo Esclavo41

Ilustración 3.5. Esquema electrónico de los prototipos robóticos.....42

Ilustración 3.6 Ensamblaje del prototipo Maestro.....43

Ilustración 3.7 Ensamblaje del prototipo Esclavo44

Ilustración 3.8. Articulaciones del robot.....45

Ilustración 3.9 Posicionamiento de eslabones para el cálculo de cinemática directa46

Ilustración 3.10 Parámetros de los robots maestro y esclavo para la cinemática directa ...47

Ilustración 3.11 Brazo derecho del robot - Matlab.....51

Ilustración 3.12 Simulación del brazo derecho del robot - Matlab51

Ilustración 3.13 Diagramas de flujo de la programación de los dispositivos.....52

Ilustración 3.14 Comunicación entre dispositivo maestro y esclavo.....53

Ilustración 3.15 Funcionamiento general del proyecto.....53

Ilustración 3.16 Test de imitación de gestos de Berges-Lezine: datos y resultados.....54

Ilustración 3.17 Test de Imitación de Gestos de Berges-Lezine: evaluación55

4 CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Ilustración 4.1. Evaluación de la imitación de gestos a través del Test de Berges-Lezine mediante la técnica de robótica educativa56

Ilustración 4.2 Diagrama de cajas: Total de aciertos con respecto a las tres semanas de trabajo.....59

Ilustración 4.3. Diagrama lineal: Mediana del total de aciertos en cada semana de trabajo en niños de 3 años60

Ilustración 4.4 Diagrama de cajas: Total de aciertos con respecto a las tres semanas de trabajo en niños de 4 años	61
Ilustración 4.5 Diagrama lineal: Mediana del total de aciertos en cada semana de trabajo en niños de 4 años.....	61
Ilustración 4.6 Histograma de frecuencia: puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años	62
Ilustración 4.7 Histograma de frecuencia: puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años	63
Ilustración 4.8 diagramas de cajas: puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 y 4 años	65
Ilustración 4.9 Diagrama lineal: Tendencia de la media de la puntuación total vs fecha vs edad	65
Ilustración 4.10. Histograma de frecuencia: puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en el género femenino	66
Ilustración 4.11 Histograma de frecuencia: Puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en el género masculino	67
Ilustración 4.12 Barras simples: Media de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en el género femenino y masculino considerando la edad	69
Ilustración 4.13 Diagramas de cajas agrupadas: Puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en el género femenino y masculino considerando la edad.....	69
Ilustración 4.14 Barras agrupadas: Medias de los movimientos de las manos del 1 al 10 de los niños de 3 años (robótica educativa)	73
Ilustración 4.15 Barras agrupadas: Medias de los movimientos de las manos del 1 al 10 de los niños de 4 años (robótica educativa)	74
Ilustración 4.16. Barras agrupadas: medias de los movimientos de los brazos del 11 al 20 de los niños de 3 años (robótica educativa).....	75
Ilustración 4.17 Barras agrupadas: Medias de los movimientos de los brazos del 11 al 20 de los niños de 4 años (robótica educativa)	76
6 CAPÍTULO VI. ANEXOS	
Ilustración 6.1 Diseño del pecho de los prototipos.....	83
Ilustración 6.2 Ensamblaje del prototipo Maestro.....	83
Ilustración 6.3 Ensamblaje del prototipo Esclavo	84
Ilustración 6.4. Simulación de la cinemática directa del brazo de los dispositivos robóticos	84
Ilustración 6.5 Movimiento 19 del Test de imitación de gestos de Berges-Lezine.....	85
Ilustración 6.6 Programación de los dispositivos robóticos.....	85

RESUMEN

La presente investigación abordó la evaluación de prototipos robóticos humanoides para la estimulación de la motricidad gruesa en niños de 3 a 5 años, debido a que el desarrollo motor es sumamente importante en los primeros años escolares, se busca probar un nuevo método de enseñanza atrayente y novedoso para los estudiantes. Mediante la robótica educativa, se conoce que en el Ecuador la tecnología para la estimulación de la motricidad gruesa a temprana edad es muy limitada y costosa, por lo que el principal objetivo de la investigación es evaluar el uso de robots humanoides DIY como herramienta de estimulación de motricidad gruesa en niños de 3 a 5 años del Centro de Desarrollo Infantil Municipal (CDIM) “La Condamine”. El método de investigación es experimental y descriptivo por lo que el funcionamiento de este proyecto se basa en dos prototipos robóticos humanoides donde el dispositivo Maestro es únicamente utilizado por el docente ejecutando los movimientos impartidos por el Test de imitación de gestos de Berges-Lezine para medir la estimulación de la motricidad gruesa, estos son replicados por el dispositivo esclavo el cual trabaja únicamente con los estudiantes, por otra parte, la comunicación entre los prototipos se da mediante la tecnología bluetooth para el envío y recolección de información del tal manera que se obtienen datos que son procesados para comprobar que esta nueva metodología de enseñanza ayuda como material de apoyo a los docentes y mejora el trabajo de estimulación de la motricidad gruesa.

Los resultados obtenidos muestran que los estudiantes que trabajaron con los prototipos robóticos logran llegar al puntaje ideal, siendo 8 puntos en niños de 3 años y 15 en niños de 4 años, esto establecido por la prueba de imitación de gestos de Berges-Lezine, obteniendo en niños de 3 años 8.83 puntos y en niños de 4 años 12.93 puntos. Si bien el uso del sistema permite a los niños de 3 años superar su puntaje ideal y a los niños de 4 años alcanzar un puntaje satisfactorio, en consecuencia, se puede utilizarlo como una herramienta de estimulación de la motricidad gruesa.

Palabras claves prototipos robóticos, motricidad gruesa, dispositivo Maestro, dispositivo Esclavo, Test de imitación de Berges-Lezine.

ABSTRACT

The purpose of the current study was to evaluate humanoid robotic prototypes for the stimulation of gross motor skills in children between the ages of 3 and 5. Because motor development is crucial in the early years of school, it aims to test an engaging and novel approach to teaching. Through educational robotics, it is known that in Ecuador the technology for the stimulation of gross motor skills at an early age is very limited and expensive, so the main objective of the research is to evaluate the use of DIY humanoid robots as a stimulation tool. of gross motor skills in children from 3 to 5 years of the Municipal Child Development Center (CDIM) "La Condamine". The research method is experimental and descriptive, therefore the operation of this project is based on two humanoid robotic prototypes where the Master device is only used by the teacher who completed the movements taught by the Berges-Lezine Gesture Imitation Test to measure the stimulation of gross motor skills, these are replicated by the slave device which works only with the students, on the other hand, the communication between the prototypes occurs through bluetooth technology for it, sending and collecting information in such a way that it is obtained data that is processed to verify that this new teaching methodology helps as support material for teachers and improves the work of stimulation of gross motor skills.

The results obtained demonstrate that the students who worked with the robotic prototypes were able to achieve the ideal score, which was determined by the Berges-Lezine gesture imitation test to be 8 points in 3-year-olds and 15 points in 4-year-olds, obtaining in 3-year-old children 8.83 points and in 4-year-old children 12.93 points. The system can therefore be utilized as a gross motor stimulation tool, even though it enables 3-year-olds to surpass their target score and 4-year-olds to reach a respectable score.

Keywords: robotic prototypes, gross motor skills, Master device, Slave device, Berges-Lezine Imitation Test

Reviewed by:



Mg. Mishell Salao Espinoza

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0650151566

1 CAPÍTULO I. INTRODUCCION

1.1 Introducción

La motricidad humana juega un papel importante en el desarrollo motor y su conexión con diferentes áreas de desempeño en el ámbito humano-escolar, además, beneficia el crecimiento del infante, teniendo como propósito que exista una eficacia competente en el aprendizaje cuando lleguen a una edad mayor, por lo que es fundamental entender su aplicación y como se trabaja la motricidad en niños a temprana edad [1].

La motricidad se divide en 2 tipos fundamentales en el desarrollo de los niños, estas son la motricidad fina y la motricidad gruesa. La motricidad gruesa comprende los grandes músculos del cuerpo como son los de los brazos, torso y piernas, estos se desarrollan con amplios movimientos como, por ejemplo: gatear, caminar, saltar, entre otros, permitiendo a los niños obtener un dominio sobre su cuerpo ayudando a lograr a que su autoestima mejore de manera considerable [2]. En edades tempranas, la experiencia con actividades motrices, sientan una base para el desarrollo físico y mental para toda la vida. Además, los juegos infantiles también se consideran como estímulos para el desarrollo de la motricidad gruesa, al jugarlos están ejercitando su cuerpo, en la actualidad existen diferentes materiales de apoyo para la estimulación de la motricidad gruesa mediante la tecnología, un claro ejemplo es la robótica educativa por medio de los robots humanoides [3].

La capacidad del hombre por desarrollar nueva tecnología es asombrosa y el área de la robótica no ha sido la excepción. Constantemente se ha buscado desarrollar robots con una mejor capacidad de procesamiento de datos, para que sean capaces de interactuar con el entorno e imitar la anatomía humana, es así como nacen los robots humanoides. La característica básica de un robot humanoide es que es antropomorfo, esto quiere decir que está compuesto por dos brazos que ayudan a su equilibrio, dos piernas que facilitan su movimiento y una cabeza que le hará adoptar un perfil más humano [4]. Hoy en día son capaces de relacionarse de mejor manera logrando una interacción con el ser humano esto se debe a que algunos prototipos constan con la capacidad de hablar, escuchar y hasta de percibir emociones [5].

La interacción humana con la tecnología es una tendencia casi natural en la actualidad, ya que se encuentra en la mayoría de las actividades del ser humano. En el caso de la educación surge una evolución constante, un claro ejemplo es el uso de la robótica educativa para ayudar al desarrollo de niños, jóvenes y adultos en pro del aprendizaje. Siendo un robot, un mecanismo controlado por un ordenador, programado para moverse y realizar diferentes trabajos por medio de la interacción con su entorno [6].

Uno de los nuevos elementos que lleva varios años posicionándose en la educación es la robótica educativa. La robótica educativa es un motor para la innovación, esta apoya el aprendizaje de habilidades productivas en los estudiantes, además de ser una muy buena herramienta de apoyo en los educadores [6]. Aunque las consecuencias sobre la robótica

educativa constantemente siguen en investigación, han llegado a concluir que mejora el rendimiento escolar, aumentando el interés, la motivación, el trabajo cooperativo, la creatividad y el desarrollo de habilidades para dar soluciones a problemas [7].

El objetivo de este trabajo es la estimulación de la motricidad gruesa, mediante la robótica educativa, la cual es una nueva metodología de enseñanza atrayente y divertida, para lo cual se diseñó, ensambló y programó dos dispositivos robóticos humanoides como material de apoyo para los docentes de CDIM “La Condamine” los cuales van a realizar movimientos estimulantes de motricidad gruesa impartidos en la prueba de imitación de gestos de Berges-Lezine

Este documento se divide en 5 capítulos, en el capítulo 1 se encuentra la introducción, planteamiento del problema y objetivos, el capítulo 2 está constituido por el marco teórico, el capítulo 3 presenta la metodología de la investigación, el capítulo 4 se detallan los resultados y discusión y, finalmente en el capítulo 5 se presentan las conclusiones de la investigación realizada.

1.2 Planteamiento del problema

La estimulación de la motricidad gruesa es sumamente importante para los niños, ya que da como resultado un desarrollo del conocimiento, desarrollo de destrezas físicas y provoca alegría y entusiasmo, por el contrario, el no estimular la motricidad gruesa a edades tempranas crea problemas y es que presentan grandes diferencias con respecto a otros individuos de igual edad en la evolución del desarrollo motriz, al exponer dificultades, al realizar movimientos, trayendo consecuencias negativas que se vuelven algo cotidiano un claro ejemplo es la baja autoestima y la disminución de su tasa de actividad física sumando estos dos factores arroja repercusiones en el estilo de vida y vitalidad del individuo [8].

Según estudios realizados a nivel nacional en Ecuador, 6 de cada 100 niños tiene retraso en la motricidad gruesa. Para mejorar los índices que existen en la actualidad es fundamental convertir actividades de estimulación en una rutina diaria, ayudando a obtener un dominio corporal dinámico, este da la capacidad de dominar partes amplias del cuerpo humano [8].

Los primeros años escolares son sumamente importantes para lograr un adecuado desarrollo motriz y la adquisición de habilidades de estimulación nuevas. Esta etapa en general influye en la transición desde destrezas motrices fundamentales hasta el periodo de establecimiento de los primeros juegos y habilidades deportivas [9].

En la actualidad la robótica educativa avanza de forma amplia al ser un ámbito de desarrollo creativo, no solo con el fin de crear un robot, sino como medio de solución a un problema. Al ser un material innovador, los docentes pueden hacer uso de estos dispositivos en el medio educativo, logrando instaurar una forma diferente y atrayente de enseñar y mejorar el aprendizaje y la estimulación de la motricidad gruesa [10]. Por lo que ¿Un robot Humanoide sería capaz de ayudar al aprendizaje y estimulación de la motricidad gruesa de niños de 3 hasta 5 años?

En Ecuador la tecnología que existe para el aprendizaje y estimulación acerca de la motricidad gruesa a edad temprana es muy limitada, un gran factor es el alto costo que estas tienen, esto no beneficia a las personas de bajos recursos, sin embargo, una gran cantidad de estudios resuelven que los robots humanoides mejoran la estimulación de la motricidad gruesa y la capacidad de tratar desórdenes como el autismo, permitiéndoles aprender ciertas habilidades y diferenciar emociones [11].

Hoy en día la robótica hace parte de la vida cotidiana del ser humano y se ha roto el paradigma de que solo puede pertenecer al campo industrial. Existen una gran número de empresas que fabrican prototipos robóticos humanoides como Honda con su prototipo ASIMO, pero estos dispositivos son verdaderamente caros, por lo que las Universidades optan por fabricar sus propios mecanismos de bajo costo para realizar investigaciones en diferentes ámbitos [12].

Además, dan a conocer que la interacción con los robots brinda una mayor confianza en los usuarios, al ser más llamativos logran que mejoren a diario sus habilidades, un claro ejemplo es el robot NAO el cual es capaz de realizar movimientos, adaptarse a sus entornos e interactuar con el usuario siendo capaz de percibir sus emociones [13].

Los robots DIY son prototipos robóticos únicos que requieren pocos elementos, además de ser fáciles de montar son muy económicos. Las ventajas de un robot DIY es que no necesitas tener tanta experiencia en la robótica, puedes imprimir y armar uno sin complicaciones en la web, existen una variedad de archivos de robots DIY, permitiendo armar un robot mientras aprendes y te diviertes. Esta investigación tiene como propósito evaluar el uso de robot humanoides DIY (hazlo tú mismo) como herramienta de estimulación de motricidad gruesa en niños de 3 a 5 años del Centro de Desarrollo Infantil Municipal “La Condamine” de la ciudad de Riobamba.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar el uso de robots humanoides DIY como herramienta de estimulación de motricidad gruesa en niños de 3 a 5 años del centro infantil la Condamine.

1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar la técnica tecnológica (robótica educativa) de estimulación de la motricidad gruesa en niños.
- Diseñar y construir 2 prototipos de robots humanoides, Maestro y Esclavo capaces de realizar movimientos estimulantes para la motricidad gruesa.
- Analizar la cinemática de la extremidad superior de los prototipos para representar los movimientos estimulantes.
- Evaluar las destrezas de motricidad gruesa de los niños de 3 a 5 años del centro infantil la Condamine que utilizaron los prototipos robóticos.

2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En el Marco Teórico se presentan conceptos generales y específicos relacionados con el tema de investigación. Se analizan temas como la psicomotricidad, la robótica, robótica educativa, analizando sus características más importantes. Se incluye una pequeña explicación acerca de la interacción humano-robot, también se explican las razones del porqué el uso de una red inalámbrica para la comunicación entre ambos dispositivos.

2.1 Estimulación temprana

Se define a la estimulación temprana como un grupo de técnicas que impulsa el desarrollo del menor en tres ámbitos, los cuales son: cognitivo, social y emocional. Según Dr. Alejandro Medina menciona que “La estimulación temprana se define como un conjunto de acciones que potencializan al máximo las habilidades físicas, mentales y psicosociales del niño, mediante la estimulación repetitiva, continua y sistematizada” [14].

Las ventajas de la estimulación temprana son las siguientes [15]:

- Optimiza el desarrollo del niño,
- Atender las necesidades familiares,
- Disminuye los efectos de una discapacidad,
- Previene la aparición de déficits asociados a riesgos biológicos, psicológicos o sociales.

Existen índices que indican que a nivel mundial un 60% de menores entre 0-6 años no tienen una estimulación temprana correcta, esto los condiciona a sufrir algún retraso [14].

2.2 Psicomotricidad

Existen diferentes conceptos de psicomotricidad debido a que está sujeto a diferentes formas de interpretación, dependencia del contenido y el contexto en que se utilice. Se puede definir la estimulación psicomotriz como un conjunto sistemático de técnicas para el desarrollo correcto del individuo donde interactúa la mente y el cuerpo. En el caso de la Psicomotricidad educativa se define como la capacidad de entender la educación, basada en la psicología evolutiva y la pedagogía activa, que ayuda al niño a desarrollar de forma equilibrada la motricidad, afectividad y la psicología, trayendo como resultado mejoras en su capacidad de relacionarse con el mundo exterior [16].

Es una ciencia que engloba varios aspectos, entre los cuales se destacan los siguientes [15]:

- El estudio del desarrollo del movimiento corporal,
- El estudio de las desviaciones y trastornos que puedan producirse en el normal desarrollo del movimiento corporal,
- Diseño y aplicación de técnicas y programas que faciliten el desarrollo normal,
- El diseño y aplicación de técnicas que mejoren las posibles desviaciones que pueden producirse.

2.3 Tipos de psicomotricidad

2.3.1 Motricidad Gruesa

Es aquella que permite identificar al cuerpo su lateralidad, equilibrio y coordinación. Comprende la armonización y sincronización de grandes masas musculares, huesos y nervios. La motricidad gruesa permite realizar movimientos de amplio recorrido mediante la participación de varios músculos, como los del brazo, piernas o el torso, además intervienen factores importantes como fuerza, agilidad y velocidad con la que se realiza los movimientos [17].

2.3.2 Equilibrio postural

El equilibrio postural es sumamente importante, se realiza mediante estimulaciones, esto da como resultado que el individuo tenga un mejor control sobre su cuerpo sin importar la situación en la que se encuentre [17].

2.3.3 Motricidad Fina

Es aquella que implica la coordinación en pequeños movimientos en diferentes partes del cuerpo, está constituida por músculos pequeños como: cara, pies y manos. El desarrollo de la motricidad fina beneficia al individuo ya que mejora sus destrezas [17].

2.4 Test de imitación de gestos de Berges-Lezine

El test de imitación de gestos de Berges-Lezine, es capaz de medir la reproducción de gestos planteados por el experimentador a los niños con respecto a sus brazos y manos. Estos gestos planteados son sumamente importantes en edades de 3 a 6 años para el trabajo de su psicomotricidad, ya que hacen intervenir factores perceptivos y prácticos [18].

2.5 Historia de la Robótica

Si bien desde la antigüedad el ser humano ha querido imitar sus acciones mediante máquinas. Los primeros mecanismos autómatas datan del año 270 A.C y son atribuidas al inventor Ctesibius quien logro la creación de relojes de agua y órganos con figuras en movimientos, luego al pasar del tiempo fueron saliendo nuevos dispositivos, entre ellos los manipuladores teleoperados. Pero no es hasta 1921 en donde se adopta el término de robot mediante la obra de teatro del escritor Karel Kapet [19].

Para luego el escritor Isaac Asimov popularizó la palabra y creara el término de “robótica”. Este escritor, en su obra de teatro denominada “The Caves of Steel” estrenada el año de 1942, dio a conocer las tres leyes de la robótica [19].

Las principales leyes de la robótica son las siguientes [20]:

- Un robot no puede perjudicar a un ser humano, ni con su inacción permitir que un humano sufra daño,
- Un robot ha de obedecer las órdenes recibidas de un ser humano, excepto si dichas órdenes violan la primera ley,
- Un robot debe proteger su propia existencia mientras tal protección no viole la primera y segunda ley.

2.6 Robótica

La robótica es la ciencia que estudia el diseño e implementación de robots, combinando varias disciplinas, como la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control, entre muchas otras. Esta rama tiene como finalidad promover el desarrollo del ser humano en diversos campos del trabajo y de la vida cotidiana. La robótica ha evolucionado de máquinas simples a prototipos con características similares a la de los seres humanos, en la actualidad esta ciencia ha avanzado a pasos agigantados [21].

2.6.1 Robot

Para definirlo a grandes rasgos, un robot es una máquina automática con cierto grado de inteligencia, capaz de percibir el entorno vivo e imitar algún comportamiento humano. Los robots se utilizan para realizar tareas que son riesgosas o requieren fuerza, velocidad o precisión fuera de nuestro alcance. También existen robots cuyas tareas son sociales o recreativas [20].

Clasificar a la gran cantidad de robots que existen en la actualidad es muy complejo, pero según su arquitectura existen: Móviles, Médicos, Zoomórficos, Humanoides e Híbridos [21].

2.7 Robot Humanoide

Los robots humanoides tiene como principal característica su gran similitud con la morfología humana, pues constan de extremidades inferiores, extremidades superiores, torso y cabeza. Aunque existen robots que en vez de las extremidades inferiores tienen ruedas, esto difiere del uso de este. El motivo por el que estos se asemejan a los humanos es para que exista una interacción Humano-Robot, en la actualidad estos prototipos tienen grandes avances algunos de ellos constan de reconocimiento facial, síntesis de voz, movimiento articular e inteligencia artificial la cual le permite ser aún más autómatas [22].

2.7.1 Robot Humanoide Bípedo

Estos cuentan con una estructura corporal (Ilustración 2.1) completa similar a la del ser humano, es decir, su morfología superior como inferior consta de cadenas cinemáticas para la movilidad similar a las humanas. El número de grados de libertad de los dispositivos varía según las funciones y actividades que va a realizar el dispositivo [23].

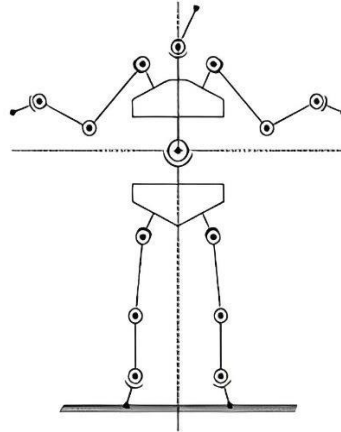


Ilustración 2.1 Robot humanoide bípedo.

Fuente: [23]

2.7.2 Robot Humanoide con ruedas

Estos no cuentan con una estructura corporal completa similar a la del ser humano, ya que su parte inferior contiene ruedas en vez de piernas (Ilustración 2.2), consta de cadenas cinemáticas para la movilidad similar a las humanas en la parte superior. La cantidad de grados de libertad de los dispositivos varía según las funciones y actividades que va a realizar el prototipo [23].

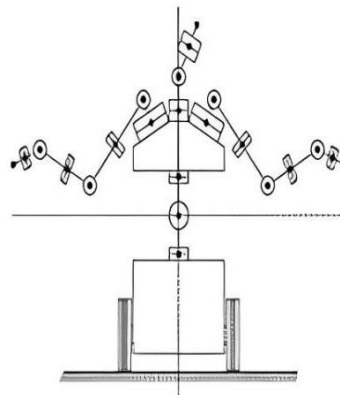


Ilustración 2.2. Robot humanoide con parte inferior accionada por ruedas.

Fuente: [23]

2.8 Origen de la Interacción Humano-Robot

La historia da a conocer que la interacción entre humano-robot nace en 1974 con el primer concepto de prototipo autónomo de la mano de Pierre Jaquet-Droz, pero no fue hasta 1956 que se creó el primer robot industrial, el cual era capaz de trasladar objetos pesados de un lugar a otro, esto se dio, ya que los ingenieros Joseph Engelberger y George Devol observaron que la mayoría de trabajo en las construcciones de New York se basaba en cargar material y llevarlo a otro lugar. Aunque en ese entonces no se contaba con un buen

presupuesto para la creación de estos prototipos, fueron muy aceptados por qué estos no necesitaban horas de descanso, ni vacaciones y no hacían huelgas si algo no les parecía [24].

2.9 Interacción Humano-Robot

Es un campo que intenta comprender, diseñar y evaluar la interacción entre los sistemas robóticos y los humanos. Por lo general, este tipo de interacción está determinada en gran medida por la distancia entre los dos actores de esta comunicación. Tiene como principal objetivo (Ilustración 2.3) la comprensión de los efectos psicológicos, cognitivos y afectivos en relación con las interacciones entre usuario y la máquina. La interacción humana máquina nace debido al creciente avance tecnológico, esto lleva a la principal consecuencia de que, en muchos aspectos de la vida como la industria, educación, agricultura y minería, los sistemas robóticos deben interactuar con las personas, estableciendo relaciones de cooperación o interacciones frecuentes entre ellas mejorando la calidad de vida [25].

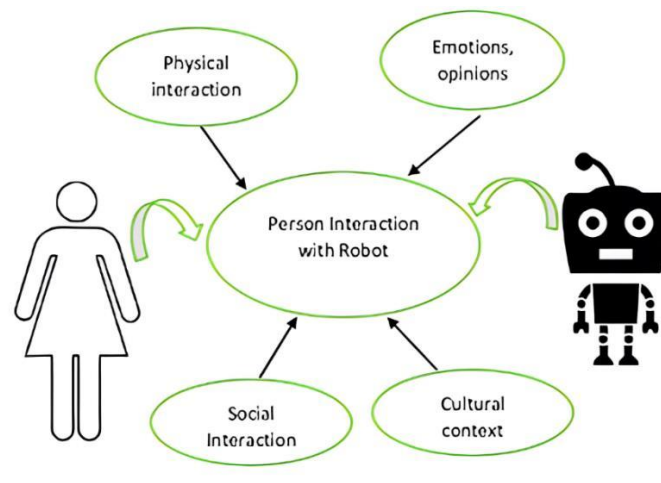


Ilustración 2.3 Tipos de interacciones humano-robot.

Fuente: [26]

2.10 Robótica Social

Se puede definir como un robot social a un robot que es capaz de interactuar y comunicarse con las personas. La robótica social día a día se introduce más a la sociedad humana. Los robots autómatas en la actualidad son capaces de tomar sus propias decisiones, perciben el entorno y realizan tareas. Para que exista una interacción hombre-robot debe existir el modelo cognitivo afectivo, esto quiere decir que debe ser capaz de comunicarse, comprender y aprender [27].

Los robots sociales en la actualidad aún se encuentran en investigación, pero existen ya algunos que funcionan de forma excelente como robots para rehabilitación, acompañamiento de enfermos o los que son guías en museos[27].

Los robots sociales se pueden dividir en cuatro grupos los cuales son [28]:

- Robots socialmente evocativos: Estos tienen las características de ser antropomorfos con el fin de que el ser humano interactúa con ellos un claro ejemplo es el de las mascotas robóticas,
- Robots de interfaz social: Estos utilizan el modo de comunicación humana para facilitar la interacción. Un claro ejemplo son los robots con cierta inteligencia para ser capaz de transmitir mensajes apoyándose en gestos, expresiones entre otras herramientas,
- Robots receptivos: Estos utilizan el entrenamiento para aprender, tiene la particularidad de que las personas los pueden modelar sus comportamientos a través del habla o de gestos. Son robots pasivos, no se comprometen activamente para satisfacer los objetivos sociales internos,
- Robots sociales: Estos cuentan con sus propias metas y motivaciones internas. Intentan que las personas se involucren no solo con la necesidad de que ellos aprendan sino ambos aprender.

2.11 Cinemática directa

Determina cuál es la orientación final del extremo del robot, tomando en cuenta un sistema de coordenadas como referencia. Existe una variedad de métodos para resolver el problema, el más utilizado es el de Denavit-Hartenberg, ya que permite no solo saber la posición final de la última articulación sino de todas las articulaciones [29].

2.12 Red Inalámbrica

Las redes inalámbricas son aquellas que cuya principal característica es que el emisor y el receptor no se encuentran unidos por un medio físico, sino que viaja la información a través del espacio mediante la modulación de ondas electromagnéticas, es por esto por lo que carece de conductores eléctricos. Los dispositivos que realizan esta modulación se encuentran tanto en el emisor como en el receptor. Este tipo de redes fueron sujeto de estudio por muchos años, en la actualidad son muy populares y predominan en la mayoría de los campos. Las redes inalámbricas ofrecen una variedad de ventajas (Tabla 2.1 Ventajas y desventajas de las redes inalámbricas, por citar algunos tenemos: la reducción de costos, una fácil administración, su capacidad de atravesar ciertas barreras físicas y la facilidad de instalación [30].

2.12.1 Clasificación de las redes inalámbricas

Como se indica en la Ilustración 2.4 las redes inalámbricas se pueden dividir según su área de alcance, es por esto por lo que existen cuatro grupos los cuales son: Redes inalámbricas de área personal (WPAN), Redes inalámbricas de área local (WLAN), Redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN) y Redes inalámbricas de área amplia (WWAN) [31].

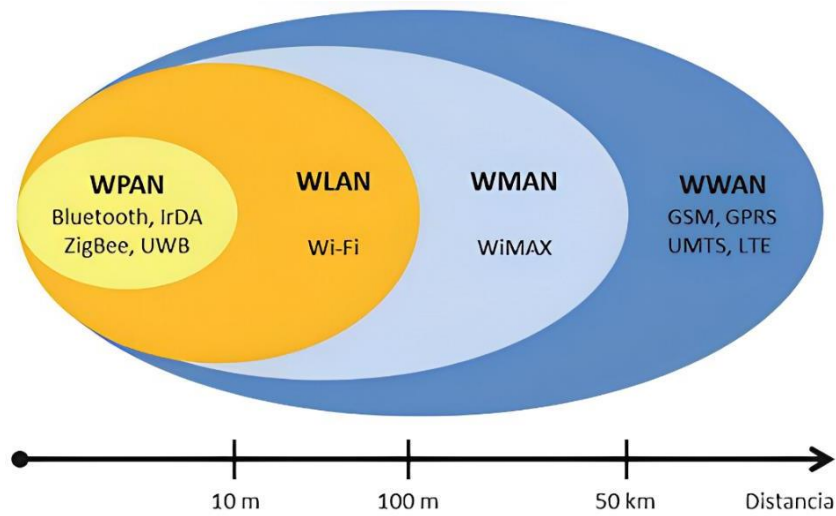


Ilustración 2.4 Clasificación de las redes inalámbricas.

Fuente: [32]

2.12.2 Ventajas y desventajas de las redes inalámbricas

En la Tabla 2.1 se puede observar las diferentes ventajas y desventajas de las redes inalámbricas.

Tabla 2.1 Ventajas y desventajas de las redes inalámbricas

Fuente: [33]

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ya no depende de un medio guiado, consta de un montaje mucho más rápido y un costo de instalación menor.	Su costo de implementación es mayor ya que los dispositivos para su implantación suelen ser caros.
Al no depender de un cable tiene mejor movilidad, dando como resultado un aumento en la productividad al facilitar el trabajo en lugares remotos.	Se depende del clima. Al ser transmitida por el espacio, si existe un mal clima, su señal baja dando como resultados una menor velocidad y que su tasa de errores sea mayor.
Tiene mayor accesibilidad, ya que ayudan integrar varias tecnologías en el mismo dispositivo.	Tienen una menor seguridad, la información viaja por el espacio, por lo que hackers puede hacerse de ella.

2.12.3 Redes inalámbricas de área personal

En las redes inalámbricas de área personal podemos encontrar diferentes tecnologías de uso tales como [34]:

- Bluetooth: Cuyo estándar es el IEE 802.15.1. Es encontrado en todo dispositivo de uso personal. Su última versión puede alcanzar velocidades de hasta 24 Mbps,
- HomeRF: Está más direccionado a los hogares digitales. Cuyo objetivo es formar una única red de voz y datos, esto mediante las normas de los teléfonos DECT y los teléfonos WIFI. Su segunda versión alcanza velocidades de hasta 10 Mbps,
- Infrarrojos: En el año de 1993 aparece esta forma de enviar datos. Aunque en la actualidad no se lo utiliza demasiado, puede alcanzar velocidades de hasta 4 Mbps,
- Zigbee: Esta forma una red en malla, tiene como principal característica su muy larga duración de batería, aunque su tasa de transmisión de datos alcanza hasta los 250 kbps.

2.12.4 Bluetooth

Fue una de las primeras tecnologías inalámbricas creadas para sustituir la conexión de dispositivos por medio de cables. Consta de una frecuencia de radio de tipo universal con un alcance máximo de hasta 10 metros. Su nombre proviene del Danés Harald Blatand quien unificó a Dinamarca y Noruega, luego este nombre fue adoptado, ya que se espera que Bluetooth sea capaz de unificar la industria del cómputo con las telecomunicaciones [35].

Tiene una gran variedad de características tales como [36]:

- Su especificación es abierta, esto quiere decir que está públicamente disponible y gratis,
- Su tecnología de corto alcance logra enviar datos hasta 10 metros de distancia, aunque si se trabaja en alta potencia se puede llegar a los 100 metros,
- Tiene una potencia de emisión pequeña, lo que le hace capaz de integrar dispositivos de pequeñas baterías,
- Es capaz de soportar tráfico de voz y datos,
- Su banda de operación es de 2.4 GHz, siendo una banda abierta mundialmente, lo que hace a esta tecnología gratuita.

3 CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de estudio del proyecto es descriptivo y experimental obteniendo diferentes datos. Se trabajó durante 3 semanas en el CDIM “La Condamine”, donde se aplicó el Test de imitación de gestos de Berges-Lezine dirigido a niños de 3 a 5 años para la estimulación de la motricidad gruesa. Aplicando metodología de robótica educativa. El grupo constaba de 10 estudiantes, cuyas edades variaban entre 3 y 4 años. Durante la primera semana se aplicó solo 8 movimientos del test, en la segunda semana ya fueron 14 movimientos aplicados, finalizando la tercera semana con 20 movimientos. La metodología de enseñanza mediante la robótica educativa constaba de dos dispositivos robóticos humanoides (Maestro y Esclavo). El Maestro era controlado únicamente por el docente realizando los movimientos del Test y Esclavo los replicaba trabajando solo con los estudiantes.

Además, se realizó la revisión y obtención sistemática de información de fuentes literarias reconocidas y de repositorios de diferentes universidades por su gran capacidad de investigación sobre la implementación de prototipos robóticos para la estimulación de la motricidad gruesa de niños de 3 a 5 años.

3.2 Diseño de Investigación

El diseño de investigación se dividió en 4 fases:

Fase 1: Se realizó la recolección de información científica respecto a la robótica educativa, las redes inalámbricas, prototipos robóticos humanoides y la motricidad gruesa de niños de 3 a 5 años y como esta puede mejorar el desarrollo de sus habilidades motrices.

Fase 2: Se diseñó y ensambló las partes mecánicas y electrónicas de los dos prototipos, además del cálculo de la cinemática de los dispositivos, así como los elementos adicionales de visualización y control.

Fase 3: Se programó cada uno de los dispositivos con sus respectivas tarjetas de envío y recepción de datos que permiten la comunicación de entre los robots. Logrando realizar las primeras pruebas de los dispositivos.

Fase 4: Se efectuó la evaluación del funcionamiento de los dispositivos en el medio real de trabajo. Esto en CDIM “La Condamine” trabajando con dos prototipos, el Maestro era operado por el docente y el Esclavo trabajaba únicamente con los estudiantes ejecutando el Test de imitación de movimientos de Berges-Lezine.

La Ilustración 3.1 da a conocer el diseño de la investigación basado en 4 fases principales, para evaluación del uso de robots humanoides como medio de estimulación de la motricidad gruesa en niños de 3 a 5 años del CDIM “La Condamine”.

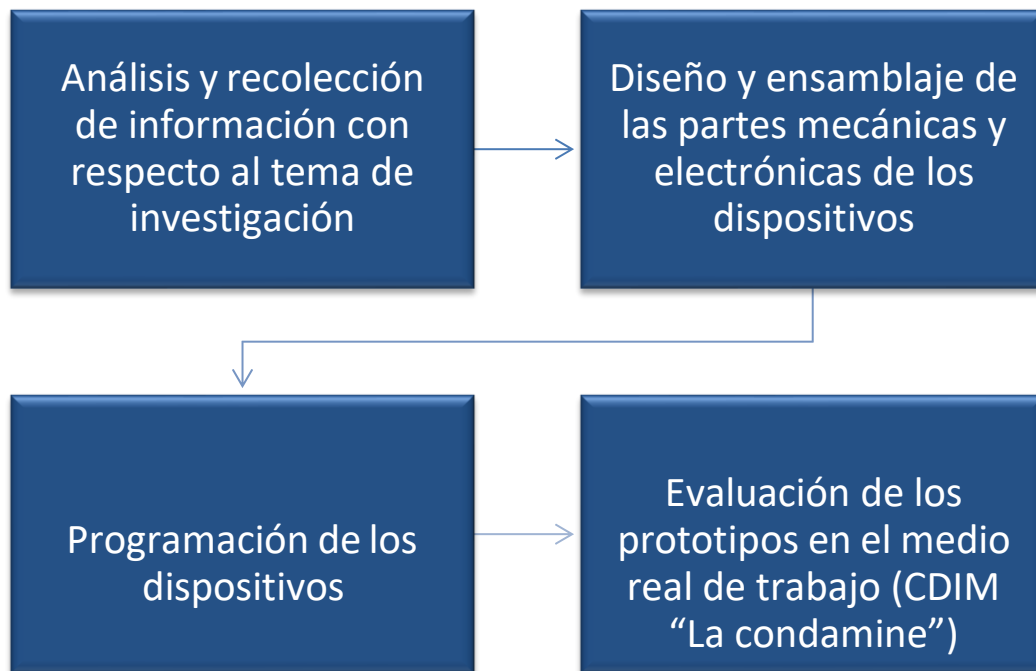


Ilustración 3.1. Diseño de la investigación.

3.3 Técnicas de recolección de Datos

La recolección de datos será mediante el Test de imitación de gestos de Bergez-Lezine [18]. El cual tiene su protocolo de prueba. Además, se recopiló información con respecto a la investigación, la misma que trata de la utilización de prototipos robóticos humanoides como método estimulación para la motricidad gruesa de niños de 3 a 5 años, de diferentes fuentes científicas.

3.4 Población de estudio y tamaño de muestra

3.4.1 Población

La población de este proyecto se compone de 45 datos generados por 10 estudiantes del CDIM “La Condamine”, mediante el número de movimientos completados exitosamente, para la cantidad de movimientos esperados, siendo 8, 14 y 20.

3.4.2 Muestra

La población de esta investigación es finita, por lo tanto, la fórmula para obtener su muestra es la ecuación (1).

Fórmula para el cálculo de muestra en poblaciones finitas [37]:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra o la cantidad de elementos a encuestar,

N : Tamaño de población,

Z : Número de unidades de desviación que indica el nivel de confianza adoptado,

e : el margen de error deseado, y está representado como tanto por ciento,

p : Probabilidad a favor (cumple con los requisitos del estudio),

q : Probabilidad en contra (no cumple con los requisitos del estudio).

Teniendo en cuenta que el nivel de confianza es de 95% cuya equivalencia es de $Z = 1.96$, la probabilidad a favor es $p = 0.5$, la probabilidad en contra es $q = 0.5$, el margen de error deseado es $e = 5\%$ lo que equivale a 0.05 y su población es de 45 datos.

$$n = \frac{45 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (45 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 40.37 \approx 40 \quad (2)$$

3.5 Operacionalización de las variables

Para la sustentación del análisis de los resultados obtenidos se escogió las siguientes cualidades del sistema tales como: Cantidad de movimientos y número de movimientos completados exitosamente como variables de estudio. En la Tabla 3.1 se puede visualizar de mejor manera las variables y procedimientos tratados durante esta investigación.

Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Independiente:</p> <p>Cantidad de movimientos.</p>	<p>Número de movimientos totales realizados de acuerdo con el test de Gestos de Berges-Lezine y a la edad seleccionada.</p>	<p>Metodología de enseñanza.</p>	<p>Prototipos robóticos.</p>
<p>Dependiente:</p> <p>Número de movimientos completados exitosamente.</p>	<p>Cantidad de movimientos realizados de manera correcta.</p>	<p>Test de imitación de Gestos de Berges-Lezine.</p>	<p>Encuestas. Equipo de cómputo. Software SPSS. Cámara de video</p>

3.6 Métodos de análisis

3.6.1 Test de imitación de gestos de Berges-Lezine

Mediante la revisión sistemática literaria de diferentes fuentes investigación, se logró determinar que: Para estimular la motricidad gruesa en niños de 3 a 5 años, el Test de imitación de Gesto de Berges-Lezine es el más adecuado. Este Test, tiene la finalidad de evaluar la capacidad de los niños para imitar gestos de las manos y los brazos, además sirve para determina si la motricidad de los niños es acorde a su edad.

El Test de imitación de Gestos de Berges-Lezine, admite 20 movimientos. Los movimientos (Tabla 3.3) del 1 al 10 son imitaciones de las manos y los movimientos (Tabla 3.4) del 11 al 20 son imitaciones de los brazos. Los puntajes mínimos para cada edad que establece este Test se encuentran en la Tabla 3.2.

A continuación, se describe la cantidad media de movimientos que puede realizar un niño considerando su edad.

- Del 1 al 8 a la edad de 3 años
- Del 9 al 13 a la edad de 4 años
- Del 14 al 18 a la edad de 5 años
- Del 19 al 20 a la edad de 6 años.

Por lo cual, se considera los parámetros propuestos por el Test de imitación de gestos de Berges-Lezine y se tabula la siguiente tabla de movimientos acertados, por cada niño considerando su edad.

Tabla 3.2 Puntuación del Test de imitación de gestos de Berges-Lezine

Fuente: [18]

PUNTOS	EDAD
8 puntos	3 años
15 puntos	4 años
18 puntos	5 años
20 puntos	6 años

En este Test se debe considerar los éxitos y los fracasos al realizar cada movimiento, es decir, cada movimiento exitoso se ira sumando 1 punto caso contrario se le sumara 0 puntos.

ÉXITOS:



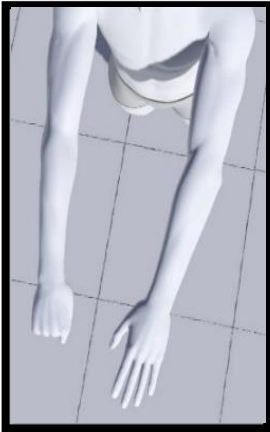

- La posición tiene que ser imitada de forma correcta, o bien un espejo o en transposición.
- No importa si el niño reacciona lentamente, la posición final es la que cuenta, el niño puede autocorregirse varias veces.



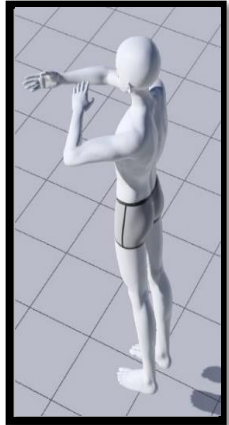
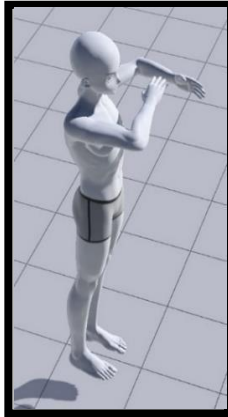
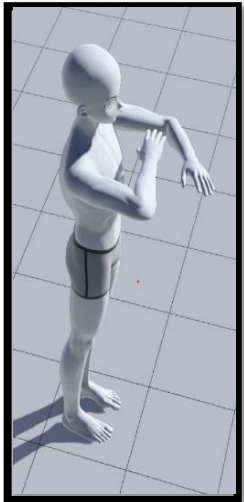
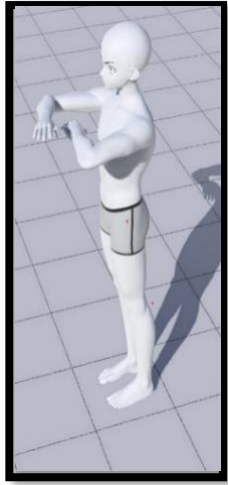
FALLOS:

- Deformaciones del modelo, como todos los errores en orientación vertical y horizontal que deforman el modelo, se consideran como fallo.

A continuación, en la Tabla 3.3 se puede observar los movimientos (1 al 10) de las manos, aplicando el Test de imitación de gestos de Berges-Lezine, para la medición de la motricidad gruesa en niños de 3 a 5 años.

Tabla 3.3 *Imitación de gestos simples de Berges-Lezine: movimientos (1-10) de las manos*
Fuente: [18]


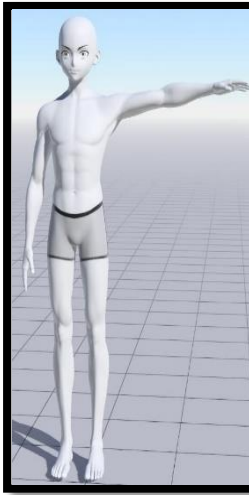


IMITACIÓN DE GESTOS SIMPLES: MOVIMIENTOS DE LAS MANOS (10 ÍTEMS).					
Nº	MOVIMIENTO	DESCRIPCIÓN	Nº	MOVIMIENTO	DESCRIPCIÓN
1		El operador presenta sus dos manos abiertas. Con las manos vueltas hacia el sujeto.	2		Se replica el movimiento anterior con los puños apretados.
3		Mano izquierda abierta y mano derecha cerrada.	4		Posición inversa al movimiento anterior.







5		<p>Mano izquierda de forma vertical y la mano derecha de forma horizontal, esta última se ubica topando la parte media de la palma de la mano izquierda.</p>	6		<p>Posición inversa al movimiento anterior.</p>
7		<p>Mano izquierda tendida, el pulgar a nivel del esternón. Mano y brazo derechos inclinados a 30 cm aproximadamente entre las dos manos.</p>	8		<p>Posición inversa al movimiento anterior.</p>
9		<p>Las manos están paralelas, la mano izquierda está delante de la mano derecha a una distancia de 20 cm aproximadamente y la mano izquierda está por encima de la mano derecha.</p>	10		<p>Posición inversa al movimiento anterior.</p>

A continuación, en la Tabla 3.4 se puede observar los movimientos (11 al 20) de los brazos, aplicando el Test de imitación de Gestos de Berges-Lezine, para la medición de la motricidad gruesa en niños de 3 a 5 años.

Tabla 3.4. Imitación de gestos simples de Berges-Lezine: movimientos (11-20) de los brazos

Fuente: [18]

IMITACIÓN DE GESTOS SIMPLES: MOVIMIENTOS DE LOS BRAZOS (10 ÍTEMS).					
Nº	MOVIMIENTO	DESCRIPCIÓN	Nº	MOVIMIENTO	DESCRIPCIÓN
11		Se tiende el brazo izquierdo hacia la izquierda en horizontal con la mano abierta y el brazo derecho hacia abajo de forma recta con la mano abierta.	12		Posición inversa al movimiento anterior.
13		Levantar el brazo izquierdo de forma recta hacia arriba y el brazo derecho se mantiene hacia abajo de forma recta.	14		Posición inversa al movimiento anterior.

15		<p>Levanta el brazo izquierdo y tiende el brazo derecho hacia su derecha de forma horizontal.</p>	16		<p>Posición inversa al movimiento anterior.</p>
17		<p>Tiende el brazo izquierdo hacia delante en forma recta y levanta el brazo derecho.</p>	18		<p>Posición inversa al movimiento anterior.</p>
19		<p>Los dos brazos oblicuamente inclinados mano izquierda en alto, mano derecha hacia abajo, el tronco permanece derecho.</p>	20		<p>Posición inversa al movimiento anterior.</p>

3.7 Diseño y Construcción de los Robots.

3.7.1 Diseño Estructural de los prototipos Maestro y Esclavo.

En el presente proyecto de investigación, se realizaron dos diseños 3D como se indica en la Ilustración 3.2 El primer diseño se denomina Prototipo Maestro y el segundo diseño, Prototipo Esclavo. Ambos robots se diseñaron en el software de modelado 3D.

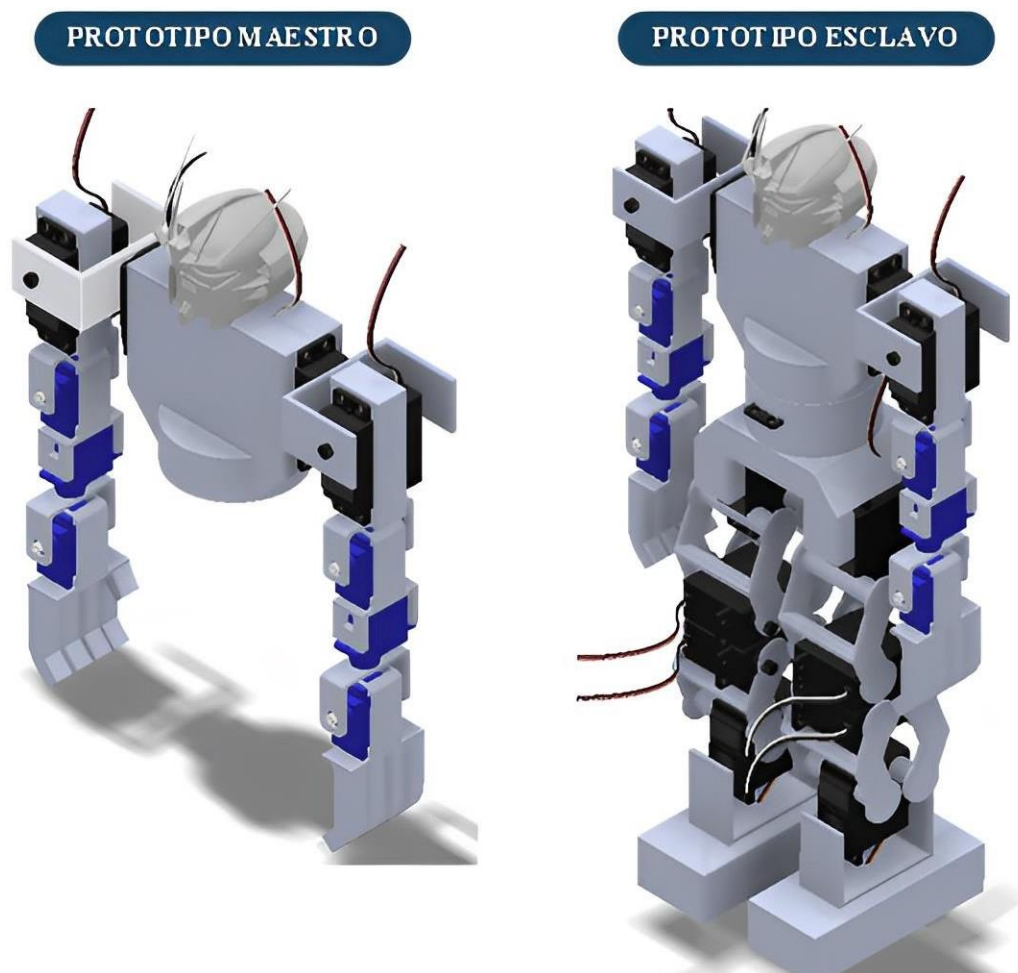


Ilustración 3.2 Diseño 3D del prototipo Maestro y Esclavo

1) Diseño del Robot Maestro.

A continuación, en la Ilustración 3.3, se muestra el diseño estructural del prototipo Maestro, el mismo que consta de tronco, cabeza y extremidades superiores. Los usuarios finales que utilizarán este robot son los docentes o tutores. El cual podrán controlar las extremidades superiores del prototipo de modo que dichos movimientos serán imitados por el prototipo Esclavo.

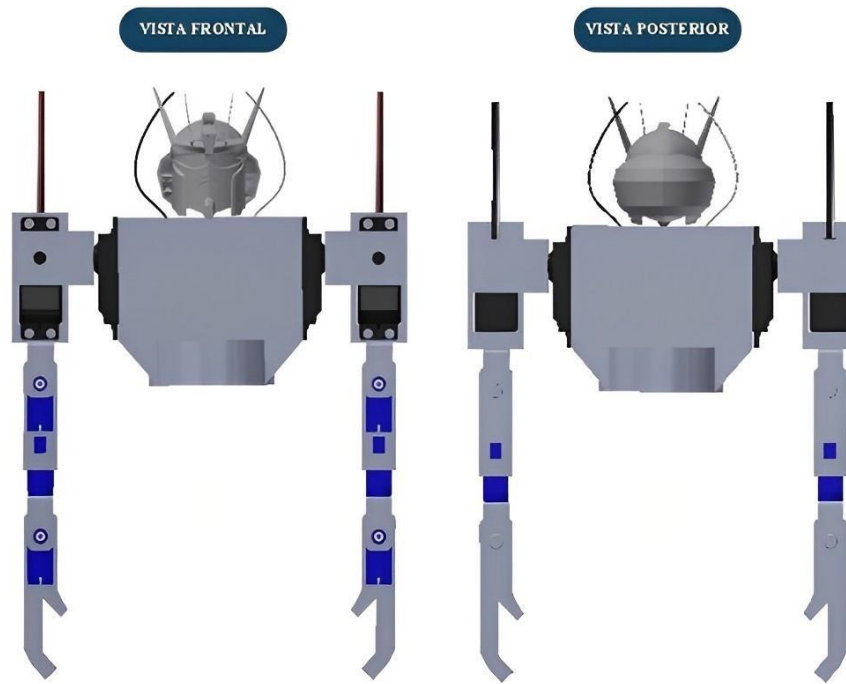


Ilustración 3.3 Diseño 3D del prototipo Maestro

2) Diseño del Robot Esclavo.

En la Ilustración 3.4 se muestra el diseño estructural del prototipo Esclavo, el cual consta de extremidades superiores, extremidades inferiores, tronco y cabeza. Este robot puede imitar la morfología y estructura humana, además, a estos dispositivos se los denominan robots humanoides. Los usuarios finales en usar este robot son los estudiantes de 3 a 5 años.

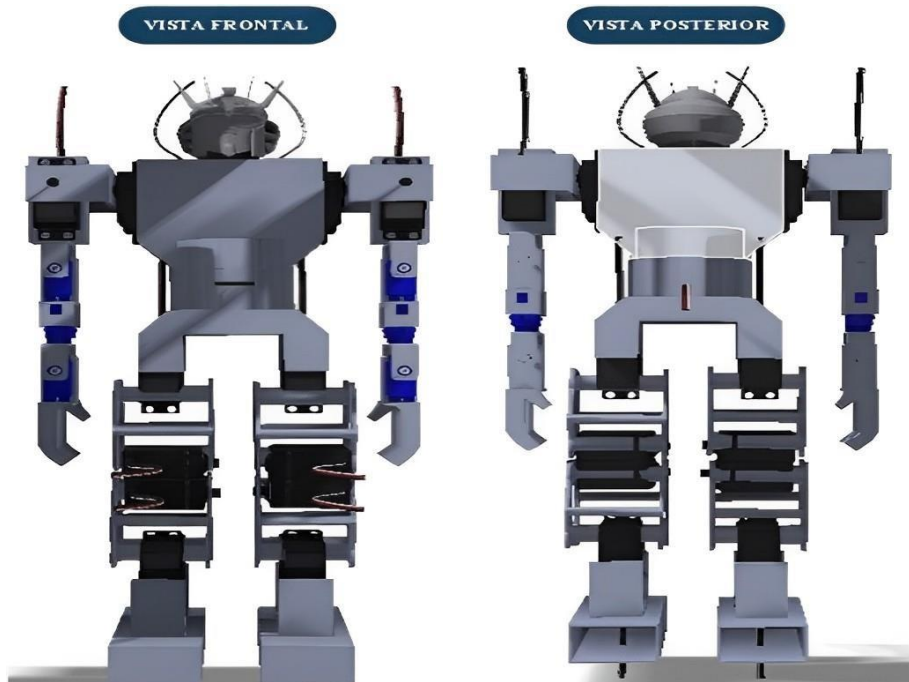


Ilustración 3.4. Diseño 3D del prototipo Esclavo

Tabla 3.5 Componentes electrónicos de los prototipos Maestro y Esclavo

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
3	Regulador de Voltaje Variable	Regula el voltaje de la Batería
2	Arduino nano 328P	Control General del Robot
17	Servomotores Hitec	Para las articulaciones Inferiores y superiores de los Robots
12	Micro servomotores	Para las articulaciones superiores de los Robots
2	Módulo HC-06	Establece conexión entre dispositivos
3	Batería Lipo2s, 7,4v, 1500 mah, Turnigy nano-tech	Alimentación DC para el Robot.

3.7.3 Ensamblaje de los prototipos Maestro y Esclavo.

Una vez diseñado los prototipos Maestro y Esclavo, el siguiente paso es imprimir las piezas 3D en filamento PLA. Luego se procede a ensamblar las piezas impresas, ubicando los servomotores y el circuito electrónico en la parte central de los dispositivos.

1) Ensamblaje del Prototipo Maestro.

Este prototipo está construido con filamento PLA y consta de articulaciones (Ilustración 3.6) como: tronco, cintura, hombros, codos, antebrazo, muñecas y manos. Estas articulaciones son importantes para realizar los movimientos planteados en la prueba de motricidad gruesa de Berges-Lezine. A continuación, se puede observar el ensamblaje del prototipo Maestro.

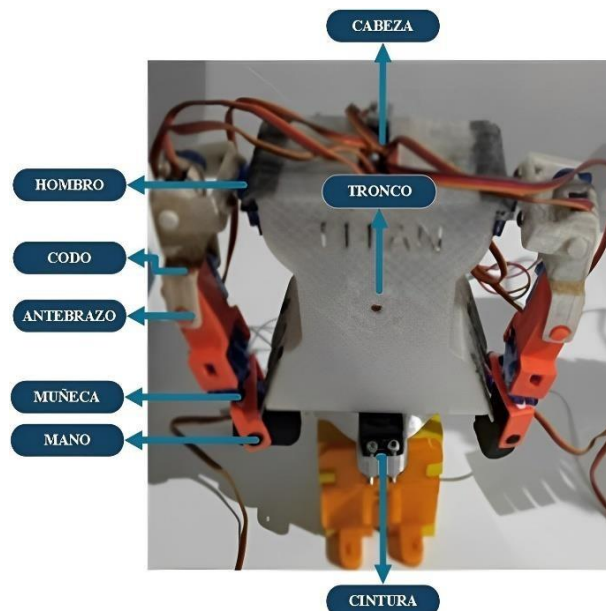


Ilustración 3.6 Ensamblaje del prototipo Maestro

2) Ensamblaje del Prototipo Esclavo.

Este prototipo está construido con filamento PLA y consta de articulaciones (Ilustración 3.7) como: extremidades inferiores, extremidades inferiores, cintura, tronco y cabeza. En la parte central del abdomen del robot se ubicará el circuito electrónico. Este prototipo es capaz de permanecer de pie sin ayuda adicional, además sus extremidades inferiores están bien diseñadas para que logre caminar y mantenerse de pie por medio de la programación implementada. En este caso, el prototipo Esclavo trabaja solo con sus extremidades superiores que son: hombros, codos, antebrazo, muñecas y manos, los cuales son articulaciones importantes para realizar los movimientos enviados por el dispositivo Maestro.

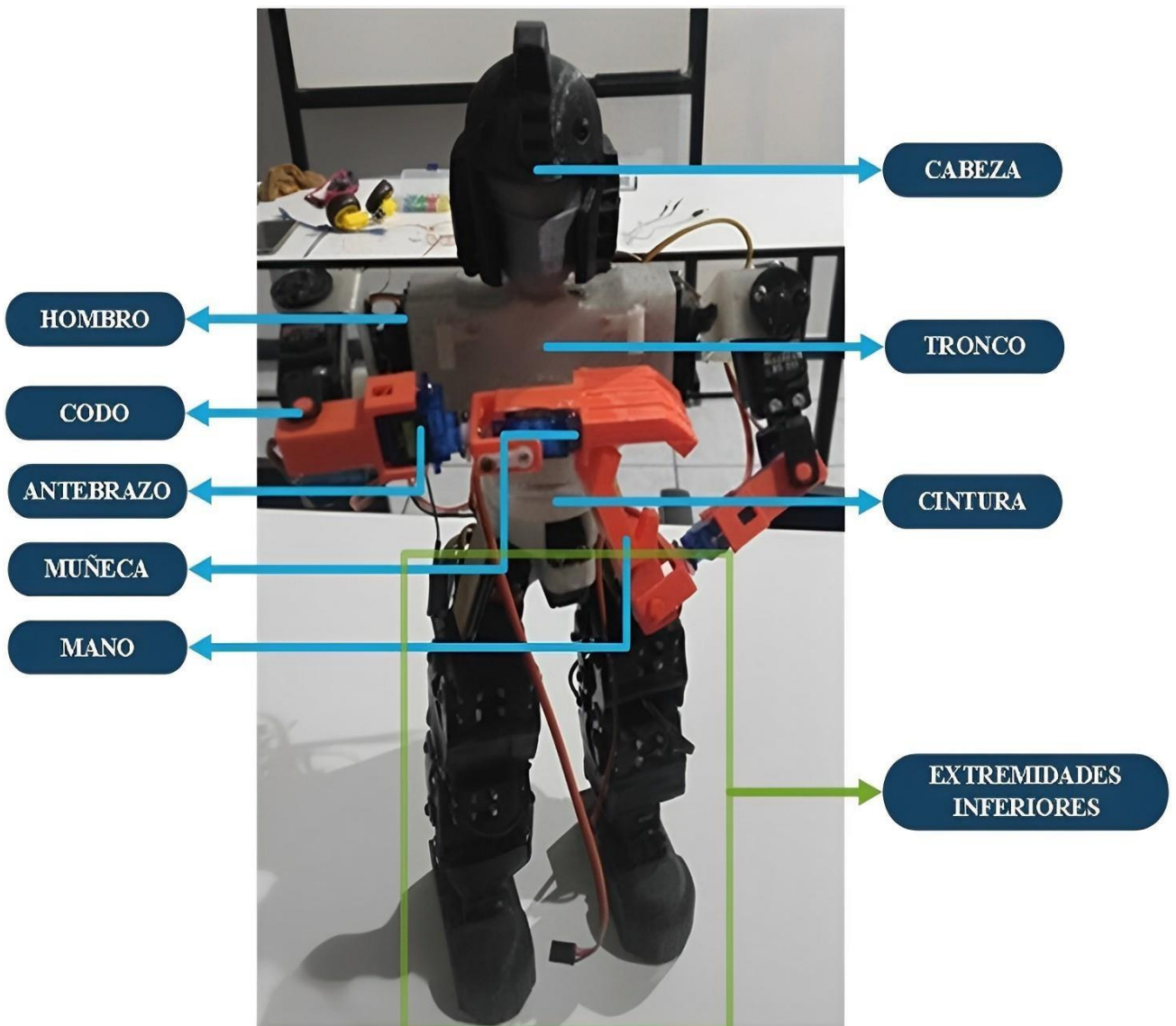


Ilustración 3.7 Ensamblaje del prototipo Esclavo

3.7.4 Cinemática directa de los Prototipos Maestro y Esclavo (5 grados de libertad)

Para determinar analíticamente los movimientos (posición final del robot: mano) que debe realizar el robot, se ha implementado una técnica denominada: cinemática directa. Esta técnica nos permite analizar los movimientos que ejecuta cada articulación del robot con relación a un sistema de referencia, donde es posible describir matemáticamente (Coordenadas X,Y,Z de cada articulación) cada movimiento de nuestro robot.

Para implementar la cinemática directa a nuestro robot, se debe considerar un método matemático que permita establecer la relación entre la orientación y la posición del extremo final (mano) del robot. Actualmente, existen muchos métodos matemáticos para una cinemática directa, pero los métodos más utilizados en robótica son: el Método Geométrico y el Método de Denavit Hartenberg

- **Denavit Hartenberg - DH**

Para el análisis matemático de los movimientos del robot se consideró el método de Denavit Hartenberg. Este método se basa en la asignación de sistemas de coordenadas a cada una de las articulaciones de nuestro robot. Estos sistemas de coordenadas se utilizan para calcular la posición y la orientación del extremo final del robot (mano) en función de las posiciones de sus articulaciones.

Para este análisis se debe considerar las extremidades superiores de nuestro robot (Ilustración 3.8), el cual constan de 5 articulaciones (5 grados de libertad) antes de llegar al extremo final (mano).

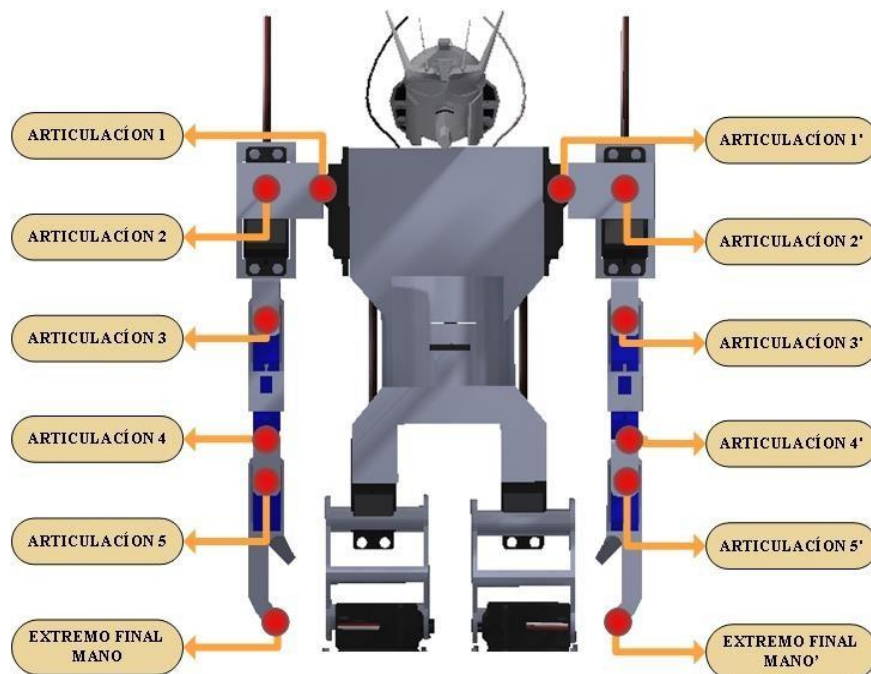


Ilustración 3.8. Articulaciones del robot

- **DH - Asignación de los sistemas de referencia a cada articulación**

En la Ilustración 3.9 se puede observar la posición de cada uno de los eslabones mismos que empiezan desde el pecho (X_0, Y_0, Z_0) y llegan hasta las manos (X_6, Y_6, Z_6), esto para obtener la cinemática de las extremidades superiores.

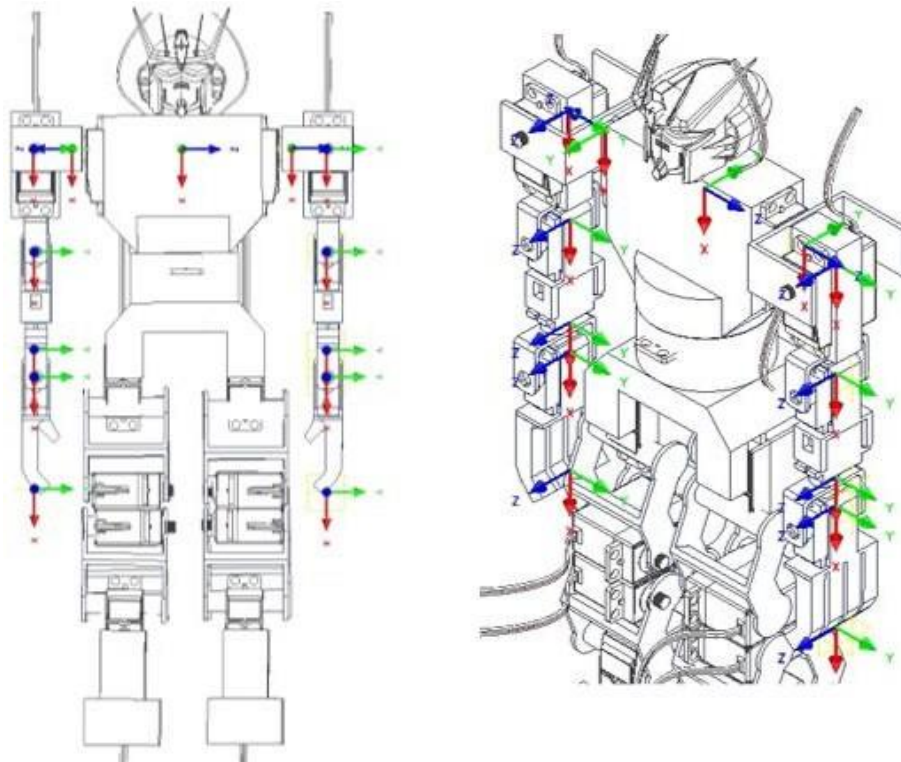


Ilustración 3.9 Posicionamiento de eslabones para el cálculo de cinemática directa

Se debe tener en cuenta que la orientación de los ejes (X_4, Y_4, Z_4) de la articulación 4, son los mismos de la articulación anterior (X_3, Y_3, Z_3), ya que los ejes (X_5, Y_5, Z_5) de la articulación 5 no cumple las propiedades de DH con respecto a la articulación 4, por lo cual, la rotación de la articulación 4 se da en el eje X_3 y no en el eje Z_4 .

- **DH - Parámetros del Sistema: Matriz DH**

El proceso para la obtención de los parámetros D-H es un proceso complejo, pero ayuda a entender cuanto y para que posición de los ejes se debe mover la articulación para llegar a un punto. En este caso se calcula la cinemática directa de las extremidades superiores de los prototipos maestro y esclavo. Por lo cual, se debe identificar los parámetros importantes de nuestro robot, en este caso, se considera las dimensiones de cada eslabón (L_0, L_1, L_2, L_3, L_4 y L_5) y la rotación de cada articulación (q_1, q_2, q_3, q_4 y q_5). A continuación, en la Ilustración 3.10, se detalla los parámetros que proporciona los prototipos maestro y esclavo.

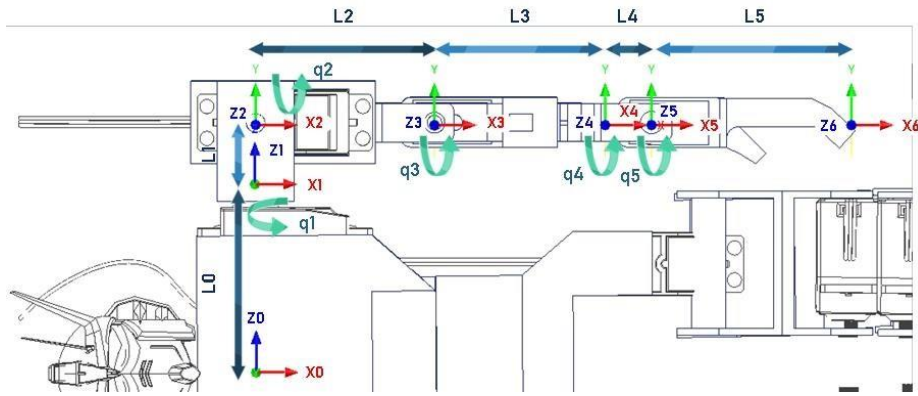


Ilustración 3.10 Parámetros de los robots maestro y esclavo para la cinemática directa

En la Tabla 3.6 se puede visualizar la obtención de cada uno de los parámetros de matriz de Denavit Hartenberg.

Tabla 3.6 Matriz DH del robot

MATRIZ DENAVIT HARTENBERG					
Articulación	Z		X		Q
	θ_i	d_i	a_i	α_i	
1	q1	L0+L1	0	90	q1
2	q2	0	L2	0	q2
3	q3	0	L3	q4	q3, q4
4	0	0	L4	0	0
5	q5	0	L5	0	q5

- **DH - Transformaciones Homogéneas**

Para determinar la matriz de transformación homogénea entre los sistemas de referencia asociados a las articulaciones de nuestro robot, se debe utilizar las matrices de rotación (3) y Traslación (4). La matriz de traslación se utiliza para describir el desplazamiento y la matriz de rotación se utilizan para describir la rotación del sistema de referencia alrededor de los ejes “X”, “Y” y “Z” del robot.

- 1) Matriz de Rotación y Traslación del eje Z

$$R_{z,\theta_i} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) & 0 & 0 \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$T_{z,d_i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

2) Matriz de Rotación (ecuación (5)) y Traslación (ecuación (6)) del eje X.

$$R_{x,\alpha_i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha_i) & -\sin(\alpha_i) & 0 \\ 0 & \sin(\alpha_i) & \cos(\alpha_i) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$T_{x,a_i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

3) Matriz de transformación homogénea

Luego de que se haya determinado las cuatro matrices (rotación $[R_{z,\theta_i}, R_{x,\alpha_i}]$ y traslación $[T_{z,d_i}, T_{x,a_i}]$), se procede a multiplicarlas entre si como indica la siguiente ecuación (7).

$$A_i^{*} = R_{z,\theta_i} \cdot T_{z,d_i} \cdot R_{x,\alpha_i} \cdot T_{x,a_i} \quad (7)$$

$$A_1^0 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & a & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos(\alpha_1) & -\sin(\alpha_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & d & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \sin(\alpha_1) & \cos(\alpha_1) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A continuación, se describe cada matriz homogénea de cada articulación.

- Articulación 1

$$A_1^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1) & 0 & \sin(q_1) & 0 \\ \sin(q_1) & 0 & -\cos(q_1) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_0 + L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

- Articulación 2

$$A_2^1 = \begin{bmatrix} \cos(q2) & -\sin(q2) & 0 & L2 * \cos(q2) \\ \sin(q2) & \cos(q2) & 0 & L2 * \sin(q2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

- Articulación 3,4

$$A_3^2 = \begin{bmatrix} \cos(q3) & -\cos(q4) * \sin(q3) & \sin(q3) * \sin(q4) & L3 * \cos(q3) \\ \sin(q3) & \cos(q3) * \cos(q4) & -\cos(q3) * \sin(q4) & L3 * \sin(q3) \\ 0 & \sin(q4) & \cos(q4) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

- Articulación 4

$$A_4^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

- Articulación 5

$$A_5^4 = \begin{bmatrix} \cos(q5) & -\sin(q5) & 0 & L5 * \cos(q5) \\ \sin(q5) & \cos(q5) & 0 & L5 * \sin(q5) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

4) Matriz T

Por último, multiplicamos las matrices de transformación homogénea para determinar la matriz T (ecuación (13)), el cual nos dará la orientación y posición del sistema de coordenadas del Robot final (mano) con respecto al sistema de coordenadas ubicado en la base del robot (Pecho).

$$T_5^0 = A_1^0 * A_2^1 * A_3^2 * A_4^3 * A_5^4 \quad (13)$$

$$\mathbf{T}^0 = \begin{bmatrix} \cos(q1) & 0 & \sin(q1) & 0 & \cos(q2) & -\sin(q2) & 0 & L2 * \cos(q2) \\ \sin(q1) & 0 & -\cos(q1) & 0 & \sin(q2) & \cos(q2) & 0 & L2 * \sin(q2) \end{bmatrix}$$

$${}^5 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & L0 + L1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$* \begin{bmatrix} \cos(q3) & -\cos(q4) * \sin(q3) & \sin(q3) * \sin(q4) & L3 * \cos(q3) \\ \sin(q3) & \cos(q3) * \cos(q4) & -\cos(q3) * \sin(q4) & L3 * \sin(q3) \\ 0 & \sin(q4) & \cos(q4) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$* \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L4 & \cos(q5) & -\sin(q5) & 0 & L5 * \cos(q5) \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \sin(q5) & \cos(q5) & 0 & L5 * \sin(q5) \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T}_5^0 = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & P_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & P_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- **Simulación de la Cinemática Directa del Robot**

Luego de determinar las ecuaciones de la Cinemática directa de los prototipos, procedemos a desarrollar un algoritmo que permita simular los movimientos (Ilustración 3.11), considerando las ecuaciones anteriormente calculadas. Uno de los programas más utilizados en ingeniería que permite realizar cálculos y análisis de la cinemática de robots es Matlab.

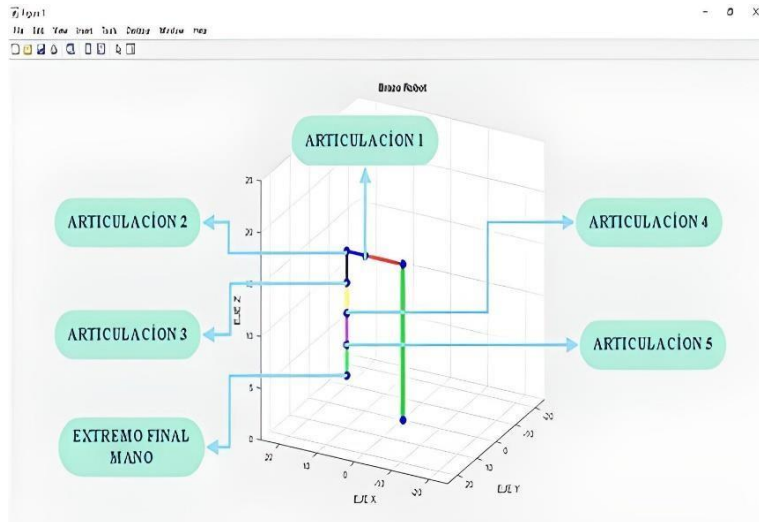


Ilustración 3.11 Brazo derecho del robot - Matlab.

Como se puede observar a continuación, la simulación de los resultados obtenidos sobre el análisis cinemático de las extremidades de los prototipos cumple con los movimientos necesarios para este proyecto de investigación. Además, esta simulación (Ilustración 3.12) analiza los movimientos que realiza cada eslabón desde la base hasta a la posición final (mano).

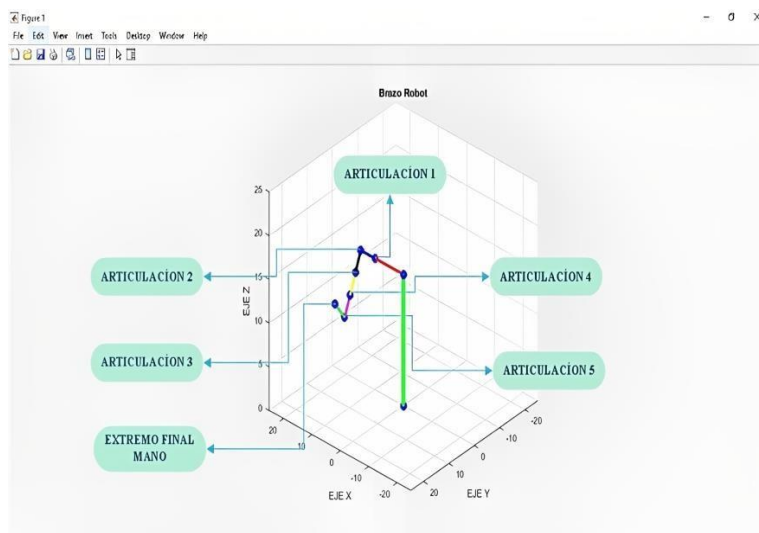


Ilustración 3.12 Simulación del brazo derecho del robot - Matlab

3.7.5 Programación de los dispositivos

Ambos dispositivos se comunican de forma inalámbrica por medio de la tecnología bluetooth. El dispositivo Maestro es el encargado de enviar datos, esto sucede cuando los servos cambian de posición, se almacenan todos los datos y se los envía al dispositivo Esclavo. El dispositivo Esclavo tiene almacenado un dato por defecto, este es de la posición inicial, esto se lo puede corroborar al momento de encender al prototipo, este se ubica en una posición ya establecida, luego este siempre está esperando la llegada de un dato realizando comparaciones constantemente, si el dato cambia lo recepta y mueve los servos a la posición según los datos recibidos. En la Ilustración 3.13 se puede observar de mejor manera mediante diagramas de flujo la programación de cada dispositivo.

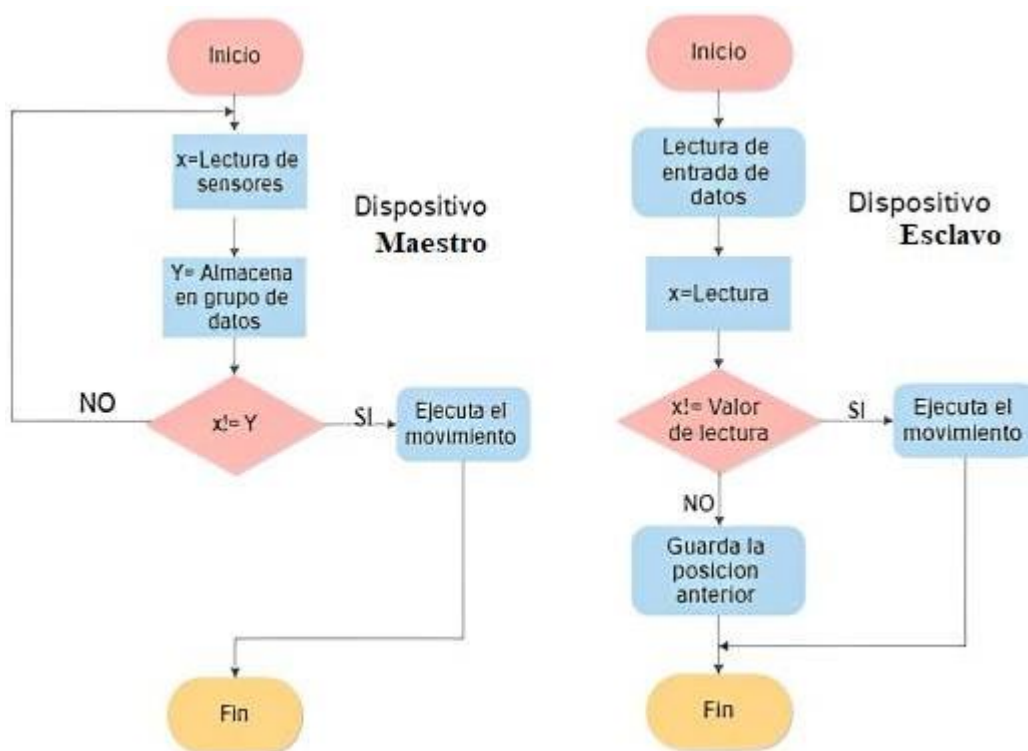


Ilustración 3.13 Diagramas de flujo de la programación de los dispositivos

3.7.6 Sistema de comunicación inalámbrico entre los prototipos Maestro y Esclavo

El sistema de comunicación entre los dispositivos es mediante el módulo HC-06. En donde el dispositivo Maestro envía los datos al dispositivo Esclavo de forma inalámbrica. En la Ilustración 3.14 se puede observar de mejor manera el sistema de comunicación entre dispositivos.



Ilustración 3.14 Comunicación entre dispositivo maestro y esclavo

3.7.7 Funcionamiento de los Prototipos Maestro y Esclavo

El robot Maestro, será el encargado de realizar los movimientos estimulantes para la motricidad gruesa expuestos en el test de imitación de gestos de Berges-Lezine, este solo interactuará con el docente, mientras que el robot Esclavo reproducirá los movimientos en un sitio remoto donde solo interactuará con los niños, esto mediante el envío de datos de forma inalámbrica. Finalmente, la evaluación se llevará a cabo a los niños que participen en la estimulación utilizando el robot. Aplicando un test de evaluación de desarrollo motriz adicional a la valoración basada en las variables propuestas. En la Ilustración 3.15 se muestra el funcionamiento del proyecto.



Ilustración 3.15 Funcionamiento general del proyecto

3.8 Procesamiento de Datos

3.8.1 Aplicación del protocolo de prueba de imitación de gestos de Berges-Lezine

Una vez finalizada la construcción e implementación de los Prototipos Maestro y Esclavo, se procederá a recolectar información sobre la imitación de gestos en niños de 3 a 5 años a través del test de Berges-Lezine. A continuación, en la Ilustración 3.16 se detalla el protocolo de prueba del test de imitación de gestos implementado.

The diagram shows a form titled "PROTOCOLO PRUEBA DE IMITACIÓN DE GESTOS. (J. BERGÉS – I. LÉZINE)". The form is divided into three main sections, each with a colored border and an arrow pointing to a label on the right:

- Datos Generales (Yellow border):** Contains fields for "Nombre:", "Sexo:", "Fecha de nacimiento:", "Edad:", "Fecha de aplicación:", "Nombre del examinador(a):", and "Método de evaluación:".
- Resultados (Green border):** Contains a table with columns "PRUEBA", "PUNTAJE", "RANGO", and "OBSERVACIONES". The first row is labeled "Imitación de gestos simples".
- Observaciones Generales (Orange border):** Contains a section labeled "Observaciones generales:" followed by ten horizontal lines for text entry.

Ilustración 3.16 Test de imitación de gestos de Berges-Lezine: datos y resultados

Como se puede observar en la Ilustración 3.16 el Test de imitación de Gestos está compuesta por diferentes 5 secciones. En la primera sección se debe llenar con la identificación (nombres y apellidos) del niño evaluado, sexo (masculino y femenino), edad, Fecha de

Nacimiento (día/mes/año), Fecha de cuando fue evaluado, Nombre del Evaluador y el Tipo de evaluación (técnica: robótica educativa) aplicado.

En la segunda sección se debe especificar el Puntaje Final que obtuvo el niño evaluado, además se debe considerar el rango de dicha evaluación y si tuvo alguna observación en particular.

Luego, en la tercera sección, se deberá detallar las observaciones generales del niño evaluado como, por ejemplo: Si el niño tiene dificultad al imitar los gestos, o se distrae muy rápido, etc.

En la cuarta sección (Ilustración 3.17), se debe cuantificar los aciertos y los fracasos de la imitación de gestos de las manos. Cabe mencionar que son 10 movimientos y las imitaciones acertadas se los considera con una puntuación de 1 y los movimientos fracasados con una puntuación de 0.

Por último, se debe cuantificar los aciertos y los fracasos de la imitación de gestos de los brazos. De igual forma son 10 movimientos y las imitaciones acertadas se los considera con una puntuación de 1 y los movimientos fracasados con una puntuación de 0.

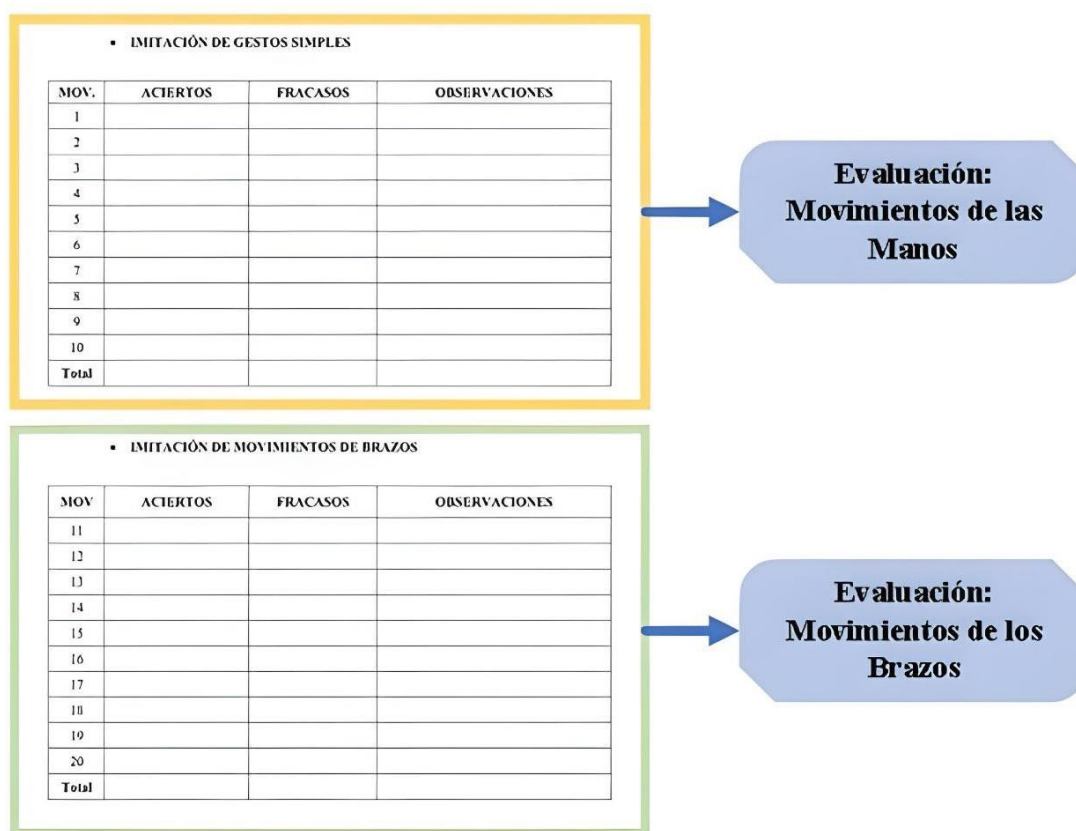


Ilustración 3.17 Test de Imitación de Gestos de Berges-Lezine: evaluación

4 CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación son los datos recolectados y analizados de los niños de 3 y 4 años. En el cual, se evaluó la imitación de gestos (motricidad gruesa) a través del Test de Berges-Lezine, mediante la técnica de Robótica Educativa. El resultado obtenido de esta evaluación, se lo denomina Puntuación Total y es la cantidad de movimientos acertados satisfactoriamente por cada niño.

La evaluación se lo realiza, por medio de la imitación de 20 movimientos (1-10, manos; 11-20, brazos), en el cual, el docente realiza diferentes movimientos de gestos a través del Prototipo Maestro donde dichos movimientos son enviados al Prototipo Esclavo. Los movimientos receptados son replicados por el Prototipo Esclavo, y a su vez, los niños imitarán los movimientos que ejecuta el Prototipo (Ilustración 4.1). Para que exista una mayor dinámica en los 20 ejercicios, se efectuó el “El juego del calentamiento” la cual es una canción infantil que se adaptó a esta prueba, esto con el fin de que existe una mejor pedagogía de enseñanza para los niños.



Ilustración 4.1. Evaluación de la imitación de gestos a través del Test de Berges-Lezine mediante la técnica de robótica educativa.

Para cuantificar los movimientos acertados, el docente mediante la observación directa del comportamiento de los niños registra los logros de cada movimiento. Cada movimiento acertado equivale a 1 punto y cada movimiento fallido equivale a 0 Puntos. Por lo tanto, la Puntuación total de cada niño es la suma de cada movimiento acertado. Por último, el resultado obtenido se compara con la tabla normalizada del Test de Berges-Lezine, el cual nos ayudara a determinar si el desarrollo psicomotor de los niños si a su edad se encuentra dentro del rango esperado.

Los datos recolectados fueron tomados en un lapso de tres semanas. En cada semana se fueron tomando los datos considerando el número de movimientos del Test de Berges-Lezine como se indica Tabla 4.1. En el transcurso de cada semana se iban aumentando los movimientos con la finalidad de que cada niño pueda aprender cada movimiento de manera progresiva.

Tabla 4.1 Numero de movimientos evaluados por cada semana

Numero de Movimientos	Numero de Semanas
8	Semana 1
15	Semana 2
20	Semana 3

A continuación, se realiza el análisis estadístico de los datos recolectados de la Puntuación Total de los niños de 3 y 4 años edad a través del Test de Berges-Lezine mediante la técnica de Robótica Educativa solo de la tercera semana, es decir, se analizará la puntuación total de 20 movimientos evaluados. Esta consideración se lo realiza por qué el Test de Berges-Lezine evalúa todos los movimientos y los cuantifica en una tabla estandarizada de 20 movimientos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL TEST DE BERGES-LEZINE: ROBÓTICA EDUCATIVA.

El Test de normalidad nos indica si las muestras del presente proyecto de investigación presentan una distribución normal, es decir son paramétricas, de lo contrario se las denomina no paramétricas y es cuando los datos no presentan una distribución anormal. Además, se considera la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (ecuación (14)), ya que los datos procesados en esta investigación son menores a 50.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (14)$$

Donde:

$x_{(i)}$: Valores de muestra aleatorios (ordenados)

\bar{x} : Media Muestral

$a_{(i)}$: Constantes generadas a partir de las covarianzas, varianzas y medias de la muestra.

Prueba de Normalidad: De la Puntuación Total con la prueba de Shapiro-Wilk.

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 4.2 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa)

PRUEBAS DE NORMALIDAD						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Puntuación Total	0,220	45	0,000	0,871	45	0,000

Discusión: Como resultado de la prueba de normalidad (Tabla 4.2), se obtiene un p_valor menor a 0.05, es decir, se rechaza la hipótesis nula y se aceptan la hipótesis alterna, ya que los datos de la puntuación total no tienen una distribución normal. Por lo tanto, se procede al estudio No Paramétrico.

4.1 Análisis de la puntuación Total por semanas (3) en niños de 3 años.

- **Prueba de Kruskal-Wallis**

La prueba de Kruskal-Wallis (ecuación (15)) es una prueba estadística no paramétrica que se utiliza para comparar tres o más muestras independientes y determinar si existen diferencias significativas entre ellas.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^g n_i (r - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2} \quad (15)$$

Donde:

n_i : Numero de observaciones en el grupo i ,

r_{ij} : Rango (entre todas las observaciones) de la observación j en el grupo i ,

N : Número total de observaciones entre todos los grupos,

$$\bar{r}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}}{n_i},$$

$$\bar{r} = \frac{(N+1)}{2}$$

Promedio de r_{ij} .

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : Las medianas de las tres semanas son iguales.

H_1 : Al menos dos medianas de las tres semanas son diferentes.

Tabla 4.3 Prueba de Kruskal-Wallis del total de aciertos con respecto a las tres semanas de trabajo con niños de tres años mediante la metodología de robótica educativa.

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	ACIERTOS
H de Kruskal-Wallis	78,842
Gl	2
Sig. asintótica	,000
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: semanas	

Discusión: Como resultado obtenido de la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 4.3), el p-valor = 0,000, es decir, el p-valor es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. En conclusión, se demuestra que al menos dos de las medianas de las tres semanas de trabajo son diferentes.

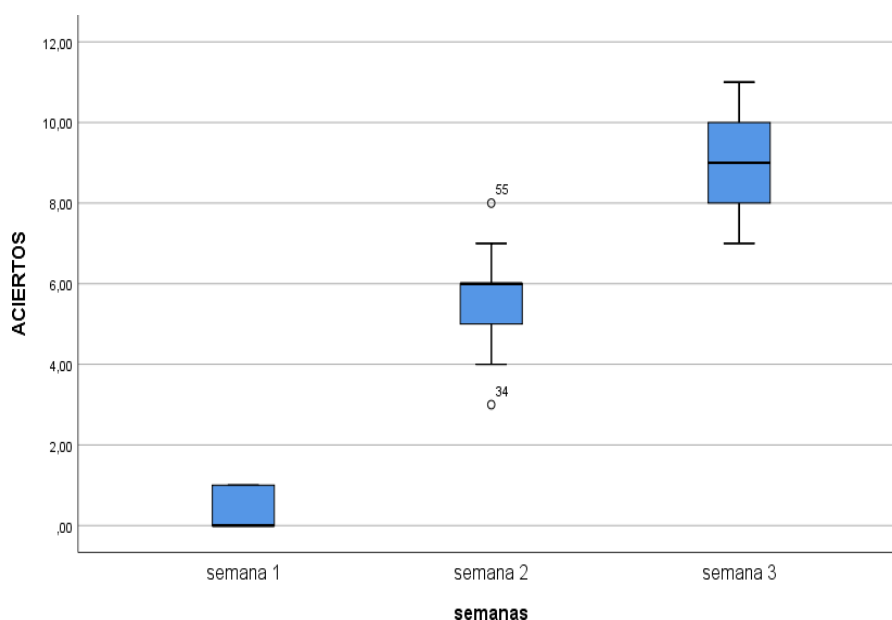


Ilustración 4.2 Diagrama de cajas: Total de aciertos con respecto a las tres semanas de trabajo.

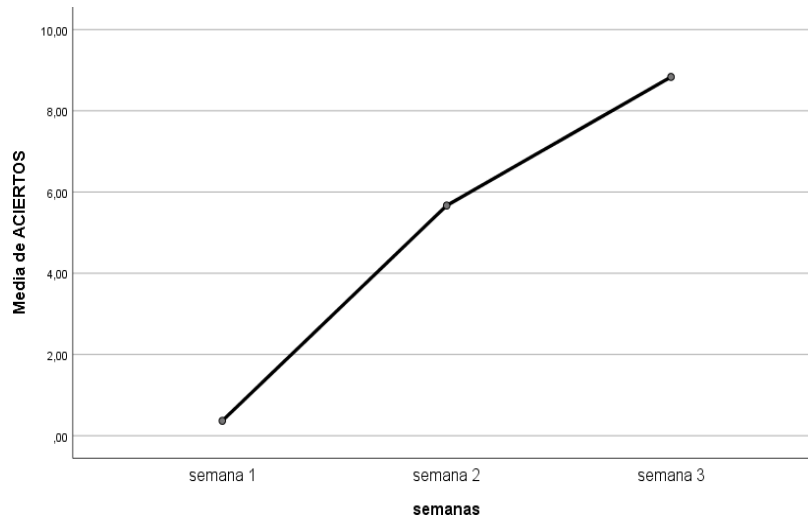


Ilustración 4.3. Diagrama lineal: Mediana del total de aciertos en cada semana de trabajo en niños de 3 años.

En la Ilustración 4.2 se puede observar el diagrama de cajas del total de aciertos que tuvieron los estudiantes en las tres semanas de trabajo. En la Ilustración 4.3 se puede visualizar la media del total de aciertos en las semanas de trabaja concluyendo que el aprendizaje es progresivo aumentando la cantidad de aciertos cada semana en los niños de 3 años.

4.2 Análisis de la puntuación Total por semanas (3) en niños de 4 años.

- **Prueba de Kruskal-Waillis:** Ecuación (15)
- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : Las medianas de las tres semanas son iguales.

H_1 : Al menos dos medianas de las tres semanas son diferentes.

Tabla 4.4 Prueba de Kruskal-Waillis del total de aciertos con respecto a las tres semanas de trabajo con niños de tres años mediante la metodología de robótica educativa.

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	ACIERTOS
H de Kruskal-Wallis	39,202
Gl	2
Sig. Asintótica	,000
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: semanas	

Discusión: Como resultado obtenido de la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 4.4), el p-valor = 0,000, es decir, el p-valor es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. En conclusión, se demuestra al menos dos de las medianas de las tres semanas de trabajo son diferentes.

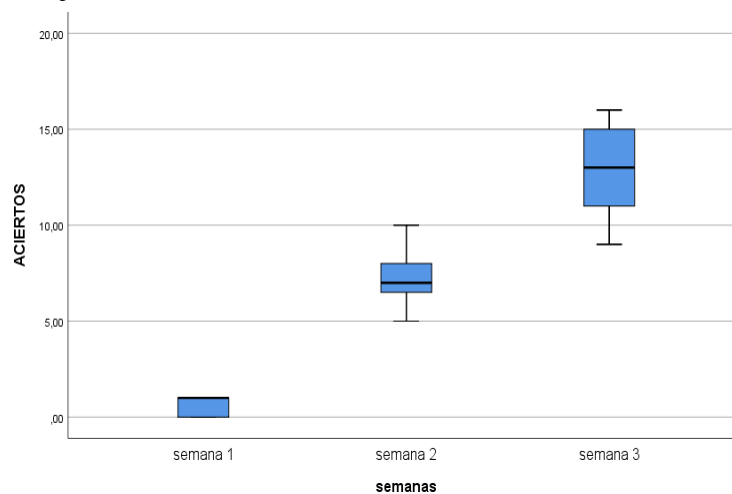


Ilustración 4.4 Diagrama de cajas: Total de aciertos con respecto a las tres semanas de trabajo en niños de 4 años.

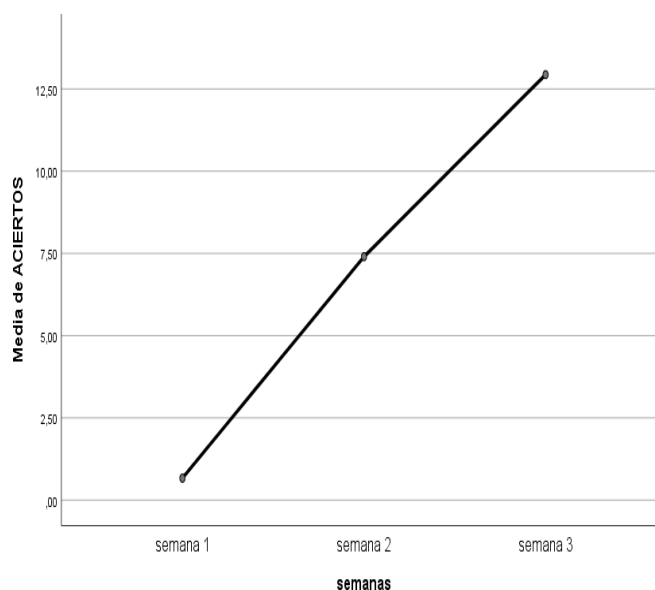


Ilustración 4.5 Diagrama lineal: Mediana del total de aciertos en cada semana de trabajo en niños de 4 años.

En la Ilustración 4.4 se puede observar el diagrama de cajas del total de aciertos que tuvieron los estudiantes en las tres semanas de trabajo. En la Ilustración 4.5 se puede visualizar la media del total de aciertos en las semanas de trabajo concluyendo que el aprendizaje es progresivo aumentando la cantidad de aciertos cada semana en los niños de 4 años.

4.3 Análisis de la Puntuación Total vs Edad

- **Análisis Descriptivo:** Puntuación Total vs Edad (Niños de 3 y 4 años).

Tabla 4.5 Análisis descriptivo de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) considerando la edad

PUNTAJACIÓN TOTAL	ESTADÍSTICOS			
	ANÁLISIS		NIÑOS DE 3 AÑOS	NIÑOS DE 4 AÑOS
	N	Válido	30	15
	Perdidos	0	0	
	Media	8,83	12,93	
	Moda	9	13 ^a	
	Desv. Desviación	1,117	2,374	
	Mínimo	7	9	
	Máximo	11	16	

Discusión: Como resultado del análisis descriptivo del Test de Berges-Lezine mediante la técnica de Robótica Educativa, se puede observar en la Tabla 4.5, que la media de la puntuación total de los niños de 3 años es de 8.83 y de los niños de 4 años es de 12.93, Por lo tanto, estos promedios se comparan con la tabla normalizada del Test de Berges-Lezine y se determina que: los niños de 3 años sobrepasan la media normalizada de 8 y se concluye que tienen un excelente desarrollo psicomotor a su edad y se encuentran dentro del rango esperado. Con respecto a los niños de 4 años, la media de la puntuación total está por debajo de la media normalizada que es 15, por lo que se determina que tienen un buen desarrollo psicomotor a su edad, pero no se encuentran dentro rango esperado y esto sucede porque los niños de 4 años tienen menos curiosidad en la técnica de Robótica Educativa.

- **Histogramas:** Puntuación Total (Niños de 3 años) vs Frecuencia

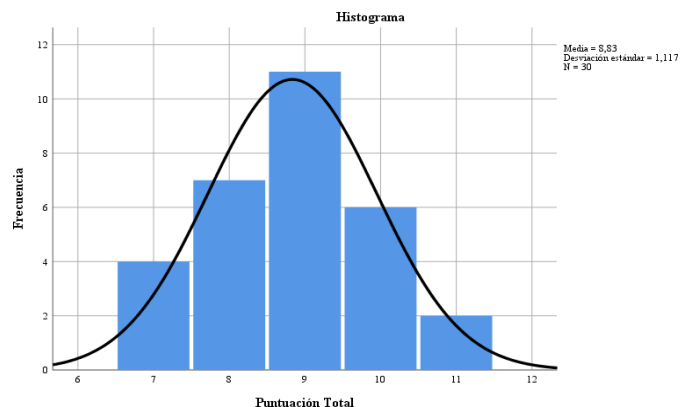


Ilustración 4.6 Histograma de frecuencia: puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años

Discusión: Como resultado obtenido del análisis gráfico (Histograma de Frecuencia) del Test de Berges-Lezine en niños de 3 años, se puede observar en la Ilustración 4.6, la puntuación total que frecuentan los niños:

- 9, Puntuación demasiado Frecuente (11 niños)
- 8 y 10, Puntuación más Frecuente (7 y 6 niños)
- 7 y 11, Puntuación Menos Frecuente (4 y 2 niños)

Por lo cual, se determina que la mayoría de los niños de 3 años, en la tercera semana de evaluación, obtuvieron una puntuación de 9 el cual supera la media de la puntuación estandarizada de 8 del Test de Berges-Lezine, esto quiere decir, que el aprendizaje mediante la técnica de robótica educativa es progresivo en los niños de 3 años.

- **Histogramas:** Puntuación Total (Niños de 4 años) vs Frecuencia

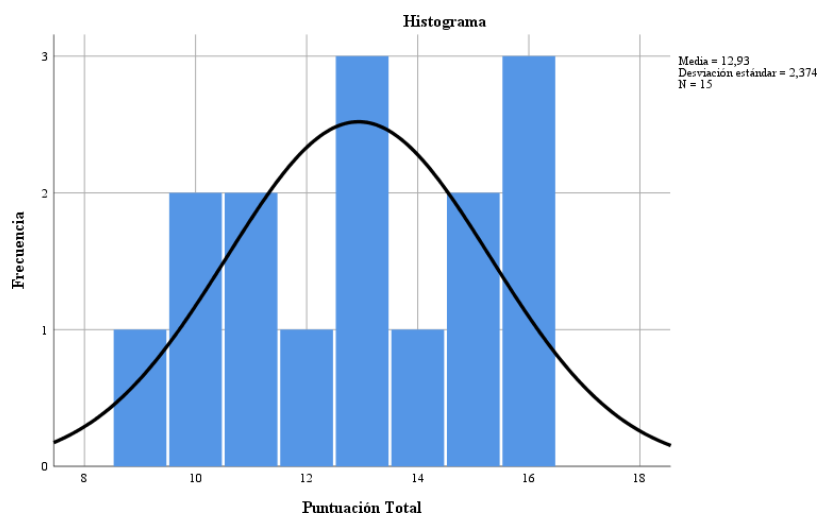


Ilustración 4.7 Histograma de frecuencia: puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años

Discusión: Como resultado obtenido del análisis gráfico (Histograma de Frecuencia) del Test de Berges-Lezine en niños de 4 años, se puede observar en la Ilustración 4.7, la puntuación total que frecuentan los niños:

- 13 y 16, Puntuación demasiado Frecuente (3 y 3 niños)
- 10,11 y 15, Puntuación más Frecuente (2, 2 y 2 niños)
- 9,12 y 14 Puntuación Menos Frecuente (1, 1 y 1 niños)

Por lo cual, se determina que la mayoría de los niños de 4 años, en la tercera semana de evaluación, obtuvieron una puntuación de 13 y 16 equivalentes a la media de la puntuación estandarizada de 15 del Test de Berges-Lezine, esto quiere decir, que el aprendizaje mediante la técnica de robótica educativa es progresivo en los niños de 4 años.

4.1.1. Prueba de Hipótesis de la Puntuación total considerando la edad.

- **Planteamiento de hipótesis:**

H_0 : La *mediana* de la Evaluación del Test de Berges-Lezine mediante la técnica de Robótica Educativa en niños de 3 y 4 años son *iguales*.

H_1 : La *mediana* de la Evaluación del Test de Berges-Lezine mediante la técnica de Robótica Educativa en niños 3 y 4 años son *diferentes*.

- **Prueba de U de Mann-Whitney:** Ecuaciones (16) y (17)

La prueba de U de Mann-Whitney es una prueba estadística no paramétrica que se utiliza para comparar dos muestras independientes (numérica vs categórica) y determinar si existen diferencias significativas entre ellas.

$$U_1 = n_1 n_2 \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (16)$$

$$U_2 = n_1 n_2 \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2 \quad (17)$$

Donde:

n_1, n_2 : Tamaño de cada muestra,

R_1, R_2 : Suma de los Rangos,

U_1, U_2 : Se define como el mínimo.

Tabla 4.6. Resumen de contrastes de hipótesis de prueba de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) considerando la edad

RESUMEN DE CONTRASTES DE HIPÓTESIS				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Puntuación Total es la misma entre categorías de Edad de los Estudiantes.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	0,000001	Rechace la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.				

Discusión: Como resultado obtenido de la prueba de U de Mann Whitney (Tabla 4.6), el p-valor = 0,000001, es decir, el p-valor es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. En conclusión, se demuestra (Ilustración 4.8 e Ilustración 4.9) que la puntuación total de los niños 3 y 4 años son diferentes, Por lo cual, se considera la tabla normalizada del Test de Berges-Lezine y se determina que la diferencia de la media de la puntuación total (15 – 8; movimientos) entre los niños de 3 y 4 años es de 7 movimientos.

- **Diagramas de Caja:** Puntuación Total vs Edad (Niños de 3 y 4 años)

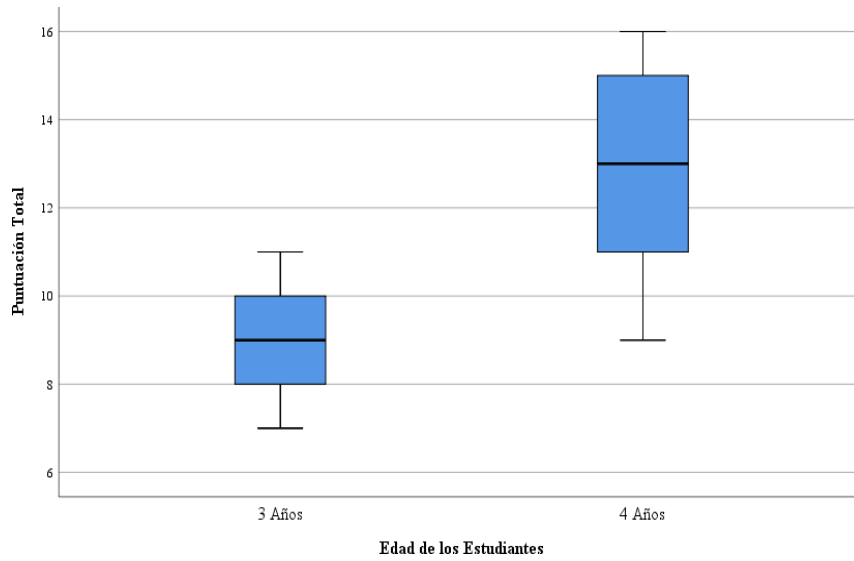


Ilustración 4.8 diagramas de cajas: puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 y 4 años

- **Diagrama Lineal:** Media de la Puntuación Total vs Tiempo vs Edad

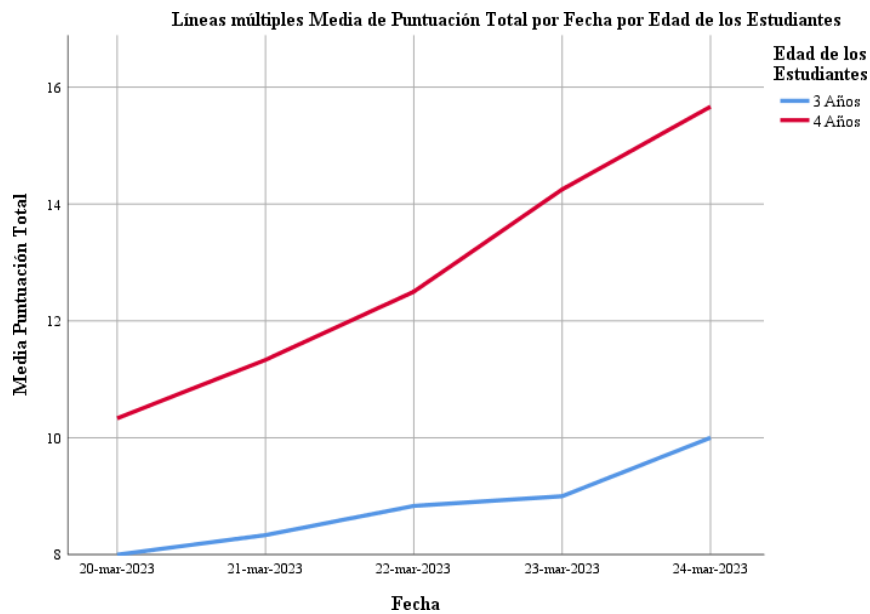


Ilustración 4.9 Diagrama lineal: Tendencia de la media de la puntuación total vs fecha vs edad

4.4 Análisis de la Puntuación Total vs Género

- **Análisis Descriptivo:** Puntuación Total vs Género.

Tabla 4.7 Análisis descriptivo de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) considerando el género

		ESTADÍSTICOS		
		ANÁLISIS	FEMENINO	MASCULINO
PUNTUACIÓN TOTAL	N	Válido	25	20
		Perdidos	0	0
	Media	9,48	11,10	
	Mediana	9,00	10,50	
	Moda	9	8	
	Desv. Desviación	1,735	3,093	
	Rango	8	9	
	Mínimo	7	7	
	Máximo	15	16	

Discusión: Como resultado del análisis descriptivo del Test de Berges-Lezine mediante la técnica de Robótica Educativa, se puede observar en la Tabla 4.7, que la media de la puntuación total de los niños de género femenino es de 9,48 y de los niños de género masculino es de 11.10, Por lo tanto, se determina que: los niños de género masculino sobrepasan la media puntuación total de los niños de género femenino. Este resultado obtenido nos indica que los niños de género masculino tienen más curiosidad en el aprendizaje mediante la técnica de robótica educativa.

- **Histogramas:** Puntuación Total (Género Femenino) vs Frecuencia

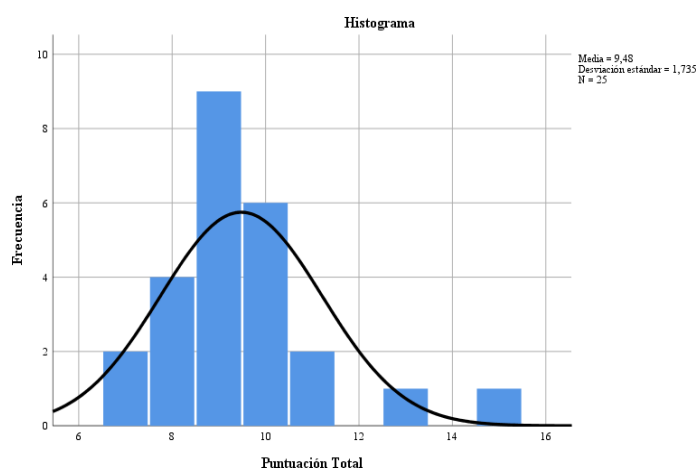


Ilustración 4.10. Histograma de frecuencia: puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en el género femenino

Discusión: Como resultado obtenido del análisis gráfico (Histograma de Frecuencia) del Test de Berges-Lezine en niños de género femenino, se puede observar en la Ilustración 4.10 la puntuación total que frecuentan los niños:

- 9, Puntuación demasiado Frecuente (9 niñas)
- 8 y 10, Puntuación más Frecuente (4 y 6 niñas)
- 7 y 11, Puntuación Menos Frecuente (2 y 2 niñas)

Por lo cual, se determina que la mayoría de los estudiantes de género femenino, en la tercera semana de evaluación, obtuvieron una puntuación de 9, esto quiere decir, que el aprendizaje mediante la técnica de robótica educativa es progresivo.

- **Histogramas:** Puntuación Total (Género Masculino) vs Frecuencia

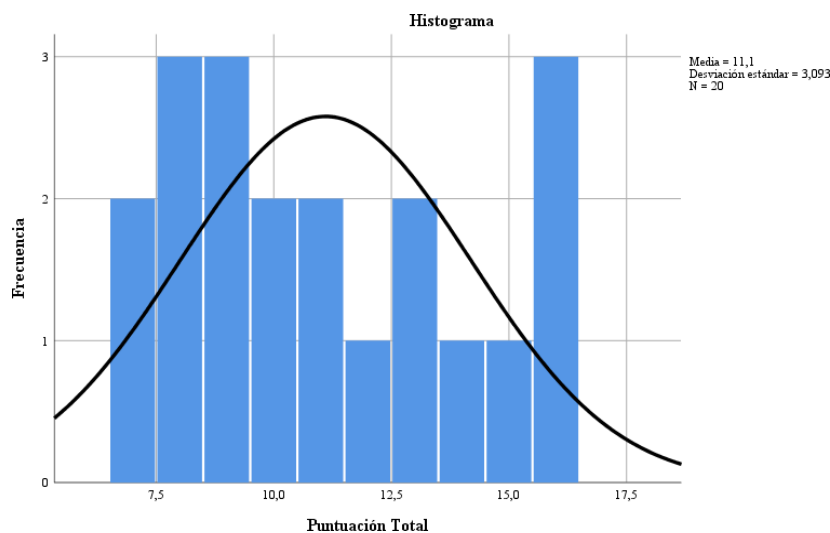


Ilustración 4.11 Histograma de frecuencia: Puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en el género masculino

Discusión: Como resultado obtenido del análisis gráfico (Histograma de Frecuencia) del Test de Berges-Lezine en estudiantes de género Masculino, se puede observar en la Ilustración 4.11, la puntuación total que frecuentan los niños:

- 8,9 y 16, Puntuación demasiado Frecuente (3 niños)
- 6,10 y 11, Puntuación más Frecuente (2 niños)
- 12, 14 y 15, Puntuación Menos Frecuente (1 niños)

Por lo cual, se determina que la mayoría de los estudiantes de género masculino, en la tercera semana de evaluación, obtuvieron una puntuación de 8,9 y 16, esto quiere decir, que el aprendizaje mediante la técnica de robótica educativa es progresivo.

4.2.1. Prueba de Hipótesis de la Puntuación total considerando el Género.

- **Planteamiento de hipótesis:**

H₀: La **mediana** de la Evaluación del Test de Berges-Lezine mediante la técnica de Robótica Educativa en estudiantes de género femenino **es igual** a la Puntuación de la **mediana** de los estudiantes de género masculino.

H₁: La **mediana** de la Evaluación del Test de Berges-Lezine mediante la técnica de Robótica Educativa en estudiantes de género femenino **es diferente** a la **mediana** de los estudiantes de género masculino.

- **Prueba de Mann-Whitney:** Puntuación Total vs Género.

Tabla 4.8 Resumen de contrastes de hipótesis de prueba de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) considerando el género

RESUMEN DE CONTRASTES DE HIPÓTESIS				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Puntuación Total es la misma entre categorías de Género de los Niños.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	0,110	Conserve la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.				

Discusión: Como resultado obtenido de la prueba de U de Mann Whitney (Tabla 4.8), el p-valor = 0,110, es decir, el p-valor es mayor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En conclusión, se demuestra (Ilustración 4.12 e Ilustración 4.13) que la puntuación total de los estudiantes de género femenino y masculino no son diferentes, Por lo cual, se determina que no existe una tabla normalizada del Test de Berges-Lezine que considere el género del evaluado.

- **Barras Simples:** Media de la Puntuación Total vs Género vs Edad.

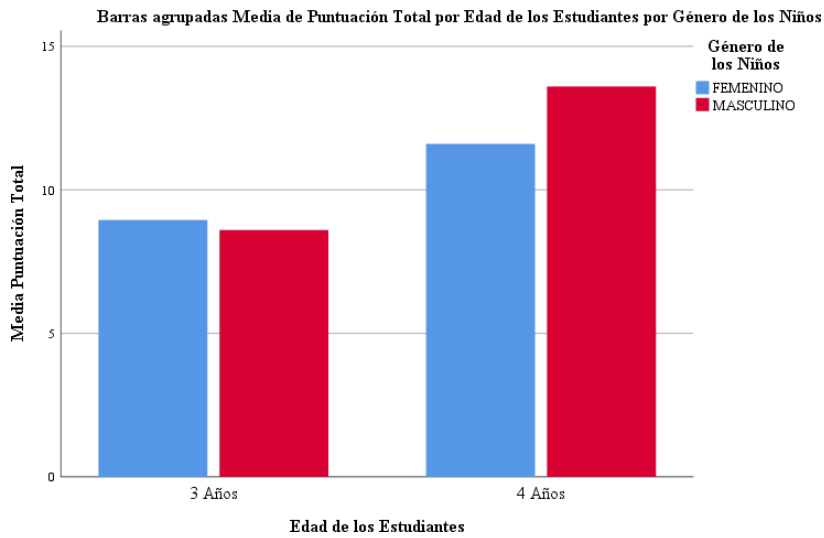


Ilustración 4.12 Barras simples: Media de la puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en el género femenino y masculino considerando la edad

- **Diagramas de Cajas Agrupadas:** Puntuación Total vs Género vs Edad.

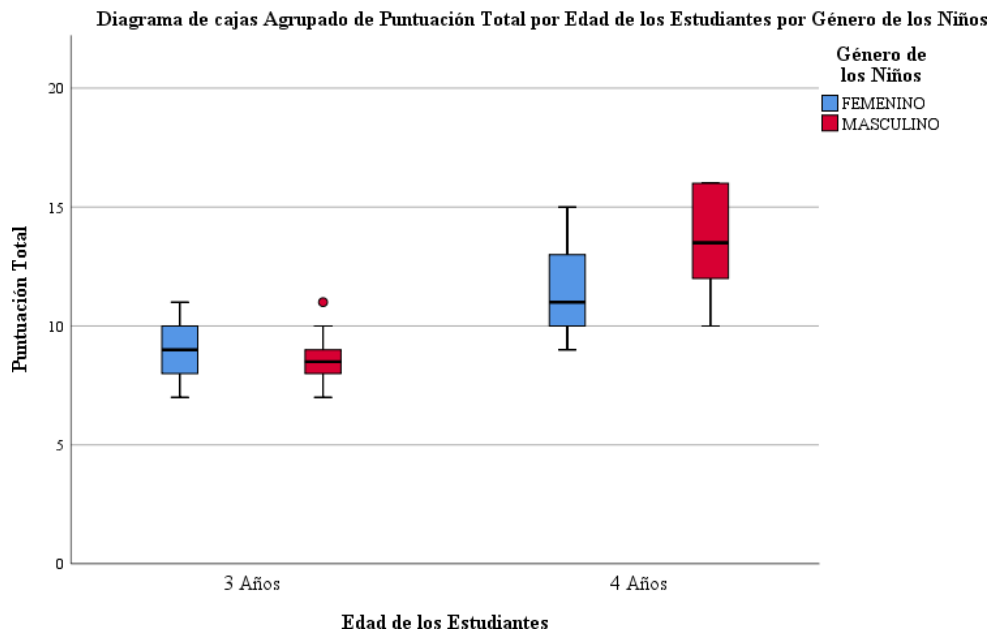


Ilustración 4.13 Diagramas de cajas agrupadas: Puntuación total del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en el género femenino y masculino considerando la edad

4.5 Análisis de la Media de la Puntuación Total Evaluada vs la Media de la Puntuación Estandarizada.

4.3.1. Prueba de Hipótesis de la Puntuación Total Evaluada vs Puntuación Total (8) estandarizada en niños de 3 años.

- **Planteamiento de hipótesis:**

H₀: La media de la ***Puntuación Total*** evaluada de la imitación de gestos mediante la técnica de Robótica educativa en niños de 3 años ***es igual*** 8.

H₁: La media de la ***Puntuación Total*** evaluada de la imitación de gestos mediante la técnica de Robótica educativa en niños de 3 años significativamente ***diferente*** 8.

Como se puede observar en la Tabla 4.9, No existe una gran diferencia significativa entre la media de la puntuación total (8.83) evaluada con respecto a la media de la puntuación total (8) estandarizada.

Tabla 4.9 Estadística para una muestra de la puntuación total vs la puntuación del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años

ESTADÍSTICAS PARA UNA MUESTRA				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Puntuación Total	30	8,83	1,117	,204

- **Prueba T De Student:** Valor de Prueba = 8 Movimientos Acertados del Test de Berges- Lezine en niños de 3 años.

La prueba t de Student (ecuación (18)) de una muestra es una prueba estadística paramétrica que se utiliza para comparar la media de una muestra con un valor conocido o hipotético y determinar si hay una diferencia significativa entre ellos.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}, \quad (18)$$

Donde:

\bar{x} : Media muestral,

S: Desviación estándar,

n: Tamaño de la Muestra.

Tabla 4.10 Estadística para una muestra de la puntuación total vs la puntuación del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años mediante la prueba de T-Student

PRUEBA PARA UNA MUESTRA						
	Valor de prueba = 8					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Puntuación Total	4,087	29	0,000316	0,833	0,42	1,25

Discusión: Como resultado obtenido de la prueba T-Student (Tabla 4.10), el p-valor = 0,000316, es decir, el p-valor es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, se demuestra que la media de la puntuación total evaluada (8,83) mediante la técnica de robótica educativa en la tercera semana, es diferente a la media de la puntuación total (8) estandarizada del Test de Berges-Lezine. Por lo cual, se determina que la media de la puntuación total evaluada es mayor a la media de la puntuación estandarizada, donde estos resultados obtenidos son positivos y a su vez nos indican que los estudiantes de 3 años, mediante la técnica de robótica educativa aprenden a imitar los gestos de manera progresiva.

4.3.2. Prueba de Hipótesis de la Puntuación Total Evaluada vs Puntuación Total (15) estandarizada en niños de 4 años.

- **Planteamiento de hipótesis:**

H₀: La media de la **Puntuación Total** evaluada de la imitación de gestos mediante la técnica de Robótica educativa en niños de 4 años **es igual** a la media de la puntuación total (15) estandarizada del Test de Berges-Lezine.

H₁: La media de la **Puntuación Total** evaluada de la imitación de gestos mediante la técnica de Robótica educativa en niños de 4 años **es diferente** a la media de la puntuación total (15) estandarizada del Test de Berges-Lezine.

Como se puede observar en la Tabla 4.11, existe una poca diferencia entre la media de la puntuación total (12,93) evaluada con respecto a la media de la puntuación total (15) estandarizada.

Tabla 4.11 Estadística para una muestra de la puntuación total vs la puntuación del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años

ESTADÍSTICAS PARA UNA MUESTRA				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Puntuación Total	15	12,93	2,374	0,613

- **Prueba T De Student:** Valor de Prueba = 15 Movimientos Acertados del Test de Berges- Lezine en niños de 4 años

Tabla 4.12 Estadística para una muestra de la puntuación total vs la puntuación del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años mediante la prueba de T-Student

PRUEBA PARA UNA MUESTRA						
	Valor de prueba = 15					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Puntuación Total	-3,371	14	0,004570	-2,067	-3,38	-0,75

Discusión: Como resultado obtenido de la prueba T-Student (Tabla 4.12), el p-valor = 0,004570, es decir, el p-valor es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, se demuestra que la media de la puntuación total evaluada (12,93) mediante la técnica de robótica educativa en la tercera semana, es diferente a la media de la puntuación total (15) estandarizada del Test de Berges-Lezine. Por lo cual, se determina que la media de la puntuación total evaluada es menor a la media de la puntuación estandarizada, donde estos resultados obtenidos, son buenos y nos indican que los estudiantes de 4 años mediante la técnica de robótica educativa aprenden a imitar los gestos de manera poco progresiva.

4.6 Análisis de la Imitación de Gestos Simples: Movimientos de las Manos (1 -10)

4.6.1 Movimientos del 1 al 10 en Niños De 3 Años

- **Análisis Descriptivo:** Movimientos de las manos del 1 al 10 en niños de 3 años.

La Tabla 4.13 da a conocer la mediana y media de los primeros 10 movimientos para así poder saber que movimientos son los más complejos y fáciles en niños de 3 años.

Tabla 4.13 Análisis descriptivo de los movimientos de las manos del 1 al 10 del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años

ESTADÍSTICOS											
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10
N	Válido	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media		1,00	1,00	,00	,17	,33	,50	,17	,17	,17	,00
Mediana		1,00	1,00	,00	,00	,00	,50	,00	,00	,00	,00
Moda		1	1	0	0	0	0 ^a	0	0	0	0
Desv. Desviación		,000	,000	,000	,379	,479	,509	,379	,379	,379	,000

- **Barras Agrupadas:** Medias de los Movimientos de las Manos del 1 al 10 de los niños de 3 años

En la Ilustración 4.14 se puede observar mediante diagrama de barras las medias de los movimientos del 1 al 10, observando que movimientos son los más sencillos y difíciles de realizar en niños de 3 años.

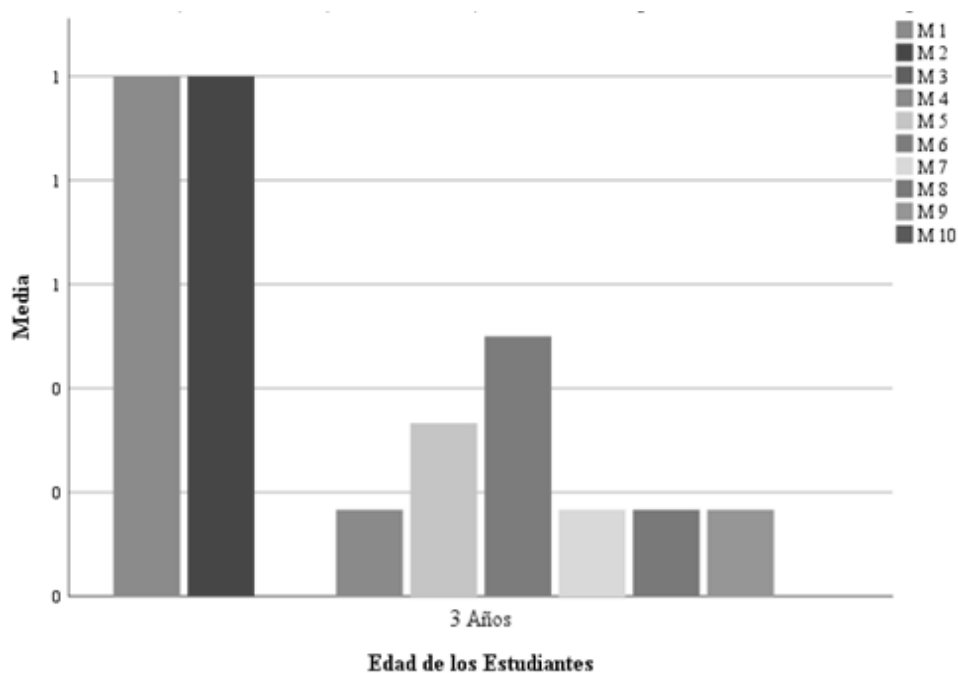


Ilustración 4.14 Barras agrupadas: Medias de los movimientos de las manos del 1 al 10 de los niños de 3 años (robótica educativa)

4.6.2 Movimientos del 1 al 10 en Niños de 4 Años

- **Análisis Descriptivo:** Movimientos de las manos del 1 al 10 en niños de 4 años.

La Tabla 4.14 da a conocer la mediana y media de los primeros 10 movimientos para así poder saber que movimientos son los más complejos y fáciles en niños de 4 años.

Tabla 4.14 Análisis descriptivo de los movimientos de las manos del 1 al 10 del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años

ESTADÍSTICOS											
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10
N	Válido	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media		1,00	1,00	,60	,67	,53	1,00	,07	,00	,33	,67
Mediana		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	,00	,00	,00	1,00
Moda		1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Desv. Desviación		,000	,000	,507	,488	,516	,000	,258	,000	,488	,488

- **Barras Agrupadas:** Medias de los Movimientos de las Manos del 1 al 10 de los niños de 4 años

En Ilustración 4.15 se puede observar mediante diagrama de barras las medias de los movimientos del 1 al 10, observando que movimientos son los más sencillos y difíciles de realizar en niños de 3 años.

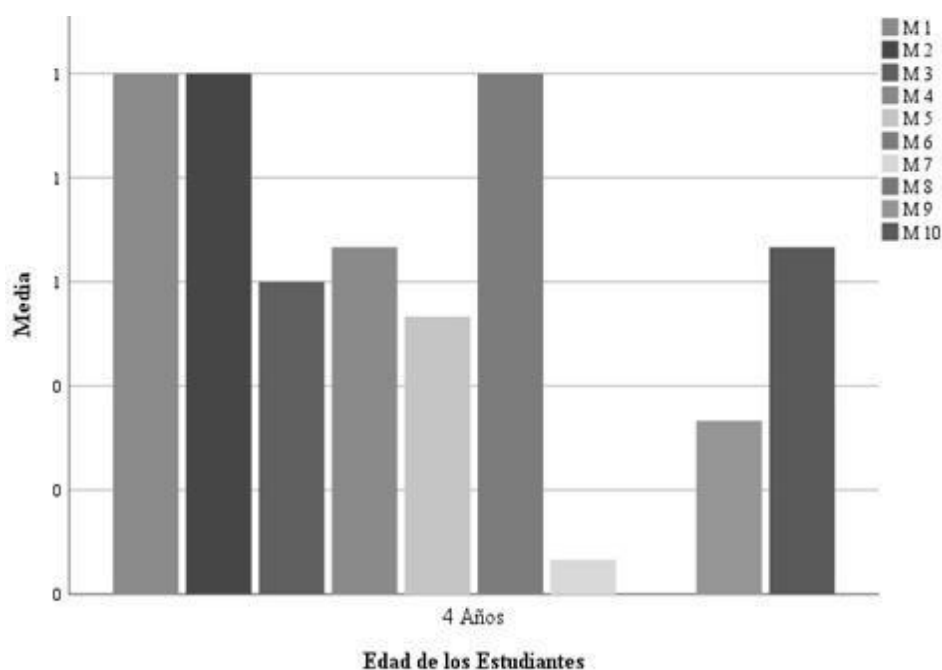


Ilustración 4.15 Barras agrupadas: Medias de los movimientos de las manos del 1 al 10 de los niños de 4 años (robótica educativa)

4.7 Análisis de la Imitación de Gestos Simples: Movimientos de los Brazos (11 - 20)

4.7.1 Movimientos del 11 al 20 en Niños de 3 Años

- **Análisis Descriptivo:** Movimientos de los Brazos del 11 al 20 en niños de 3 años (Tabla 4.15).

Tabla 4.15 Análisis descriptivo de los movimientos de los brazos del 11 al 20 del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 3 años

		ESTADÍSTICOS									
		M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20
N	Válido	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media		,83	1,00	,37	,83	,23	,17	,10	,10	,93	,77
Mediana		1,00	1,00	,00	1,00	,00	,00	,00	,00	1,00	1,00
Moda		1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
Desv. Desviación		,379	,000	,490	,379	,430	,379	,305	,305	,254	,430

- **Barras Agrupadas:** Medias de los Movimientos de los Brazos del 11 al 20 de los niños de 3 años.

En la Ilustración 4.16 se puede observar mediante diagrama de barras las medias de los movimientos del 11 al 20, observando que movimientos son los más sencillos y difíciles de realizar en niños de 3 años.

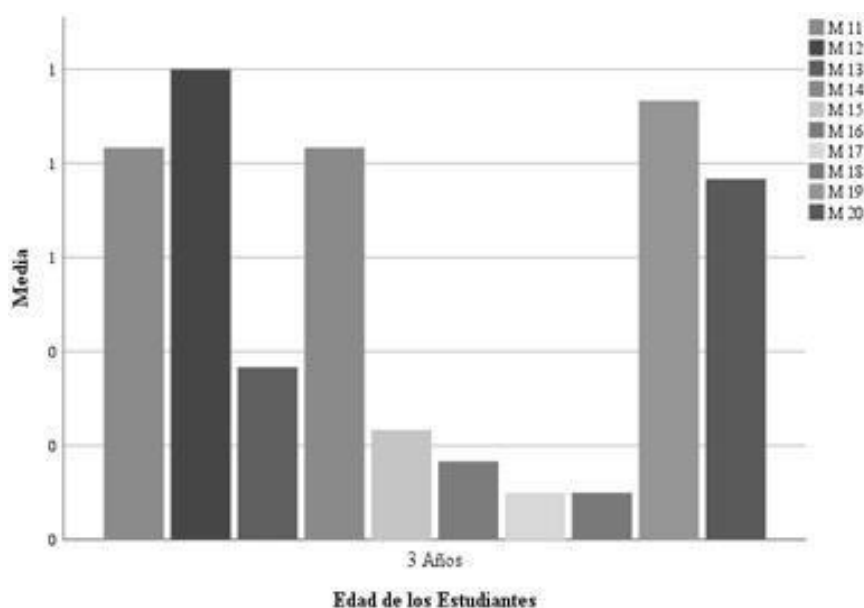


Ilustración 4.16. Barras agrupadas: medias de los movimientos de los brazos del 11 al 20 de los niños de 3 años (robótica educativa)

4.7.2 Movimientos del 11 al 20 en Niños de 4 Años

- **Análisis Descriptivo:** Movimientos de los Brazos del 11 al 20 en niños de 4 años (Tabla 4.16).

Tabla 4.16. Análisis descriptivo de los movimientos de los brazos del 11 al 20 del test de Berges-Lezine (robótica educativa) en niños de 4 años

ESTADÍSTICOS											
		M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20
N	Válido	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media		1,00	1,00	1,00	,67	,60	,53	,33	,20	,93	,80
Mediana		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	,00	,00	1,00	1,00
Moda		1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
Desv. Desviación		,000	,000	,000	,488	,507	,516	,488	,414	,258	,414

- **Barras Agrupadas:** Medias de los Movimientos de los Brazos del 11 al 20 de los niños de 4 años

En la Ilustración 4.17 se puede observar mediante diagrama de barras las medias de los movimientos del 11 al 20, observando que movimientos son los más sencillos y difíciles de realizar en niños de 4 años.

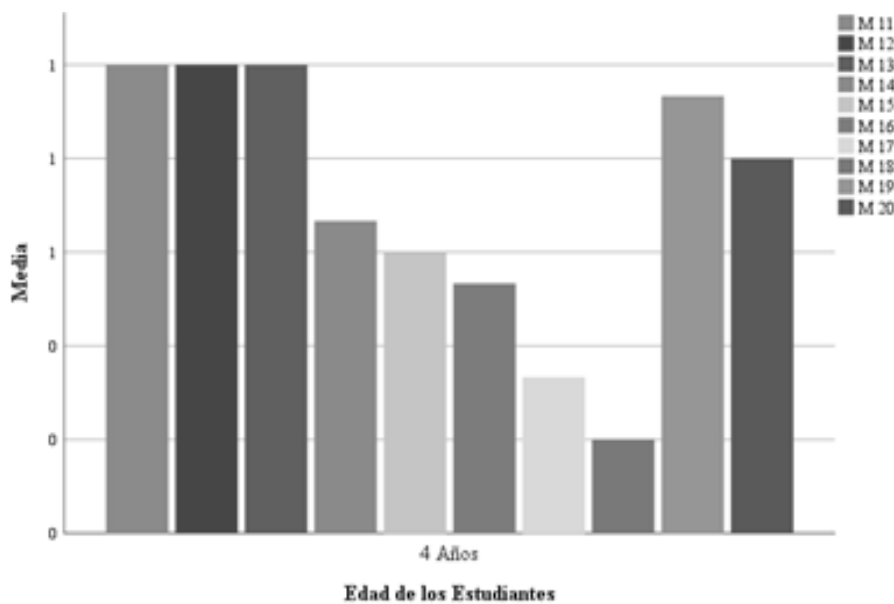


Ilustración 4.17 Barras agrupadas: Medias de los movimientos de los brazos del 11 al 20 de los niños de 4 años (robótica educativa)

Discusión: Los movimientos del 1 al 10 ,son movimientos de las manos y los movimientos del 11 al 20 , son movimientos de los brazos. Estos movimientos son propuestos por el Test de Berges-Lezine. Cada movimiento es realizado por el prototipo Esclavo, y a su vez, cada niño imita dichos movimientos. Por lo tanto, en el presente proyecto, se analizó la media de cada movimiento. En el análisis efectuado, se determinó que existen movimientos fáciles y difíciles de realizar.

- Los movimientos fáciles de imitar para los niños de 3 años son: 1, 2, 6, 11, 12, 14, 19 y 20.
- Movimientos difíciles de imitar para los niños de 3 años son: 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 17, y 18.
- Los movimientos fáciles de imitar para los niños de 4 años son: 1, 2, 4, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19 y 20.
- Movimientos difíciles de imitar para los niños de 4 años son: 3, 5, 7, 8, 9, 17 y 18.

Como se puede observar en el listado mencionado anteriormente, la cantidad de movimientos fáciles de imitar, se aproximan significativamente a la media de la puntuación total normalizada del Test de Berges-Lezine, es decir, que la suma de los movimientos fáciles y acertados se encuentran en el rango establecido por el Test de Berges-Lezine. También se determina que la cantidad de movimientos difíciles de imitar, se van disminuyendo, cada vez que los estudiantes, a través de la técnica de robótica educativa van aprendiendo a imitar los gestos de manera progresiva.

5 CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En este proyecto se diseñó e implementó dos prototipos robóticos humanoides (Maestro y Esclavo) para la estimulación de la motricidad gruesa, evaluando durante tres semanas el uso de los dispositivos por medio de la aplicación de la prueba de imitación de gestos de Berges-Lezine la cual se divide en dos partes, estas son: movimientos de las manos y movimientos, además de dar a conocer el puntaje ideal que debe alcanzar el estudiante para saber que su motricidad es acorde a su edad siendo, en niños de 3 años 8 puntos y en niños de 4 años 15 puntos. Obteniendo como resultado que en niños de 3 años se logró superar su puntuación ideal (8.83) y en niños de 4 años se alcanzó un puntaje satisfactorio (12.93).
- El uso de los prototipos robóticos humanoides, garantizó los principios fundamentales de la robótica educativa, ya que fueron capaces de interactuar con los estudiantes del CDIM “La Condamine”, dando a conocer un nuevo método de enseñanza integral, ayudando a fortalecer y estimular la motricidad gruesa en niños de 3 a 5 años.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda añadir diferentes características al dispositivo por ejemplo la capacidad de utilizar las extremidades inferiores y así lograr un proceso de trabajo más completo, añadirles partes electrónicas para realizar efectos audiovisuales, con el fin de que exista una mayor interacción con los niños.
- A pesar de obtener buenos resultados con los niños, se recomienda seguir trabajando en el dispositivo, buscando nuevas rutinas de movimientos para el trabajo de motricidad gruesa.
- Probar a los dispositivos en diferentes escenarios, esto va a permitir evaluar y conocer posibles mejoras de estos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. C. Santamaría Varón and J. A. Santamaría Barón, “La importancia del juego en el desarrollo motriz del niño en la edad preescolar de la institución educativa exalumnas de la presentación de Ibagué-Tolima,” Tolima, 2016.
- [2] A. Mariela and M. Morán, “Desarrollo de la motricidad fina y gruesa en etapa infantil,” *Revista Electronica Sinergias Educativas*, vol. 2, pp. 2–4, Jul. 2017.
- [3] S. P. Franco Navarro, “Aspectos que influyen en la motricidad gruesa de los niños del grupo de maternal-preescolar ‘El Arca,’” Corporación Universitaria Lasallista , Caldas, 2009.
- [4] M. S. Fredy Hernán, G. Edwar Jacinto, and Z. D. Diego Alexander, “Concepto de robot humanoide antropométrico para investigación en control,” *Redalyc*, vol. 19, pp. 55–65, 2015.
- [5] R. García, ““Diseño Y Construcción de un robot humanoide,”” Barcelona, Jun. 2011.
- [6] Secretaría de educación Pública Y Cultura, “Robótica Educativa Ciclo 2012/2013,” Sinaloa, Aug. 2013.
- [7] L. Vivas Fernandez and J. Manuel Sáez López, “Integración de la robótica educativa en Educación Primaria,” *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, vol. 18, no. 1, pp. 109–110, 2019, doi: 10.17398/1695-288X.18.1.107.
- [8] J. M. Tapía Capa, “La falta de estimulación temprana y su incidencia en el desarrollo de la motricidad gruesa de los niños de 3 y 4 años que asisten al centro de desarrollo infantil ‘Las Abejitas’ de la ciudad de Quito. Período 2015. Lineamientos propositivos. Terapia psicomotriz,” Universidad Nacional de Loja, Loja, 2015.
- [9] Juan. Delval, *El desarrollo humano*, Primera. Siglo XXI, 1996.
- [10] S. Monsalves González, “Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente,” *Revista de Pedagogía*, vol. 32, pp. 81–117, Dec. 2010.
- [11] K. J. Moncayo Vallejo and K. G. Estrada Colcha, “Interacción de un robot mini-humoide teleoperado como herramienta de apoyo para terapia de lenguaje en niños del hospital provincial general docente Riobamba,” Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, 2017.
- [12] O. Guaypatin Pico, B. Ismael Borja Benítez, M. William Villa Quishpe, Á. Polivio Roldán Daquilema, and G. Thalía Tapia Villegas, “ROBOT HUMANOIDE CONTROLADO POR SENSORES IMU Y ÒPTICOS EN EL CONTEXTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÌAS EN LA EDUCACIÒN,” *BOLETIN REDIPE*, vol. 3, pp. 185–192, 2019, [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-3887-4542>
- [13] R. A. Labrador, “Robótica educativa: ‘Nao’, el nuevo amigo de las personas con autismo.”

- [14] A. Salas Medina, “La estimulación temprana,” *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, vol. 14, pp. 63–64, 2002.
- [15] R. S. Alejandrina Judith, M. H. García, V. C. Torres Namoc, and R. D. Espinoza Vásquez, “Estimulación temprana: su importancia para los hijos menores de tres años.,” *Paidagogo*, vol. 4, no. 1, p. 2022, Jan. 2022, [Online]. Available: www.educas.com.pe
- [16] J. Mendiara Rivas, “La Psicomotricidad Educativa: un enfoque natural,” *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol. 62, no. 2, pp. 199–220, 2008.
- [17] J. V. Baque Guale, “Actividades lúdicas para el desarrollo de la motricidad gruesa en niños y niñas de primer año de educación básica de la unidad educativa fiscomisional Santa María del Fiat, parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena, periodo lectivo 2013-2014,” Universidad Estatal Península de Santa Elena, Guayas, 2013.
- [18] P. Remedios Molina, “VALORACIÓN DEL DESARROLLO PSICOMOTOR,” vol. 16, pp. 8–9, Mar. 2009.
- [19] G. Koro Irusta, “Aprendizaje en robots sociales,” Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, 2017.
- [20] C. V. Vásquez Urosa, “Las leyes de la robótica como alternativa a la regulación legal de los robots,” *Justicia & Derecho*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, Jul. 2022, doi: 10.32457/rjyd.v5i1.1341.
- [21] Biblioteca Nacional de Maestros, *Robótica: Entra al mundo de la Inteligencia.*, Primera., vol. 2. Bueno Aires: Educ.ar S.E, 2012.
- [22] P. J. Chavez Montes and R. M. Cabrera Donayre, “Diseño e implementación de un robot humanoide asistencial controlado por computador para aplicaciones en pacientes parapléjicos,” Universidad Ricardo Palma, Lima, 2013.
- [23] E. E. Moscoso Torres, “Desarrollo de secuencias psicomotrices mediante el uso de un robot humanoide, en los niños del centro de estimulación temprana ‘Baby place,’” Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2017.
- [24] S. P. Andres Felipe, “Particularidades de la Interacción Humano-Robot (HRI),” Dec. 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.13375.94888.
- [25] M. Á. Salichs *et al.*, “Interacción humano robot en el proyecto ROBSEN,” *Researchgate*, pp. 3–5, Jun. 2017, [Online]. Available: <http://jnr2017.ai2.upv.es>
- [26] N. Baranwal, “On human robot interaction using multiple modes,” Apr. 2016.
- [27] P. Bustos, P. Bachiller, I. García-Varea, and P. Nuñez, “Robots Sociales para la Mejora de la Calidad de Vida de las Personas Dependientes,” *ResearchGate*, pp. 3–6, Jun. 2014, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/253282707>

- [28] A. J. Pérez Vidal, Á. Castro-González, F. Alonso Martín, J. C. Castillo, and M. Á. Salichs, “Evolución de la robótica social y nuevas tendencias,” *Universidade da Coruna*, Aug. 2020, pp. 836–843. doi: 10.17979/spudc.9788497497749.0836.
- [29] J. L. Ramirez Arias and A. Fonseca Rubiano, “Modelamiento Matemático de la cinemática directa e inversa de un robot manipulador de tres grados de libertad,” vol. 8, pp. 47–48, Jun. 2012.
- [30] V. H. Millones Cayotopa, “Implementación de RTU inalámbrica usando Zigbee,” *Universidad de Piura, Piura*, 2012.
- [31] J. Pipa Huaman, “Redes Inalambricas.,” Lima, 2019.
- [32] J. Salazar, “REDES INALÁMBRICAS.” [Online]. Available: <http://www.techpedia.eu>
- [33] J. Ramírez Sánchez José Vicente Díaz Martínez, “Las redes inalámbricas, más ventajas que desventajas”.
- [34] F. E. Proaño Cubillo, “Diseño e implementación de una red de comunicaciones con enlaces de larga distancia Enel campo Tipishca y sus estaciones Vinita2, Tipishca C y EPF de Ep PETROECUADOR,” *Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolqui*, 2015.
- [35] O. F. Corredor Camargo, L. F. Pedraza Martínez, and C. A. Hernández, “TECNOLOGÍA BLUETOOTH: ALTERNATIVA PARA REDES CELULARES DE VOZ Y DATOS,” *Visión Electrónica*, vol. 3, no. 1, pp. 73–84, Nov. 2009.
- [36] A. Garcia Vargas, “Bluetooth,” *Universidad Autonoma del Hidalgo, Hidalgo*.
- [37] M. A. Sanchez Reinoso, “El Análisis Matemático aplicado al cálculo de la muestra.,” pp. 42–45, Sep. 2009.

6 CAPÍTULO VI. ANEXOS

Anexo 1. Diseño en 3D de las partes de los dispositivos robóticos humanoides

Link:

<https://www.dropbox.com/scl/fo/jm76anaj5vz9dd4leji4v/h?dl=0&rlkey=z9bt nb7d3l2foql3rzg7g6i0d>

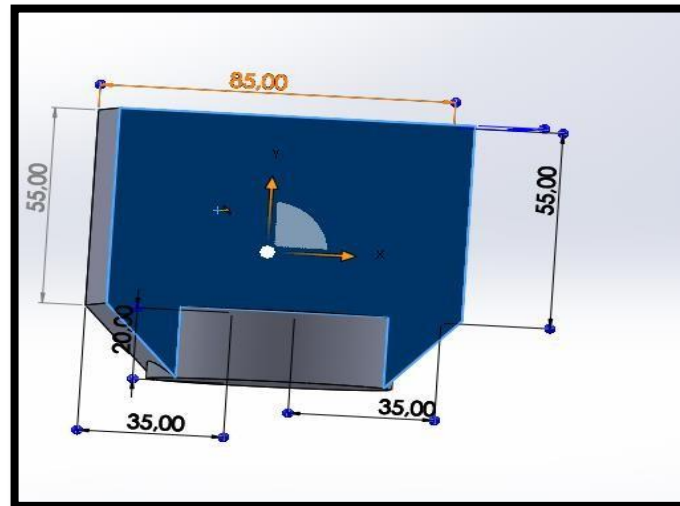


Ilustración 6.1 Diseño del pecho de los prototipos

Anexo 2. Ensamblaje de los prototipos Maestro y Esclavo

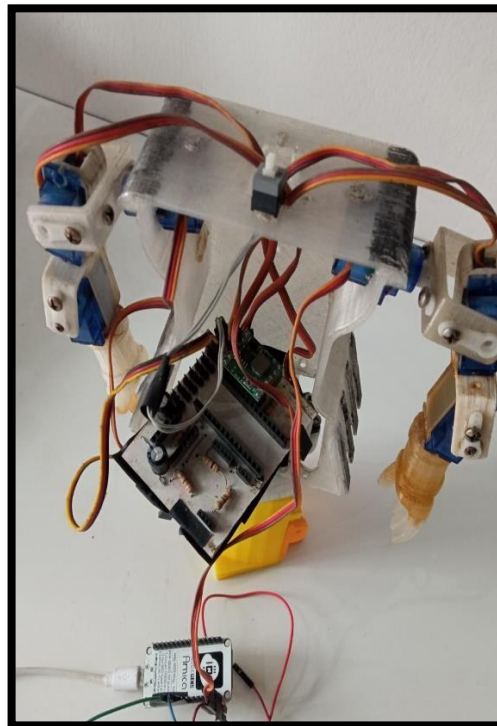


Ilustración 6.2 Ensamblaje del prototipo Maestro

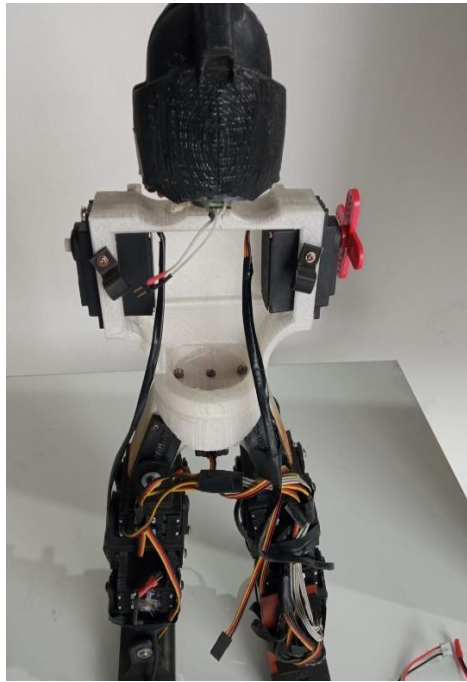


Ilustración 6.3 Ensamblaje del prototipo Esclavo

Anexo 3. Programación para la obtención de la matriz T y simulación de la cinemática directa de los dispositivos.

Link:

<https://www.dropbox.com/scl/fo/jm76anaj5vz9dd4leji4v/h?dl=0&rlkey=z9bt nb7d3l2foql3rzg7g6i0d>

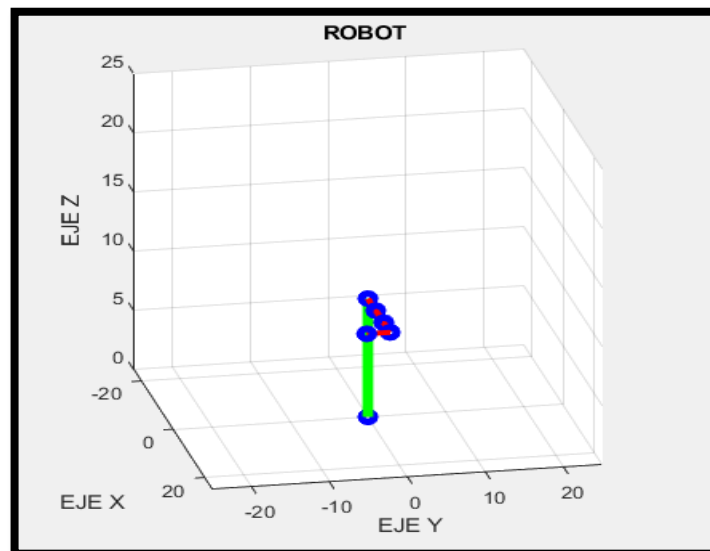


Ilustración 6.4. Simulación de la cinemática directa del brazo de los dispositivos robóticos

Anexo 4. Ilustraciones del trabajo realizado en el CDIM “La Condamine”.

Link:

<https://www.dropbox.com/scl/fo/jm76anaj5vz9dd4leji4v/h?dl=0&rlkey=z9bt nb7d3l2foql3rzg7g6i0d>



Ilustración 6.5 Movimiento 19 del Test de imitación de gestos de Berges-Lezine

Anexo 5. Programación de los dispositivos

Link:

<https://www.dropbox.com/scl/fo/jm76anaj5vz9dd4leji4v/h?dl=0&rlkey=z9bt nb7d3l2foql3rzg7g6i0d>

```
Arduino_slave_code Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Arduino_slave_code
//Code for Slave module, arduino nano robot actuador//
#include <Servo.h>
Servo c0;
Servo c1;
Servo c2;
Servo c3;
Servo c4;
Servo c5;
Servo c6;
Servo c7;
Servo c8;
Servo c9;
Servo c10;
Servo c11;}
int l = 0;
////////////////////////////////////
#define ledPin 8
#define slaveSwitchPin 7
int dataFromMaster;
int valor = 0;

void setup() {
////////////////////////////////////
c0.attach(12);
c0.write(180);
c1.attach(10);
c1.write(180);
```

Ilustración 6.6 Programación de los dispositivos robóticos