



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

**PROTOTIPO ROBÓTICO PARA ESTIMULACIÓN DE MOTRICIDAD
GRUESA EN NIÑOS DE 1 A 3 AÑOS.**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención de título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

ÁREA: Hardware y Redes

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas de Comunicación

AUTOR: Erika Paola Durán Gamboa

TUTOR: Ing. Patricio Córdova

Febrero – 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación con el Tema: “PROTOTIPO ROBÓTICO PARA ESTIMULACIÓN DE MOTRICIDAD GRUESA EN NIÑOS DE 1 A 3 AÑOS”, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por la señorita, Erika Paola Durán Gamboa estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, , me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, febrero 2021

TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**EDGAR PATRICIO
CORDOVA CORDOVA**

.....
Ing. Edgar Patricio Córdova Córdova

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

El presente Proyecto de Investigación titulado: “PROTOTIPO ROBÓTICO PARA ESTIMULACIÓN DE MOTRICIDAD GRUESA EN NIÑOS DE 1 A 3 AÑOS”, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2021



.....
Erika Paola Durán Gamboa

CC: 050284104-2

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señorita Erika Paola Durán Gamboa, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado PROTOTIPO ROBÓTICO PARA ESTIMULACIÓN DE MOTRICIDAD GRUESA EN NIÑOS DE 1 A 3 AÑOS, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora presidenta del Tribunal.

Ambato, febrero 2021



Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR
URRUTIA**

.....

Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS DIEGO
GORDON GALLEGOS**

.....

Ing. Carlos Gordon

PROFESOR CALIFICADOR



Firmado electrónicamente por:
**FRANKLIN
WILFRIDO SALAZAR
LOGRONO**

.....

Ing. Franklin Salazar

PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, febrero 2021



Erika Paola Durán Gamboa

C.C. 050284104-2

AUTOR

DEDICATORIA

Con tu hermosa sonrisa cada mañana y tu amor incondicional, me diste la fortaleza para llegar a cumplir esta meta, en ti encontré lo más bello que la vida te puede regalar y la motivación de cada día al despertar.

Con todo mi amor para mi hijo Dominic Lima, tu mi fuente de inspiración.

AGRADECIMIENTO

Nunca dejes de creer en ti, porque no sabes lo valiosa que eres.

Gracias a Dios por permitirme llegar hasta este punto y guiar mi camino.

Mi hijo, mi hermoso bebe por ser mi mayor motivación cada día desde el momento que llegaste a mi vida.

Por todo el apoyo a mis abuelitos quienes, a lo largo de mi vida con sus consejos y palabras llenas de sabiduría me hicieron mejor persona, a toda mi familia porque de alguna u otra manera ha sabido apoyarme.

A mis compañeros y amigos que han hecho una travesía llena de sonrisas, de buenos y malos momentos durante el todo el camino de la vida universitaria.

A todos mis queridos maestros, gracias por compartir sus conocimientos y anécdotas.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	IV
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Antecedentes Investigativos	3
1.1.1 Contextualización del problema	4
1.1.2 Fundamentación teórica	6
ROBÓTICA	6
Tipos de Robots	6
Robótica educativa.....	8
SISTEMAS DE CONTROL	9
CONTROL POR VOZ.....	11
MOTRICIDAD.....	11
MOTRICIDAD GRUESA	12
1.2 Objetivos.....	14
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	16
2.1 Materiales.....	16
2.2 Métodos	16
2.2.1 Modalidad de la investigación.....	16
2.2.2 Recolección de información.....	17
2.2.3 Procesamiento y análisis de datos	17
2.2.4 Desarrollo del proyecto	17
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19

3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	19
3.2 Desarrollo de la propuesta.....	19
3.2.1 Análisis de factibilidad.....	20
Factibilidad Técnica.....	20
Factibilidad Económica.....	20
Factibilidad Bibliográfica.....	21
3.2.2 Análisis de motricidad gruesa.....	21
3.2.3 Análisis del prototipo.....	25
3.2.3.1 Análisis de estructuras.....	25
Robots Móviles.....	25
1. Robots móviles con ruedas.....	25
2.Locomoción mediante patas.....	26
3.Configuraciones articuladas.....	27
4.Robots bípedos.....	27
3.2.3.2 Análisis de placas de control.....	29
ORANGE PI.....	29
RASBERRY PI.....	29
BEAGLEBONE BLACK.....	30
3.2.3.3 Análisis de Software libre.....	31
3.2.3.4 Análisis de motores.....	35
3.2.4 Análisis matemático.....	38
3.2.4.1 Análisis cinético.....	38
3.2.4.2 Análisis dinámico.....	43
3.2.5 Parámetros técnicos del prototipo.....	53
3.2.5.1 Actuadores.....	53
3.2.5.2 Controlador.....	54
3.2.5.3 Sensorización.....	56
3.3 Desarrollo de la estructura.....	57
3.4 Desarrollo del sistema de control.....	71

3.4.1 Desarrollo de diagrama de bloques	71
3.4.2 Desarrollo de la interfaz manual.....	73
3.4.3 Desarrollo de la interfaz automática	75
3.5 Diseño de la placa para el sistema de control	76
3.6 Ángulos de trabajo de los servos motores	78
3.7 Presupuesto	80
3.7 Pruebas de funcionamiento	82
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	93
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
4.1 Conclusiones	106
4.2 Recomendaciones.....	107
Referencias Bibliográficas	108
ANEXO.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Escala Abreviada de Desarrollo [22]	12
Tabla 2.	Factores que influyen en el desarrollo motriz de niños y niñas	23
Tabla 3.	Actividades para la estimulación motriz gruesa.....	24
Tabla 4.	Comparación de los robots móviles.....	28
Tabla 5.	Comparacion de placas de control	31
Tabla 6.	Comparación de Software libre	34
Tabla 7.	Comparacion de Software libre	37
Tabla 8.	Dimensiones de la extremidades inferiores y pies del prototipo	39
Tabla 9.	Parámetros del método de Denavit Hartenberg para pie de apoyo. [44]	43
Tabla 10.	Parámetros del método de Denavit Hartenberg para pie flotante. [44]	48
Tabla 11.	Parámetros de los micro servos	53
Tabla 12.	Parámetros de Shell para servos	54
Tabla 13.	Parámetros técnicos de raspberry	55
Tabla 14.	Parámetros técnicos de comparación sensores ultrásónico e infrarrojo	56
Tabla 15.	Secuencias de movimiento	74
Tabla 16.	Ángulos establecidos para movimientos de los servos que controlan los brazos y cabeza del prototipo robótico	78
Tabla 17.	ángulos para posicionar las piernas del robot en su centro de gravedad.	79
Tabla 18.	Variación de ángulos para desplazamiento del robot.....	79
Tabla 19.	Costos del prototipo.....	81
Tabla 20.	Presupuesto total del proyecto de investigación	82

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.	Humanoide Bípedo [11]	7
Figura 2.	Estructura de robot Humanoide con ruedas [11].....	8
Figura 3.	Sistema de control de lazo abierto	9
Figura 4.	Sistema de control de lazo cerrado	10
Figura 5.	Robot móvil de cuatro ruedas [28]	26
Figura 6.	Tipos de robots de locomoción mediante patas. [27].....	26
Figura 7.	Robot mediante configuraciones articuladas [27].....	27
Figura 8.	Estereotipo de robot humanoide (bípedo) [30]	28
Figura 9.	Controlador Orange Pi. [32]	29
Figura 10.	Dispositivo Raspberry pi. [33].....	30
Figura 11.	Placa de control Beaglebone Black. [34].....	30
Figura 12.	Consola de raspbian [36].....	32
Figura 13.	Arquitectura de Firefox OS	33
Figura 14.	Arquitectura de Sistema Operativo Android.....	34
Figura 15.	Motor a pasos de cuatro fases[41]	36
Figura 16.	Partes de un servomotor [42].....	37
Figura 17.	Representación de la estructura inferior para el prototipo	38
Figura 18.	Diagrama de bloques para ensamblaje de las piernas del prototipo	40
Figura 19.	Ejemplo de diagrama de bloques del motor con función de transferencia sus ganancias [44].....	41
Figura 20.	Modelo de comparación para cinemática directa mediante bloques	42
Figura 21.	Diagrama unifilar de los puntos de apoyo para cinemática directa	43
Figura 22.	Imagen de micro servo-sg90.....	53
Figura 23.	Módulo controlador de 16 canales.....	55
Figura 24.	Modelo raspberry pi 3B+.....	56
Figura 25.	Sensor ultrasónico hc-sr04	57
Figura 26.	Dimensiones del sensor ultrasónico.....	58

Figura 27. Diseño de la estructura de la cabeza	58
Figura 28. Impresión y ensamblaje para la cabeza.....	59
Figura 29. Medidas de la raspberry en cm	59
Figura 30. Medidas del módulo 9625 en cm.....	60
Figura 31. Medidas de la batería para raspberry en cm.....	60
Figura 32. Medidas de la batería lipo en cm	60
Figura 33. Diseño 1 para la estructura del torso.....	61
Figura 34. Diseño 2 para la estructura del torso.....	61
Figura 35. (a) Impresión y ensamblaje del torso (b) Ensamblaje completo del torso diseño 1	62
Figura 36. Impresión del torso diseño 2.....	62
Figura 37. Ensamblaje del torso diseño 2	63
Figura 38. Medidas en cm del micro servo sg	63
Figura 39. Diseño de la estructura para los brazos	64
Figura 40. (a) Impresión y ensamblaje brazo derecho. (b) Impresión y ensamblaje brazo izquierdo	64
Figura 41. Diseño final de la pierna para el prototipo.....	65
Figura 42. Impresión y ensamblaje de piernas y pies derecho e izquierdo.....	65
Figura 43. Dimensiones del servomotor	66
Figura 44. Diseño dos para la estructura de las piernas	66
Figura 45. Diseño dos para la estructura de las piernas acoplamiento de servo motores	67
Figura 46. Montaje final de la estructura de las piernas.....	67
Figura 47. Diseño de los pies para el prototipo.....	68
Figura 48. Montaje de los pies del prototipo.....	68
Figura 49. Diseño para la estructura final	69
Figura 50. Montaje de los pies para la estructura del prototipo.....	69
Figura 51. Primera estructura del prototipo final	70
Figura 52. Estructura final del prototipo	70
Figura 53. Diagrama de bloques en App Inventor 2 para conexión	72

Figura 54. Diagrama de bloques en App Inventor para control manual	72
Figura 55. Diagrama de bloques en App Inventor 2 para control automático	72
Figura 56. Interfaz gráfica para modo manual 1	73
Figura 57. Interfaz gráfica para modo manual y automática	74
Figura 58. Interfaz gráfica de modo automático	75
Figura 59. Interfaz gráfica para modo automático	76
Figura 60. Diseño de la placa de control.....	77
Figura 61. Test de conexión.....	83
Figura 62. Respuesta de vinculación	83
Figura 63. Movimiento hacia adelante (caminar adelante).....	84
Figura 64. Respuesta de activación al avanzar.....	85
Figura 65. Respuesta de activación al retroceder	86
Figura 66. Movimiento de cabeza hacia la derecha	86
Figura 67. Respuesta de activación al girar la cabeza a la derecha	87
Figura 68. Movimiento de cabeza hacia la izquierda	87
Figura 69. Respuesta de activación al girar la cabeza a la izquierda.....	88
Figura 70. Movimiento de brazo derecho	88
Figura 71. Respuesta de activación al mover el brazo derecho	89
Figura 72. Movimiento de brazo izquierdo.....	89
Figura 73. Respuesta de activación al mover brazo izquierdo	90
Figura 74. Movimiento a la derecha	90
Figura 75. Respuesta de activación a la derecha	91
Figura 76. Mover a la izquierda.....	91
Figura 77. Respuesta de activación a la izquierda.....	92
Figura 78. Respuesta de activación al modo automático	92
Figura 79. Movimiento de brazo estructura 1	93
Figura 80. Movimiento de ambos brazos estructura 1	93
Figura 81. Extensión de ambos brazos estructura 1	94
Figura 82. Movimiento inclinado a la derecha estructura 2	94

Figura 83. Brazo izquierdo arriba estructura 2.....	95
Figura 84. Brazos izquierdo y derecho hacia arriba estructura 2	95
Figura 85. Intento 1 no se optiene buenos resultados.....	96
Figura 86. Intento 5 hace ele ejercicio pero no lo termina	97
Figura 87. Intento 10 termina satisfactoriamente el circuito	97
Figura 88. Intento 1 no se optiene resultado	98
Figura 89. Intento 4 levanta su brazo con ayuda.....	98
Figura 90. Intento 8 levanta su brazo por si solo	99
Figura 91. Actividad realizada con éxito	100
Figura 92. Ejercicio realizado con éxito	100
Figura 93. Primer intento no pudieron atravesesar el circuito.....	101
Figura 94. Cuarto intento aun no coordinan sus movimientos	101
Figura 95. Intento 10 no se obtiene aun los resultados.....	102
Figura 96. Intento 15 los niños atraviesan el circuito marcado exitosamente	102
Figura 97. Los niños captaron eficientemente el objetivo del ejercicio	103
Figura 98. Se presentaron inconvenientes al llegar a los circulos	103
Figura 99. Los niños levantan el pie pero es complicado mantener el equilibrio	104
Figura 100. Se capta de mejor manera los movimientos.....	104
Figura 101. Para este ejercicio se sigio las instrucciones a un 50 %	105
Figura 102. Se obtiene una mejor coordinación de equilibrio y movimientos	105
Figura 103. Distribución de pines.....	118
Figura 104. Conexión HDI prototipo - pantalla.....	119
Figura 105. Elección de la red a conectarse	120
Figura 106. Ingreso de clave de la red	120
Figura 107. Conexión bluetooth	120
Figura 108. Configuración del dispositivo.....	121
Figura 109. Ingreso a la configuración del dispositivo	121
Figura 110. Elección del dispositivo a conectar.....	122
Figura 111. Confirmación de emparejamiento.....	122

Figura 112. Configuración como punto de red	123
Figura 113. Confirmación de dispositivo.....	123
Figura 114. Carpeta de documentos	124
Figura 115. Encendido de bluetooth del dispositivo móvil.....	124
Figura 116. Aplicación robot móvil.....	124
Figura 117. Emparejamiento de bluetooth.....	125
Figura 118. Selección del dispositivo a conectar	125
Figura 119. Aplicación móvil.....	125

RESUMEN

La tecnología dentro de la educación se ha convertido en una herramienta necesaria, mediante la que se puede tener varias aplicaciones en base a la sociedad a la cual está dirigida; es por ello que el uso de la robótica infantil es una de las ramas más utilizadas en el aprendizaje dentro de los diferentes centros de desarrollo infantil los mismo que por medio de aplicaciones didácticas y herramientas robóticas como lo son los juguetes ayudan a que los niños desarrollen más rápidamente sus destrezas tanto en motricidad fina y gruesa.

En base a esta información el proyecto a desarrollar se enfoca en la robótica infantil en el área de motricidad gruesa para niños entre 1 y 3 años de edad, la misma que pretende diseñar un prototipo de robot la cual permita ayudar al aprendizaje y desarrollo motriz grueso en los pequeños mediante una serie de ejercicios que se los pueda realizar mediante juegos.

Se realiza un control manual para ayuda del docente infantil o la persona encargada de la enseñanza y cuidado del niño o niña, este control se puede tomar como fase uno, es decir, para los niños más pequeñitos de 1 a 2 años que es en donde empieza a explorar el ambiente en donde se desenvuelve, mediante el movimiento de las extremidades superiores e inferiores, así como movimiento de la cabeza. Y un control automático programado mediante la voz, considerado como fase 2 para los niños de 2 a 3 años de edad por medio de caminatas para desplazarse de un lugar a otro evitando los obstáculos, debido a que a esta edad los niños ya tienen un mejor desarrollo motriz y muchos pueden comunicarse sin mayor problema podrán dar la orden de activación al robot el mismo que lo podrá interpretar y realizar la tarea asignada. Mediante el uso del prototipo los niños podrán desarrollar su capacidad motriz en forma divertida.

ABSTRACT

Technology within education has become a necessary tool, through which you can have several applications based on the society to which it is directed; that's why the use of child robotics is one of the most commonly used branches in learning within different child development centers the same as through teaching applications and robotic tools such as toys help children develop their skills more quickly in both fine and thick motor skills.

Based on this information, the project to be developed focuses on children's robotics in the area of gross motor skills for children between 1 and 3 years of age, the same one that aims to design a prototype robot which allows to help the learning and coarse motor development in the little ones through a series of exercises that can be performed through games.

A manual check is carried out for the help of the child teacher or the person in charge of the teaching and care of the child, this control can be taken as phase one, that is, for younger children 1 to 2 years old which is where it begins to explore the environment in which it develops, by moving the upper and lower limbs, as well as head movement. And an automatic control programmed by voice, considered as phase 2 for children from 2 to 3 years of age by means of walks to move from one place to another avoiding obstacles, because at this age children already have a better motor development and many can communicate without further problem will be able to give the activation order to the robot the same that will be able to interpret it and perform the assigned task. By using the prototype children will be able to develop their motor skills in a fun way.

Palabras clave: Prototipo robótico, estimulación temprana, robótica, motricidad gruesa.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

Dentro de la búsqueda de publicaciones relacionadas con la robótica en el ámbito educativo se encontró lo siguiente:

Moscoso Torres Ernesto Enrique en su trabajo de titulación denominado “Desarrollo de secuencia psicomotrices mediante el uso de un robot humanoide, en los niños del dentro de estimulación temprana BABY PLACE”, realizado en febrero 2017 señala que en el Centro de Estimulación Temprana BABY PLACE los niños y niñas de 2 a 3 años, muestran un desarrollo psicomotriz poco avanzado. Frente a esto plantea usar un robot social humanoide para ayudar en el fortalecimiento de las habilidades motrices y sensoriales como caminar, estar en cuclillas, movimientos horizontales, movimiento de brazos y piernas. El robot humanoide presenta una interfaz gráfica y dispositivos de radio control, los movimientos están programados mediante la aplicación servo control el cual permite modificar los parámetros de velocidad. Bajo este proyecto los niños presentan un desarrollo cognitivo mediante la interacción de los mismos.[1]

En agosto de 2017, el artículo “Robot guía de actividades lúdicas como herramienta de enseñanza para niños de 1 a 3 años” realizado por Geovani Cuzco Silva, Fernanda Sánchez Tenelanda y Jairo Casco Rosero se propone realizar la interacción de actividades lúdicas en niños de 1 a 3 años tomando en cuenta a los niños de Centro

Infantil CIBV, en donde el objetivo principal es demostrar la robótica aplicada a la educación mediante el desarrollo de una interfaz interactiva y didáctica. El sistema consta de una Raspberry pi conectada al módulo Arduino para controlar la interfaz gráfica que consta la cual muestra en una pantalla diferentes actividades lúdicas que el robot puede realizar para ayudar a los docentes en el área de motricidad, lenguaje verbal y no verbal, material didáctico y hábitos de higiene con ayuda de canciones infantiles para el desarrollo de aprendizaje de los niños.[2]

Según Nelson Barrera Lombana el 27 de diciembre de 2014 en su artículo “Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula”, aborda una investigación de corte cualitativo, de investigación acción en el aula, que propone actividades lúdicas como: giros programados derecha e izquierda, identificación de colores y realizar tareas de acuerdo a esto, dibujar figuras geométricas, esto se realiza mediante la plataforma NXT de la empresa LEGO. Todo esto para estudiantes de 1 a 5 año de colegio en el que los estudiantes pueden modificar la programación del robot para realizar otra actividad, con la finalidad introducir la robótica educativa en las aulas de clase y posteriormente trabajar con ambientes para niños pequeños. [3]

“La robótica como herramienta para la educación en ciencias e ingeniería”, por Juan González, publicada en la Revista Iberoamericana de Informática educativa en diciembre de 2009, desarrolla un sistema multi-agente robótico TEACHH-RI, para jóvenes de 14 y 17 años puesto que es una edad cuando el individuo descubre sus intereses y se crean sus modelos de aprendizaje, las características del sistema multi-agente que cuenta con 4 robots que trabajan en grupo uno en función del otro esto tiene como objetivo fortalecer el cooperativismo entre compañeros haciendo que se trabaje en equipo.[4]

1.1.1 Contextualización del problema

La evolución tecnológica dentro del ámbito educativo se ha venido implementando poco a poco como material de apoyo a los docentes para mejorar el proceso de

educación en jóvenes y niños, haciendo de estos un material de trabajo que incentive al estudiante a desarrollar la creatividad y crear inquietudes que promuevan el aprendizaje creando nuevos conocimientos haciendo más fácil su comprensión.[5]

Hoy en día la robótica educativa está creciendo ampliamente al ser un entorno de aprendizaje basados en la creatividad e iniciativa de los estudiantes, más que crear un robot es una forma de incentivar el pensamiento lógico mediante la resolución de problemas por medio del trabajo en equipo. Al ser un material iterativo los maestros pueden hacer uso dentro del entorno educativo ya que es una forma diferente e interesante de enseñar y mejorar el aprendizaje.

La robótica como herramienta de aprendizaje ha sido considerada como una estrategia de desarrollo psicomotriz, debido a que al ser aplicada en niños menores de 4 años estos incentivan al niño a desarrollar su interés por aprender lo que ven y el explorar nuevos horizontes; por lo que si se aplica a niños de 2 a 3 años conllevaría a estimular su concepción, creación y capacidad de puesta en funcionamiento y mejoran las condiciones de aprobación de conocimientos.[6]

En niños de edades menores como de 0 meses a 1 años y de 1 año a 2 años los principios metodológicos que debe seguir un aprendizaje por robótica son: el aprendizaje significativo, la observación, la experimentación, el juego y el carácter globalizado de los aprendizajes. Se debe crear un ambiente de trabajo agradable, retador, generador de pensamiento crítico, con trabajo experimental, donde los niños sean capaces de imitar lo que va viendo y retenerlo y practicarlo. [7]

En base a esta información se ha considerado desarrollar un prototipo robótico que permita ayudar en el desarrollo motriz grueso de niños entre 1 y 3 años de edad, por medio de ejercicios y actividades establecidas, debido a que los métodos de enseñanza en las escuelas de estimulación temprana en donde actúa el profesor con uno o más niños es el principal cambio mediante el uso de la tecnología como herramienta de estimulación y aprendizaje en etapa temprana de los niños.

Mediante el uso de recursos de componentes electrónicos disponibles en el medio como, hardware y software libre, se realizará el diseño y la implementación del prototipo robótico, el cual por medio del sistema electrónico de control se escogerá los ejercicios o actividades que se encuentran preestablecidas en el prototipo las cuales se trabajara en ese momento con los niños.

1.1.2 Fundamentación teórica

ROBÓTICA

La robótica es una ciencia o rama tecnológica, que observa la creación de máquinas e instrumentos que colaboran con los humanos en la realización de actividades cotidianas [8], con la capacidad de interpretar su entorno y adecuar sus acciones a la consecución de un objetivo.[9]

Leyes de la robótica

Las tres leyes de la Robótica fue creada por Isaac Asimov las cuales son:[10]

- Un robot no puede hacer daño a un ser humano.
- Un robot debe de cumplir las órdenes dadas por un ser humano mientras no haga daño a ningún otro humano.
- Un robot debe de velar por su existencia siempre que no sea contradictoria con la primera y la segunda ley.

Tipos de Robots

Tipos de robot de acuerdo a su funcionalidad:[10]

- **Robot industrial:** Poseen brazos mecánicos o poli articulados con diferentes ejes, los cuales pueden ser móviles o fijos.

- **Robot de servicios:** Son del tipo humanoides, zoomorfos o móviles, los cuales están orientados a sectores como la salud, el ocio o la defensa militar entre otros.
- **Nano robótica:** Son los robots que por sus reducidas dimensiones están diseñados para realizar funciones científicas.

En este caso se analiza las características de los robots de servicio de tipo humanoide debido a que esta clasificación se adapta de mejor manera el desarrollo del proyecto.

Robots Humanoides

El robot humanoide, el cual puede imitar, de la manera más cercana posible, el comportamiento y capacidades del ser humano, como la inteligencia y la interacción social, ya que son favorablemente recibidos para trabajar en ambientes de convivencia con humanos, ya que se mueven de manera muy similar a los humanos, por consecuencia, ha habido un extenso estudio respecto de las máquinas.[11]

Tipos de robots humanoides

estos robots se dividen de acuerdo a su arquitectura mecánica:

- **Robot Humanoide Bípedo:** Completamente antropomorfo, esto es, ambas partes, superior e inferior, constituidas de cadenas cinemáticas de movilidad similar a la humana. Como se observa en la figura a continuación: [11]

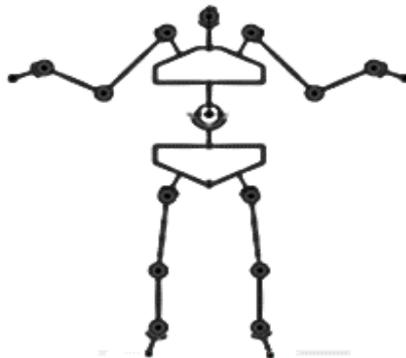


Figura 1. Humanoide Bípedo [11]

- **Robot Humanoide con ruedas:** Parte superior totalmente antropomorfa y una base propulsada por ruedas. La parte superior, idéntica a la del robot humanoide bípedo, requiere una cadena cinemática compuesta de 20 grados de libertad, 7 por brazo y 6 entre el torso y el mecanismo orientador de la cabeza. La parte inferior estará constituida de una base móvil con un sistema de locomoción diferencial, como se muestra en la figura a continuación: [11]

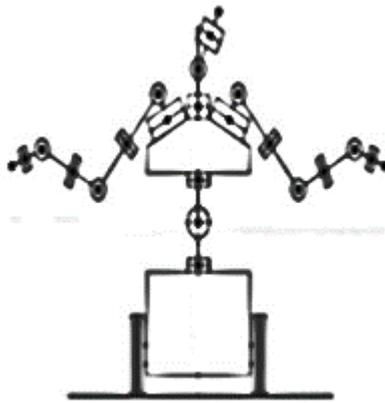


Figura 2. Estructura de robot Humanoide con ruedas [11]

Robótica educativa

La robótica educativa es un elemento necesario e innovador en las nuevas generaciones al utilizar la robótica en la educación, esto implica el diseño y construcción de un robot. Siendo el robot un mecanismo que se puede controlar media te un ordenador programado para realizar funciones como moverse manipular objetos etc.

Importancia

La robótica educativa busca despertar el interés de los estudiantes en el aprendizaje de manera más atractiva e integrarlas a los entornos educativos propios de cada uno de esta manera la educación se debe a los métodos actúales de enseñanza que hacen a estas asignaturas difíciles y poco interesantes; sembrando en el estudiante una actitud negativa hacia la ciencia y tecnología, alejándolo de carreras y profesiones relacionadas con la ciencia.[12]

SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control es el conjunto de elementos que funcionan de manera concatenada ejecutando un proceso para proporcionar una salida o respuesta deseada.[13] Un sistema de control se puede tener de dos tipos: sistema de control de lazo abierto y sistema de control de lazo cerrado. [14]

Sistema de control de Lazo Abierto

En este tipo de sistema la salida no se mide ni se realimenta a la entrada para compararla, los sistemas de control de lazo abierto son sistemas en los que la salida no tiene ningún tipo de efecto sobre la señal de acción para el control, a continuación, se muestra en esquema de este tipo.



Figura 3. Sistema de control de lazo abierto

Elaborado por: Investigador

Los sistemas de control de lazo abierto se pueden dividir en dos partes: el controlador en el cual se aplica una señal de entrada y cuya salida actúa como una señal actuante que regula el proceso controlado de tal forma que la variable de salida sea quien proporcione los estándares establecidos en la salida general del proceso. Además, que son susceptibles a las perturbaciones por consiguiente un sistema de control de lazo abierto es útil cuando se tiene la seguridad de que no existen perturbaciones que actúen sobre sí mismos.[14]

Sistema de Control de Lazo Cerrado

Sistema de control de lazo cerrado es aquel en el cual la salida del sistema tiene efecto directo sobre la acción del control, en este caso los sistemas son retroalimentados para reducir el error del mismo sistema.[14] En la figura mostrada a continuación se observa un sistema de control de lazo cerrado.

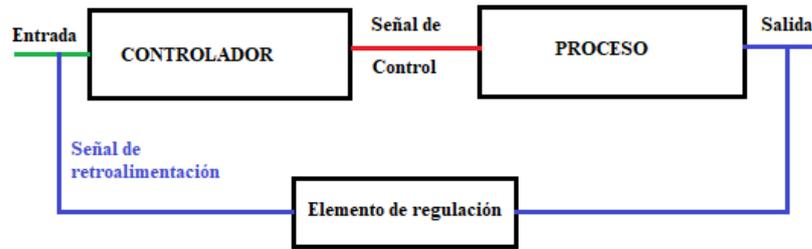


Figura 4. Sistema de control de lazo cerrado

Elaborador: Investigador

Importancia de los sistemas de control

Los sistemas de control son muy importantes en la ejecución de un proceso por las características que presentan para cada tipo de funcionamiento.[15]

El control automático forma parte importante en los procesos industriales y manufactura.

Es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad en las industrias de proceso.

- Aporta elementos para realización un desempeño óptimo de los sistemas dinámicos.
- Mejora la productividad
- Realiza operaciones repetitivas y rutinarias
- Mejora el control de seguridad

El control es un campo de gran utilidad en la ingeniería y ciencia por su gran desarrollo de la tecnología ya que posibilita obtener óptimos resultados en los sistemas autónomos como la velocidad y precisión que podrían alcanzar a un ser humano con respecto al de una máquina. [16]

CONTROL POR VOZ

La voz es una herramienta básica de comunicación entre los seres humanos y puede llegar a interaccionarnos, mediante el desarrollo de aplicaciones informáticas capaces de comprender y sintetizar el habla facilitando la interacción hombre – máquina. [17] ahora hablar de reconocimiento por voz se hace referencia a dispositivos que permitan identificar las palabras; estas estructuras son muy complejas ya que se está hablando de una señal análoga la cual tiene una amplia gama de frecuencias, tonos y timbres. Para reconocer las palabras se debe tener un módulo de reconocimiento de voz que tiene la capacidad de tomar el registro de vocablo y almacenarlo para hacer una comparación con otro grabado. [18]

Sistema de reconocimiento de voz

El sistema de reconocimiento de voz permite la comunicación mediante el habla de un usuario con un ordenador con el fin de que se realice acciones por medio de comandos de voz [19]; para este proyecto se trabajara con el sistema de reconocimiento de voz de Google.

MOTRICIDAD

Según Berruezo: La motricidad es un enfoque de la intervención educativa terapéutica, cuyo objetivo es el desarrollo de las posibilidades motrices, expresivas y creativas utilizando el cuerpo por medio del cual se concentra su actividad de interés en los movimientos.[20]

Tipos de motricidad

La psicomotricidad, divide la motricidad del niño en: fina y gruesa.[21]

- **La motricidad fina:** se refiere a las acciones que implican pequeños grupos musculares de cara, manos y pies, concretamente, a las palmas de las manos, los ojos, dedos y músculos que rodean la boca. Es la coordinación entre lo que el ojo ve y las manos tocan (óculo-manual).

- **La motricidad gruesa:** es aquella que hace referencia a todas las acciones que implican grandes grupos musculares, en general, se trata de movimientos grandes del cuerpo del niño o de todo el cuerpo.

MOTRICIDAD GRUESA

Para el desarrollo de la motricidad gruesa es necesario realizar actividades que estimulen el cuerpo, estos movimientos son los que hacen que los niños ayuden a controlar su fuerza.[21]

Actividades de motricidad gruesa

En la tabla 1 se muestra las actividades de motricidad gruesa que deben desarrollar los niños entre 1 y 3 años.[22]

Tabla 1. Escala Abreviada de Desarrollo [22]

Condiciones de observación	Criterios de respuesta
Patea vigorosamente	Reacciona moviendo y pateando vigorosamente con ambas piernas.
Levanta la cabeza y pecho en prona	Apoya y hace fuerza con el antebrazo y levanta la cabeza y el pecho, manteniéndose así por lo menos durante tres segundos.
Sostiene cabeza al levantarlo de los brazos	Sostiene el peso de su cabeza, en ningún caso la deja caer hacia atrás
Control de cabeza sentado	Controla sus movimientos de cabeza, ésta no cae hacia ningún lado bruscamente
Se voltea de un lado a otro	Dar botes de un lado a otro, boca – arriba y boca – abajo y viceversa.
Intenta sentarse solo	Intenta sentarse solo, logra erguirse sentado, aunque muy rápido pierde el equilibrio y cae nuevamente.

Se sostiene sentado con ayuda	Puede mantenerse sentado por algunos segundos, sin apoyarse en las manos; aunque pierde el equilibrio y se cae cuando se le retira el apoyo.
Se arrastra en posición prona	Hace fuerza con sus brazos, se apoya en el vientre, y/o encoge las rodillas, y logra arrastrarse un poco, aunque no logra todavía la posición de gateo.
Se sienta por sí solo	Puede levantarse por sí solo y logra sentarse sin ayuda, manteniendo esta posición con buen equilibrio.
Gatea bien	Apoya en manos y rodillas y gatea bien, logrando desplazarse algunos metros.
Se agarra y sostiene de pie	Agarra de la mesa o las rodillas de la madre, con una o ambas manos y logra mantenerse en pie, por lo menos durante 10 segundos.
Se para solo	Se pone de pie y se mantiene en esta posición sin perder el equilibrio, por lo menos 15 segundos
Da pasitos solo	Intenta y logra dar por lo menos cuatro o cinco pasos consecutivos, antes de perder el equilibrio
Camina solo bien	Camina con buen equilibrio, sin arrastrar los pies, camina erguido y sin temor, y parece gozar ejercitando este comportamiento.
Corre	Corre, aunque no con mucha velocidad, es importante que levante y alterne bien los pies sin arrastrarlos.
Patea la pelota	Logra patear la pelota sin perder el equilibrio
Salta en los dos pies	Salta con los dos pies juntos, sin separarlos y sin perder el equilibrio
Se empina en ambos pies	Puede empinarse, sin perder el equilibrio por lo menos durante tres segundos, y sin apoyarse.
Se levanta sin usar las manos	Imita al examinador o a la madre y logra ponerse de pie, sin bajar las manos, sin apoyarse ni perder el equilibrio.

Camina hacia atrás.	Espontáneamente o por imitación, el niño camina unos cuatro o cinco pasos hacia atrás en secuencia, sin trastabillar ni perder el equilibrio.
Camina en puntas de pies	Camina en punta de pies, por lo menos dos o tres metros, sin detenerse ni perder el equilibrio
Se para en un solo pie	Alcanza la pelota con ambas manos en la dirección correcta y logra recibirla sin dejarla caer.
Lanza y agarra la pelota	Lanza la pelota con ambas manos en la dirección correcta y logra recibirla sin dejarla caer
Camina en línea recta	Camina en línea recta, alternando los pies, uno frente al otro, sin perder el equilibrio, por lo menos dos metros sin detenerse
Salta tres o más pasos en un pie	Salta en un solo pie, por lo menos tres saltos consecutivos, sin perder el equilibrio
Hace rebotar y agarra la pelota	Imita al examinador o a la madre y logra hacer rebotar y agarrar la pelota, por lo menos dos veces consecutivas.
Salta a pies juntillas cuerda a 25 cm.	Salta de un lado al otro la cuerda, con los pies juntos, sin perder el equilibrio
Hace “caballitos” alternando los pies	Corre y salta haciendo “caballitos”, sin equivocarse ni perder el ritmo, por lo menos una distancia de tres o cuatro metros.
Salta desde 60 cm. de altura	Salta y cae de pie, sin perder el equilibrio. Se observa soltura y seguridad en la ejecución del movimiento

De esta tabla se analiza las actividades que los niños de 1 a 3 años de edad están desarrollando las cuales serán tomadas en cuenta para el desarrollo de proyecto.

1.2 Objetivos

La finalidad del objetivo principal en este proyecto consiste en implementar un prototipo robótico para estimulación de motricidad gruesa en niños de 1 a 3 años, de

tal manera que mediante el uso de tecnología en los centros de desarrollo infantiles se pueda ayudar a mejorar el desarrollo motriz grueso en los niños; por medio de las actividades asignadas a realizar con los pequeños.

Para realizar actividades que estimulan la motricidad gruesa es necesario realizar un amplio análisis de los diferentes tipos de movimientos, ejercicios y actividades utilizados en la estimulación de la motricidad gruesa de acuerdo a su edad; es decir que dependiendo de la edad en la que el niño se encuentre los ejercicios van hacer más o menos complejos y su tiempo será mayor o menor. Para el cumplimiento de este objetivo se debe tener en cuenta las siguientes actividades:

1. Investigar los factores que influyen en la estimulación motriz.
2. Determinar las mejores actividades que se pueden aplicar en los niños pequeños.

Posterior al estudio realizado se deberá determinar las características que debe tener el robot para el control de los movimientos, mediante el cual los niños podrán captar el objetivo de las actividades e interpretarlas de manera eficaz haciendo el trabajo de estimulación más fácil y dinámico, el prototipo de robot también permitirá a los niños aprender divirtiéndose. Esto se lo llevara a cabo mediante las actividades siguientes:

1. Seleccionar los materiales de construcción del prototipo tanto de manera interna como externa.
2. Elegir el software y hardware que mejor se ajuste a las necesidades presentadas.

Finalmente, y en base a toda la información se procede a diseñar un prototipo que ayude al desarrollo de la motricidad gruesa en niños de 1 a 3 años, cumpliendo con los requisitos requeridos para que el uso de esta herramienta sea aceptado por los usuarios a los que está dirigida, para ello se llevara a cabo las actividades a continuación:

1. Desarrollo del sistema aplicando pruebas y simulaciones.
2. Validación del prototipo mediante las respectivas pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

2.1 Materiales

En el desarrollo de la metodología durante el proyecto es necesario el uso de los siguientes materiales: artículos publicados dentro de revistas científicas, artículos técnicos, proyectos de investigación relacionados al tema, información sobre motricidad en niños pequeños, para el cual se utilizara impresora láser para la construcción del prototipo, motores para el movimiento del mismo, diferentes tipos de sensores que permita los movimientos requeridos, sistema de control y comunicación y fuente de alimentación.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

Para el desarrollo de la modalidad se trabajará con investigación aplicada, de tal forma que se hará uso de los conocimientos adquiridos dentro del área de estudio durante la carrera para el análisis de la problemática.

Otra investigación será documental, porque que se necesita información de libros, así como revistas científicas y tesis, que serán necesarias para la adquisición de conocimientos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Por medio de la investigación de campo, se obtendrá información real sobre los ejercicios que realizan los niños para la estimulación motriz gruesa con la finalidad de dar sustento al prototipo robótico.

A través de la investigación experimental se realizará pruebas del prototipo interactuando con los niños, así determinar el funcionamiento correcto cumpliendo con los objetivos establecidos.

2.2.2 Recolección de información

Para el proyecto la información a recopilar se lo realizará por medio de artículos y revistas científica, fuentes bibliográficas, artículos, así como también la información de la evolución tecnológica de la electrónica en la sociedad.

2.2.3 Procesamiento y análisis de datos

Parámetros para el procesamiento y análisis de datos serán los siguientes:

- Determinar los requerimientos luego de haber analizado los problemas percibidos.
- Recopilación de datos por medio del uso de la investigación documental.
- Análisis de la información obtenida para el planteamiento de la solución.
- Interpretación de resultados

2.2.4 Desarrollo del proyecto

A continuación, se detalla los pasos a realizar para el desarrollo del proyecto:

1. Recopilación de información sobre los tipos de movimientos que realizan los niños de entre 1 y 3 años de edad
2. Indagación de las técnicas utilizadas en los niños para el desarrollo motriz grueso.
3. Relación de las diferentes técnicas y ejercicios que se realiza con los niños para el desarrollo motriz grueso.
4. Determinación de la frecuencia con la que se realiza los ejercicios con los niños.

5. Estudio del desarrollo motriz grueso que poseen los niños actualmente.
6. Diseño de la estructura que tendrá el prototipo robótico para motivar el desarrollo motriz grueso en los niños.
7. Análisis de los posibles tipos de sistemas de control que se pueda utilizar en el prototipo.
8. Comparación de los diferentes sistemas de comunicación de forma inalámbrica.
9. Selección del sistema de control y comunicación más adecuado para implementarlo el prototipo.
10. Estudio de la programación a utilizar en los dispositivos que conforman el proyecto.
11. Desarrollo de la interfaz usuario – sistema para su interacción.
12. Implementación los sistemas de comunicación y control para el desarrollo del prototipo.
13. Pruebas de funcionamiento del prototipo con los niños.
14. Corrección de posibles errores.
15. Interpretación de los resultados para el establecimiento de conclusiones y recomendaciones.
16. Elaboración del informe final.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados.

El desarrollo de un prototipo robótico para la estimulación motriz gruesa en niños de 1 a 3 años de edad permite mejorar las condiciones de aprendizaje motriz, ampliando el tiempo de ejecución de cada ejercicio, para tener así un desenvolvimiento clave en el movimiento del cuerpo que los niños deben realizar a esa edad para mejorar la coordinación de sus movimientos y desarrollar sus capacidades físicas.

Es decir que el uso del prototipo para la estimulación hace que los niños capten de mejor manera los ejercicios ya que al ser un atractivo nuevo los niños tratan de imitar sus movimientos y de esta forma se desarrolla tanto la mente y cuerpo de los pequeños.

3.2 Desarrollo de la propuesta

El trabajo de investigación está basado en el desarrollo de un prototipo de robot que ayude a la estimulación motriz gruesa en niños de edades entre 1 y 3 años, para lo cual se realiza la estructura mediante impresión en 3D debido a la facilidad que presenta en el momento de darle forma a la estructura y se puede hacerlo en base a las necesidades que se presenten.

El prototipo posee dos etapas: una de control manual y otra de control automático. En la etapa de control manual el prototipo presenta características como: movimientos (arriba, abajo, caminata) realizadas mediante secuencias, mediante la conexión de un

dispositivo inteligente con el prototipo; estos movimientos fueron establecidos en base a la investigación de la motricidad gruesa al igual que para la parte de control automático se establece una secuencia de esquivar obstáculos e identificar en donde se encuentra el obstáculo, este control se lo hace mediante un comando de voz.

La funcionalidad del proyecto toma en cuenta las actividades básicas en la motricidad gruesa de niños entre 1 y 3 años de edad esto ayuda a mejorar la sincronización de cada uno de los niños y mejorando la motricidad haciendo que de esta manera los pequeños puedan desarrollarse y tener mayor eficiencia en su desenvolvimiento ya que a estas edades es fundamental que los niños aprendan a coordinar sus movimientos con su mentalidad.

3.2.1 Análisis de factibilidad

Mediante el análisis de la factibilidad del prototipo, permite obtener información importante para el desarrollo del proyecto, en el cual se aplica tres tipos de factibilidad que se los muestra a continuación.

Factibilidad Técnica

El trabajo de investigación tiene factibilidad técnica porque posee los conocimientos adecuados para su desarrollo, además, que presenta la tecnología necesaria para su ejecución, ya que también ha sido encontrada en diferentes proyectos relacionados. Las herramientas, materiales y dispositivos se encuentran disponibles en el mercado tecnológico tanto nacional como internacional.

Factibilidad Económica

La factibilidad económica del proyecto en base al hardware como software que se utiliza no presenta pagos adicionales de ningún tipo de licencia u otros, además que

todos los elementos que comprenden el prototipo serán financiados en su totalidad por el investigador.

Factibilidad Bibliográfica

En la factibilidad bibliográfica para el desarrollo se cuenta con gran cantidad de información para su investigación ya que se encuentra documentos como tesis, papers, páginas web, libros, artículos de revistas científicas etc. que aportan valiosa información que se toma como referencia.

3.2.2 Análisis de motricidad gruesa

La motricidad gruesa está relacionada con los movimientos generales que realiza el cuerpo con la capacidad de mantener el equilibrio y la coordinación, es decir que se refiere a la sincronización que existe al realizar movimientos de cabeza, extremidades superiores e inferiores así como también la acción de caminar en donde se requiere la coordinación y el funcionamiento apropiado de los músculos grandes del cuerpo, huesos y nervios; esta coordinación está presente al momento de realizar las actividades que necesitan de coordinación y equilibrio.

Este concepto abarca todo lo que se relaciona con el desarrollo cronológico de los niños, específicamente en el crecimiento del cuerpo y de las habilidades psicomotrices que el niño adquiere mediante el juego, el desplazamiento y las actividades al aire libre que implican el movimiento de manos, brazos, piernas y pies.[23]

Importancia

El acrecentamiento de la motricidad gruesa que se basa en la unificación de las partes del cuerpo con la coordinación y el equilibrio es fundamental en el crecimiento de los niños debido a que en lo posterior esto ayuda al manejo de la lectura, escritura y

calculo, es por ello que la estimulación motriz gruesa a edades pequeñas es muy importante para que los niños se desarrollen de forma eficiente.

Características

Al mencionar el término de motricidad se debe tener en consideración algunas de las siguientes características. [24]

- La evolución motriz en los primeros años de vida es fundamental para su desarrollo en aspectos biológicos y ambientales.
- La motricidad es favorable cuando se incrementa la interacción materno– infantil y los centros de cuidado, esta es la oportunidad que se le otorga al niño de moverse libremente.
- Se pretende estimular al niño en habilidades como; reflejos, equilibrio estático, locomoción, manipulación de objetos, agarre e integración viso-motora.

Escala motora gruesa:

Consiste en tareas que requieren movimientos precisos de los músculos largos del cuerpo. Los ítems son clasificados en 5 categorías de habilidades:[25]

- Reflejos
- Equilibrio
- No locomotora
- Locomotora

Factores que influyen en el desarrollo motriz

Los primeros 3 años de vida son fundamentales en el desarrollo de las funciones cognitivas y emocionales en los niños y niñas, esto está determinado por el tipo de ambiente en donde nace, crece y se desarrolla ya que ello constituye la fuente de

estímulos y experiencias que determinan el desarrollo. Los factores pueden influenciar positiva o negativamente en los niños, a continuación, se detallan alguno de ellos. [26]

Tabla 2. Factores que influyen en el desarrollo motriz de niños y niñas

FACTORES	DETALLE
Relaciones intrapersonales e interpersonales	Influencian en el desarrollo psicológico y conductual
Órganos sensoriales	Lesión en ojos, nariz, oídos, lengua y piel
Lesiones cerebrales	Traumas, tumores, epilepsia.
Falta de ejercicio	Disminuye rendimiento, concentración y la atención
Estímulos ambientales	Capacidad de detectar y responder
Privación ambiental	Impedimento a interactuar con externos
Alimentación	La falta de alimentación limita el desarrollo infantil
Sobre estimulación	Exceso de trabajo para un niño
Sub estimulación	Falta de interés en el desarrollo infantil
Sueño	El sueño es importante porque se estimula la hormona del crecimiento
Salud	Enfermedades genéticas o infecciosas
Sociedad	Realidad sociocultural y economía

Elaborado por: Investigador

Todos estos factores son de gran influencia en el desarrollo infantil, funcional, sensorial, emocional y físico, cabe recalcar que la herencia genética no impide el desarrollo infantil sino más bien sirve para el aprendizaje.

Actividades para niños de 1 a 3 años

Las actividades destinadas a ejercitar el cuerpo, los movimientos, la coordinación y el equilibrio de los mismos desarrollan la motricidad gruesa por lo que se ejecuta los siguientes ejercicios en relación a la escala motora.

- Reflejos: Esquivar objetos

- Equilibrio: Caminar por si solo
- No locomotora: Realizar movimientos
- Locomotora: Dar la instrucción al prototipo

Tomando en cuenta la relación de la escala motora se plantea las actividades motrices con nombre de juegos de la siguiente manera:

Tabla 3. Actividades para la estimulación motriz gruesa

Niños de 1 a 2 años		
ACTIVIDAD	ESTIMULACIÓN	TIEMPO
Recoger Manzanas	visual y motora.	De 45 min a 60 min
Levantar Objetos	no locomotora	
Caminar hacia atrás	equilibrio	
Carrera de obstáculos	reflejos	
Pasar por debajo del puente	visual, equilibrio y no locomotora	
Niños de 2 a 3 años		
ACTIVIDAD	ESTIMULACIÓN	TIEMPO
Caminar agarrado el balón en las piernas	visual y equilibrio	De 60 min a 90 min
Seguir líneas con diferentes recorridos	no locomotora y visual	
Atravesar bandas elásticas	equilibrio, coordinación y visual	
Mantenerse en un solo pie	equilibrio	
Mantener el equilibrio mientras realiza ejercicios	equilibrio y coordinación	

Elaborado por: Investigador

Cabe recalcar que no todos los niños están en las mismas capacidades de aprendizaje por lo que puede suceder que el aprendizaje sea más rápido o más lento.

3.2.3 Análisis del prototipo

Para el análisis del prototipo se tendrá en cuenta 3 puntos fundamentales que son: la estructura, la placa de control y los actuadores quienes conformaran el prototipo robótico.

3.2.3.1 Análisis de estructuras

Para el análisis del prototipo la investigación se centra en los tipos de robots móviles, los cuales permitirán hacer una elección adecuada del tipo de robot a usar en el prototipo.

Robots Móviles

Son mecanismos autónomos que en base a su configuración toman decisiones para relacionarse con el entorno esto puede ser: percepción, visión, navegación, planeación, construcción, localización y la interacción con el humano. Se puede clasificar en cuatro grupos:

1. Robots móviles con ruedas

Son tipos de robots los cuales sus movimientos está basado en ruedas son utilizados para conseguir velocidades altas y en territorios de superficies duras se encuentran en este grupo todos aquellos que tenga una o más ruedas. [27]

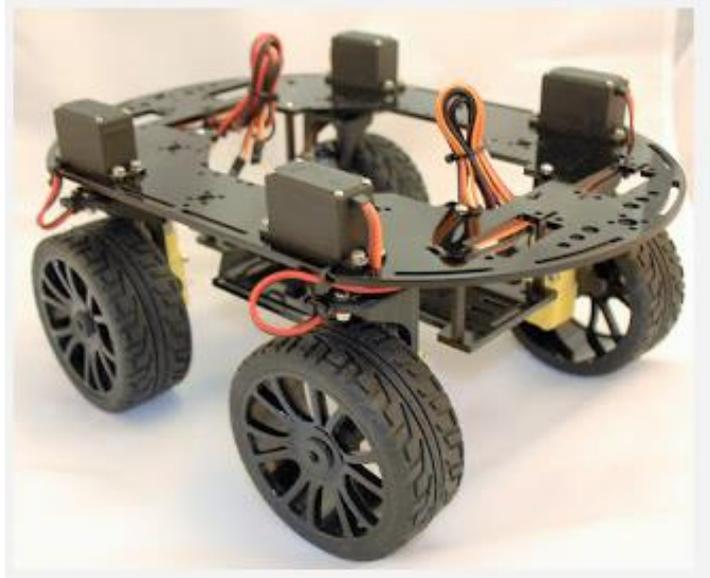


Figura 5. Robot móvil de cuatro ruedas [28]

2. Locomoción mediante patas

Este tipo de robots se caracteriza por las distintas formas de desplazamiento, gracias a su adaptabilidad para desplazarse en terrenos irregulares, debe tomarse en cuenta algunos aspectos como: posición, velocidad y equilibrio usando únicamente los movimientos de las articulaciones por lo que su diseño tiene cierto grado de complejidad.[27]



Figura 6. Tipos de robots de locomoción mediante patas. [27]

3. Configuraciones articuladas

Consiste en articular dos o más módulos de locomoción, las configuraciones articuladas son apropiadas para caminos estrechos y terrenos difíciles de adaptarse, estos pueden adaptarse a su entorno.[27]

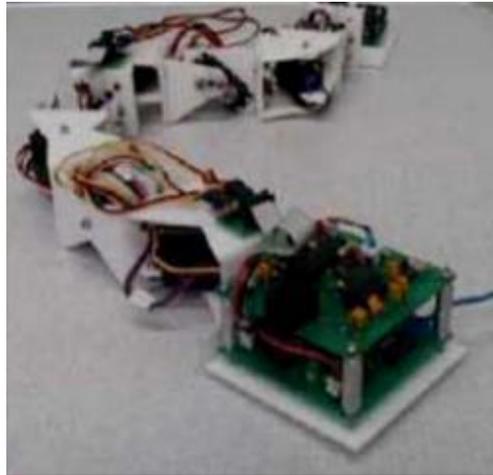


Figura 7. Robot mediante configuraciones articuladas [27]

4. Robots bípedos

La robótica tiene un amplio campo de investigación, este tipo de robots forman parte de la robótica móvil, se encuentran en la clasificación de robots con patas, como su nombre lo indica, poseen dos patas para su locomoción, en la mayoría intentan imitar el sistema motriz de los humanos para desplazarse e interactuar con su entorno, entre los más conocidos están los robots humanoides. [27]

En la actualidad se presenta uno de los tópicos más activos en el ámbito de la robótica, el estudio de máquinas inteligentes que se asemejan morfológicamente con los humanos y tiene aplicaciones en telepresencia que sirve para comprender el funcionamiento de nosotros mismos.[29]



Figura 8. Estereotipo de robot humanoide (bípedo) [30]

A continuación, se muestra una tabla comparativa de los tipos de robots móviles que se encontró y con las características más relevantes de cada uno de ellos las cuales se tendrán en cuenta para decidir cuál es la mejor opción para la elaboración del prototipo.

Tabla 4. Comparación de los robots móviles

Características	Robots móviles con ruedas	Locomoción mediante patas	Configuraciones articuladas	Robot bípedo
Terreno	Superficies duras	Superficies irregulares	Superficies difíciles de adaptarse	Superficie plan
Construcción	Compleja	Compleja	Compleja	Compleja
Movilidad	Locomoción mediante ruedas	Locomoción mediante ruedas	Configuración de articulaciones	Locomoción mediante dos patas
Diseño	Complejo	Complejo	Complejo	Complejo
Movimiento	Motor	Motor	Motores articulados	Motor
Aplicación	Autos	Imitación de animales	Exploración de suelos	Imitación de humanos

Elaborado por: Investigador

En base al análisis y la tabla de comparación realizadas se opta por desarrollar un prototipo de robot bípedo ya que este se asemeja más a la forma de un humano al tratar de interpretar sus movimientos, el cual se adaptará más fácilmente a las características que debe poseer el prototipo.

3.2.3.2 Análisis de placas de control

ORANGE PI

Es un ordenador de código abierto el cual puede trabajar Android, Ubuntu, Raspberry PI Imagen [31]; a continuación se muestra una imagen de la placa de control de Orange pi.

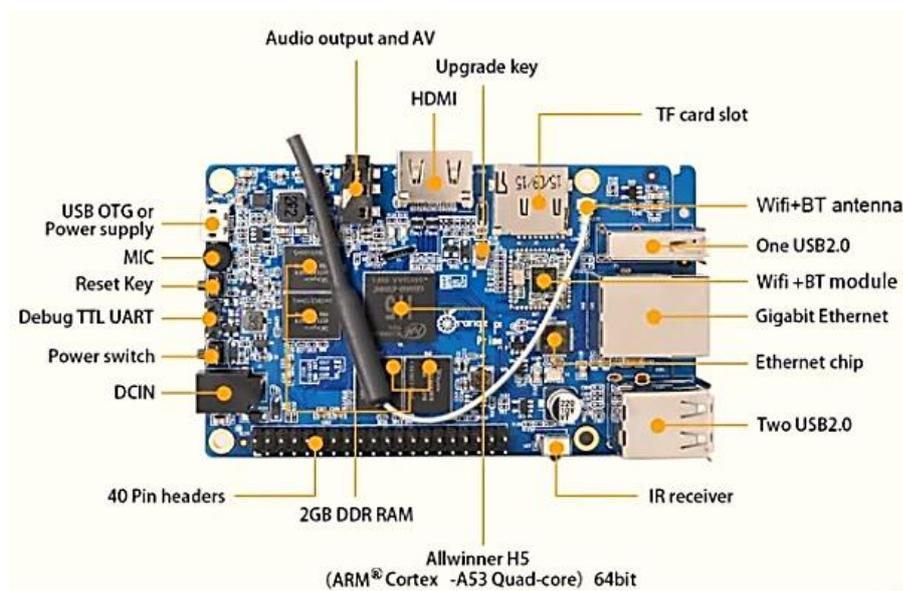


Figura 9. Controlador Orange Pi. [32]

RASBERRY PI

Consta de una placa base sobre la que se monta un procesador, es decir un chip gráfico y una memoria RAM, está considerado como un ordenador completo. La diferencia con un ordenador normal es que no incluye cable de alimentación, la caja ni el disco

duro, para el que se utiliza una tarjeta SD; en cuanto al sistema operativo se pueden instalar varios, la mayoría basados en el Kernel de Linux, y algunos de los más conocidos son Android, Firefox OS, Raspbian, Open WebOS o Unix. [33]

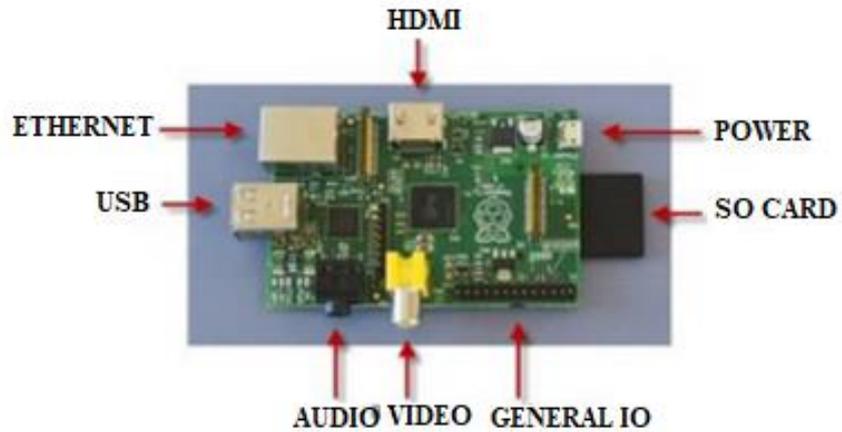


Figura 10. Dispositivo Raspberry pi. [33]

BEAGLEBONE BLACK

Es una plataforma de bajo costo, tiene algunas características similares a las de raspberry, es una máquina de Linux de propósito general, esta mejor equipada para conectar a dispositivos electrónicos externos con muchos pines GPIO y entradas analógicas. [34] a continuación se muestra un controlador beaglebone Black.

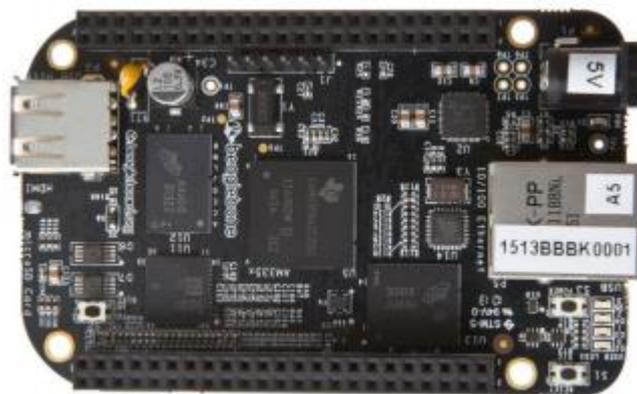


Figura 11. Placa de control Beaglebone Black. [34]

Tabla 5. Comparacion de placas de control

Caracteristicas	Orange pi	Raspberry pi	Beaglebone Black
Precio	\$ 30	\$ 75	\$ 45
Microcontrolador		ARM1176JZF	TI AM3359
Resolucion	8 bits	64 bits	8 bits
Pines	32	40	46
Ram	2.4 MB	512 MB	512 MB
Velocidad	1.8 GHz	1.2 GHz	16 MHz
Software	Android/ Rasbian Imagen/ Linux	Rasbian/ Andoid/ Firefox OS	Linux
Consumo de corriente	Bajo	Bajo	Bajo
Conexión		I2C	I2C
Puertos USB	si	2	no
Wifi	si	si	no
Bluetooth	si	si	no

Elaborado por: Investigador

Se trabaja con raspberry pi debido a la alta facilidad que presenta en sus características principales y al tener algunos de los componentes ya incorporados en la misma tarjeta, además de su capacidad de memoria y velocidad de trabajo.

3.2.3.3 Análisis de Software libre

Raspbian 7 Consolé

Raspbian es una de las distribuciones de Linux más completas que existe, ya que en ellos se encuentra la mayoría de programas empaquetados en los repositorios oficiales [35]. El interfaz de línea de comandos CLI (comando-line interface), es un sistema que sirve para controlar un ordenador o programa a través de las instrucciones que son introducidas como una línea de texto simple.

La consola de comandos es una herramienta habitual en los sistemas operativos por lo general, aparece como una interface sencilla, en la que el usuario escribe órdenes mediante códigos y recibe información del sistema a través de mensajes de texto, en la mayoría de los CLI no sólo permiten introducir órdenes de forma manual, si no que permiten ejecutar comandos de forma automatizada desde un archivo de texto que se denomina script. [36]

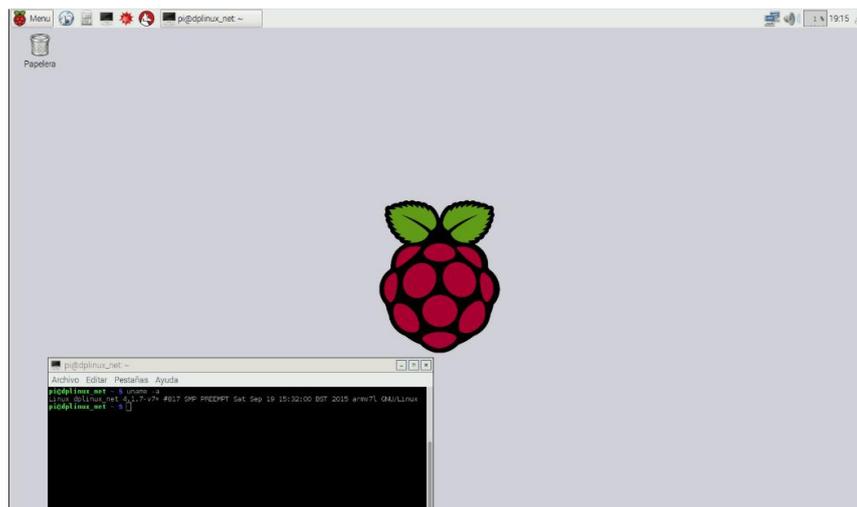


Figura 12. Consola de raspbian [36]

Firefox OS

Firefox OS es un sistema software libre basado en código abierto HTML 5 que ofrece importantes novedades y características relacionadas con el acceso y gestión de las apps.[37]. Este nuevo sistema operativo fue desarrollado por Mozilla el cual usa un núcleo de Linux y parte de un motor d tiempo de ejecución basado en Gecko lo cual permite que los usuarios ejecuten aplicaciones desarrolladas íntegramente en HTML5, JavaScript, CSS.

Además, que posee librerías que complementan al núcleo de Linux permitiendo el acceso a las capacidades del dispositivo a bajo nivel por medio de las librerías de rild el mismo que hace de interfaz al procesador del modem y se ejecutara un demonio que implementa la capa de interfase de radio que da permiso por parte del fabricante a comunicarse con el hardware del teléfono.[38]

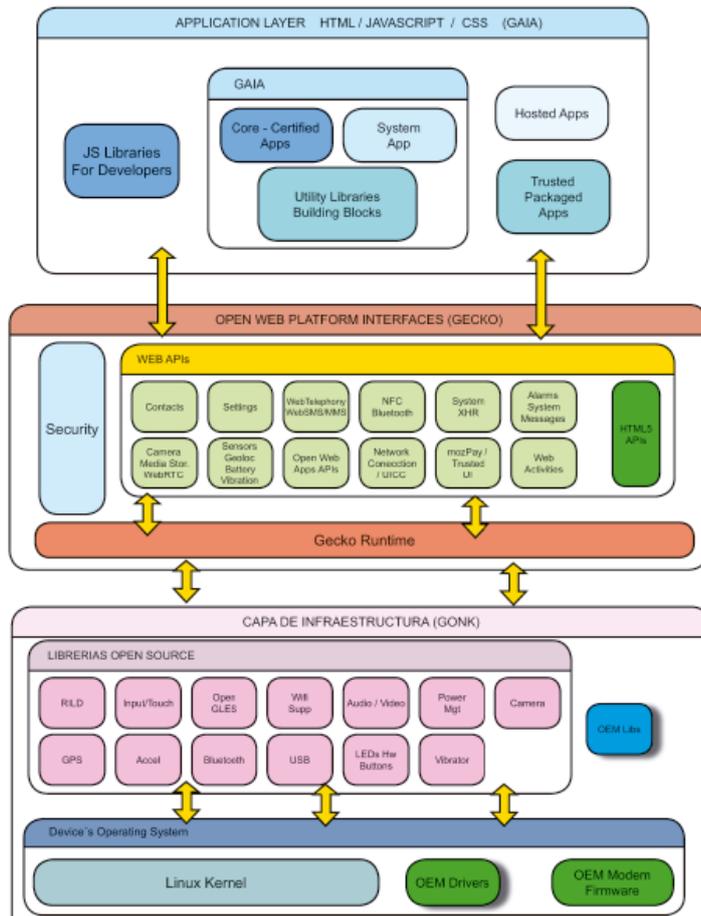


Figura 13. Arquitectura de Firefox OS

Android

Uno de los sistemas operativos más conocidos y utilizados por grandes empresas para la programación es Android, está basado en un núcleo de Linux el cual fue desarrollado por la Open Handset Alliance de Google, utiliza diversos conjuntos de herramientas de código abierto. Posee una arquitectura en la que cualquier aplicación puede llamar a una o varias funciones básicas como la de los dispositivos móviles como mensajes, llamadas, acceso a la cámara, facilitando a los programadores crear nuevas experiencias basada en la coherencia e imaginación.

El kernel de Linux usa una maquina personalizada virtual que fue diseñada para optimizar recursos de la memoria del hardware, además, de ser un código abierto puede ser libremente explorado para incorporar nuevas tecnologías en los procesos de vanguardia. [39]

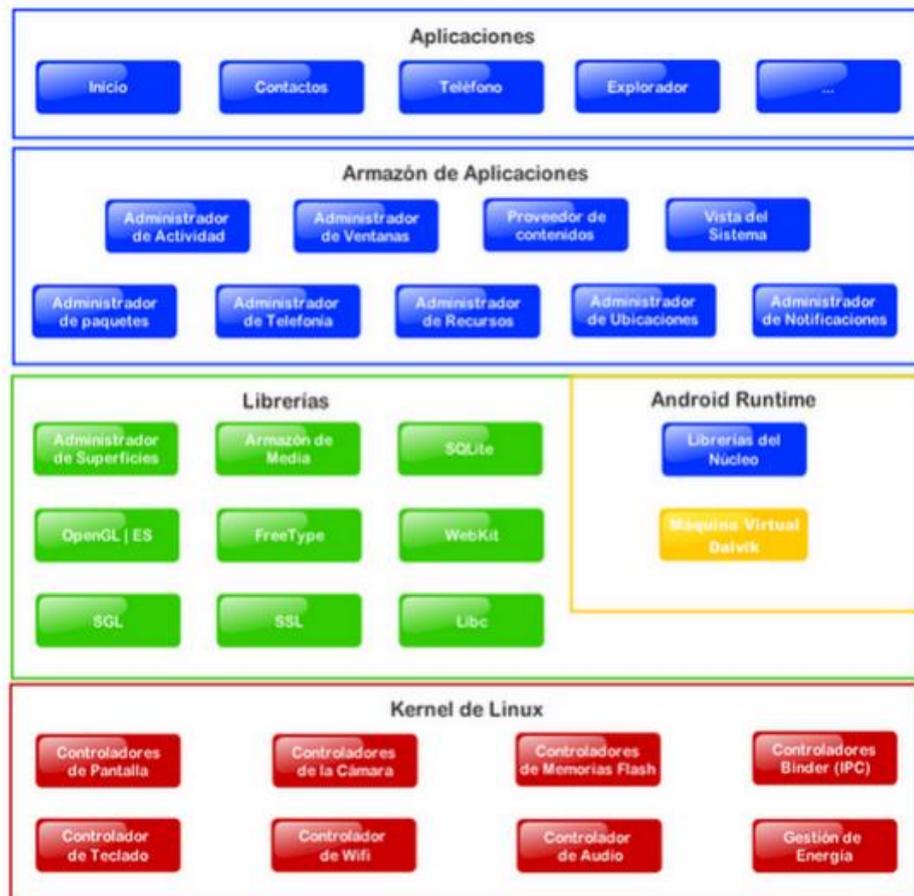


Figura 14. Arquitectura de Sistema Operativo Android

Tabla 6. Comparación de Software libre

Características	Rasbian 7 console	Firefox OS	Android
Consola	CLI / Gráfica	CLI	Gráfica
Compatibilidad	Windows / Linux	Windows / Linux	Windows / Linux
Librerías	Si	Si	Si
Aplicaciones	Robotica / domotica	Celulares	Smarphones

Elaborado por: Investigador

La programación se desarrolla mediante el software libre Raspbian 7 consolé por las aplicaciones para la cual está diseñada, además que posee una gran variedad de

librerías que permitirán la optimización de códigos en la elaboración de la ejecución de órdenes que debe cumplir el prototipo.

3.2.3.4 Análisis de motores

MOTOR A PASOS

Es un dispositivo electromecánico capaz de convertir pulsos eléctricos de entrada en movimientos mecánicos de salida, el eje del motor realiza una rotación de un ángulo de 1.8° / pulso de incremento discreto cuando el tren de pulsos eléctricos es aplicado por medio de una secuencia característica del motor.

La rotación está relacionada con los pulsos aplicados a la entrada del eje, la velocidad es proporcional a la frecuencia de los pulsos eléctricos de la entrada aplicada y el ángulo de rotación es directamente proporcional al número de pulsos eléctricos. La operación de estos motores depende exclusivamente de la aplicación de los pulsos a sus bobinas de fase en una secuencia, la aplicación de los pulsos a las bobinas de cada una de las fases proporciona corriente suficiente para su movimiento.[40]

Ventajas

- El ángulo de rotación del motor es proporcional al número de pulsos de la entrada.
- Tiene para completo de retención.
- Precisión de posicionamiento y repetibilidad de movimiento.
- Respuesta de arranque, paro y reversa.
- Puede trabajar con pulsos digitales
- A velocidades bajas puede tornarse síncrono

Desventajas

- Presenta resonancia mecánica

- Si no es controlado de forma correcta puede perder la sincronización
- A velocidades altas es difícil de manejar.

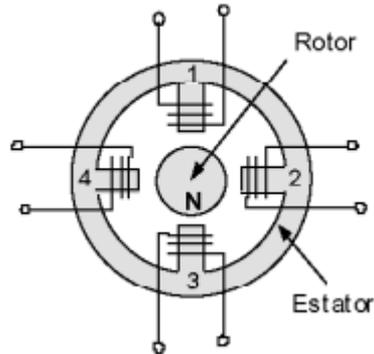


Figura 15. Motor a pasos de cuatro fases[41]

El motor consta de dos partes: el rotor y el estator. El rotor es la parte central del motor la cual está conformada de un par de imanes permanentes que giran debido cuando las bobinas del estator se excitan adecuadamente generando un campo electromagnético que produce el movimiento de dios imanes en alguna dirección. Es decir que para que el motor de un paso basta únicamente con excitar las bobinas correspondientes.[41]

SERVOMOTOR

Conocido como servo es un tipo de actuador eléctrico que integra un motor de preferencia DC, una caja reductora y la electrónica de control y comunicaciones el cual permite que se desplace a cualquier posición dentro de un determinado rango de operación y mantenerse estable en la misma posición, suelen controlarse mediante la posición y en algunos modelos la velocidad.

El sistema de control se limita a indicar a que posición debe desplazarse mediante una señal PWM de tal manera que la duración del pulso indica el ángulo de giro del motor; Cada servo tiene sus márgenes de operación que corresponden al ancho del pulso máximo y mínimo que el servo puede interpretar, si estos límites están sobrepasados comenzara a generar un tipo de vibraciones indicando que se debe cambiar la longitud del pulso. [42]

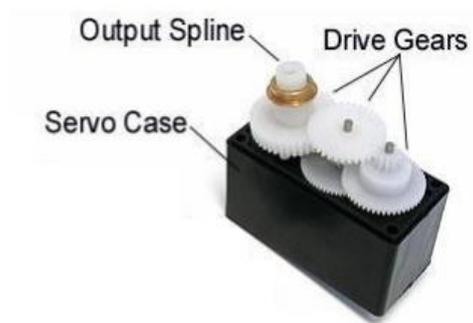


Figura 16. Partes de un servomotor [42]

Se recomienda trabajar con el servomotor en la región lineal debido a que las zonas de saturación significan que el par solicitado es mayor que los límites físicos del servomotor causando vibración mecánica y dinámica, además la velocidad de rotación tendrá una longitud mayor al ancho de banda. También es influyente la velocidad de rotación ya que deberá permanecer dentro de su ancho de banda; El ancho de banda son el número de revoluciones por segundo que puede girar para mantenerse.[43]

Tabla 7. Comparacion de Software libre

Características	Motor a pasos	Servomotor
Velocidad	Baja	Alta
Controlador	No	Si
Aplicaciones	Maquinaria	Robótica
Frecuencia	625 Hz	50 Hz
PWM	0.5 a 3.5 ms	05. a 2.5 ms
Tiempo de pulso	60 ms	20 ms

Elaborado por: Investigador

Después de analizar las características de los dos tipos de motores, el prototipo esta desarrollado con un servomotor el cual permite realizar las actividades planteadas de manera adecuada.

3.2.4 Análisis matemático

3.2.4.1 Análisis cinético

Para este análisis se debe tener en cuenta los componentes físicos que compondrán a la estructura en lo que consiste la ejecución de los movimientos, con estos ajustes y especificaciones se llegara a formar un modelo matemático que llega a ser parte de un prototipo de robot bípedo. El estudio se basa en las partes inferiores las cuáles serán las encargadas de dar movimiento y estabilidad al cuerpo, para este sistema se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Pie derecho
- Tibia derecha
- Fémur derecho
- Pie izquierdo
- Tibia izquierda
- Fémur izquierdo
- Tronco

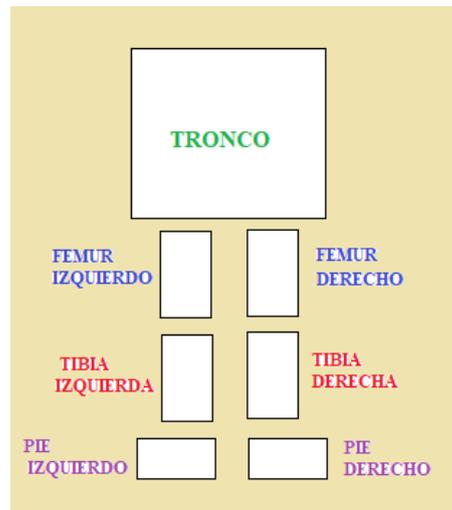


Figura 17. Representación de la estructura inferior para el prototipo

Elaborado por: Investigador

Los nombres de cada cuerpo que conforman la estructura bípeda como se muestra en la figura 15 se encuentran relacionados con el modelo antropomórfico del movimiento

humano, estos cuerpos son partes rígidas de la estructura y se configuran de acuerdo a los parámetros mecánicos y los movimientos que aseguran su correcto comportamiento.

En la tabla 6 que se muestra a continuación se puede observar las longitudes de cada parte de la pierna del prototipo, la pierna izquierda y la pierna derecha tendrán las mismas longitudes y también la dimensión para los pies.

Tabla 8. Dimensiones de la extremidades inferiores y pies del prototipo

Parámetro	Dimensión
x1	13 cm
x2	13 cm
x4	4.5 cm
y1	8 cm
y2	5 cm

Elaborado por: Investigador

Las variables x1 y x2 representan las longitudes de la parte lateral de la estructura, x4 ancho de la pierna, y1 largo de los pies y y2 ancho de los pies.

La interacción entre los cuerpos rígidos se modela mediante articulaciones rotacionales y articulaciones universales directas; las articulaciones universales se las modela como un conjunto de dos articulaciones rotacionales ortogonales con un punto común de rotación. Las articulaciones del prototipo robótico se definen en relación con las articulaciones del cuerpo humano que restringe la orientación entre el sistema óseo inferior como se muestra a continuación:[44]

- Tobillo derecho = interfaz de pie derecho con tibia derecha, 2 grados de libertad.
- Tobillo izquierdo = interfaz de pie izquierdo con tibia izquierda, 2 grados de libertad.
- Rodilla derecha = interfaz de tibia derecha con fémur derecho, 1 grado de libertad.

- Rodilla izquierda = interfaz de tibia izquierda con fémur izquierdo, 1 grado de libertad.
- Acetábulo derecho = interfaz de fémur derecho con la cadera, 1 grado de libertad.
- Acetábulo izquierdo = interfaz de fémur izquierdo con la cadera, 1 grado de libertad.

El grado de libertad que se asigna a cada una de las partes de la pierna, está considerado como la unión directa de los elementos pasivos de disipación de energía, los grados de libertad que permite moldear los movimientos de ejecución, así como la orden para esquivar obstáculos y seguir una línea tiene similitud en el modelado matemático relacionado a la estructura que se muestra a continuación:

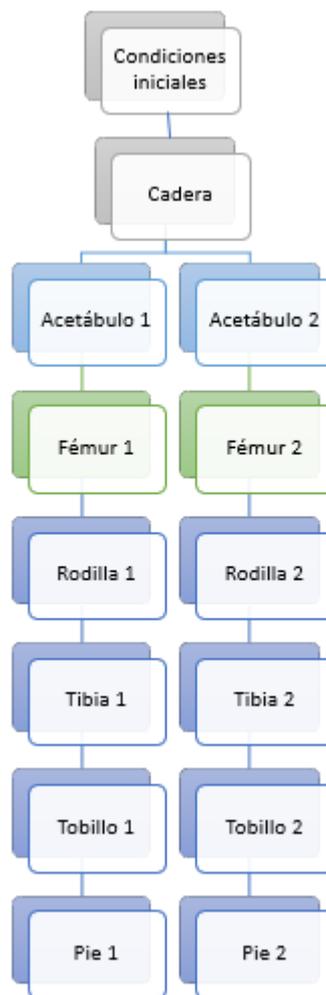


Figura 18. Diagrama de bloques para ensamblaje de las piernas del prototipo

Elaborado por: Investigador

En este sistema se debe tener en cuenta los siguientes ítems los cuales permiten conocer la posición y velocidad del movimiento del prototipo:

- Articulación de cadera en 2 grados de libertad
- Pie plano
- Torso rígido
- Grados de libertad en el sistema de locomoción 10^0

A continuación, se muestra un ejemplo de bloques para el control de los motores con funciones de transferencia en sus ganancias las mismas que permite modelar el control articular para los eslabones de la estructura del prototipo en construcción.

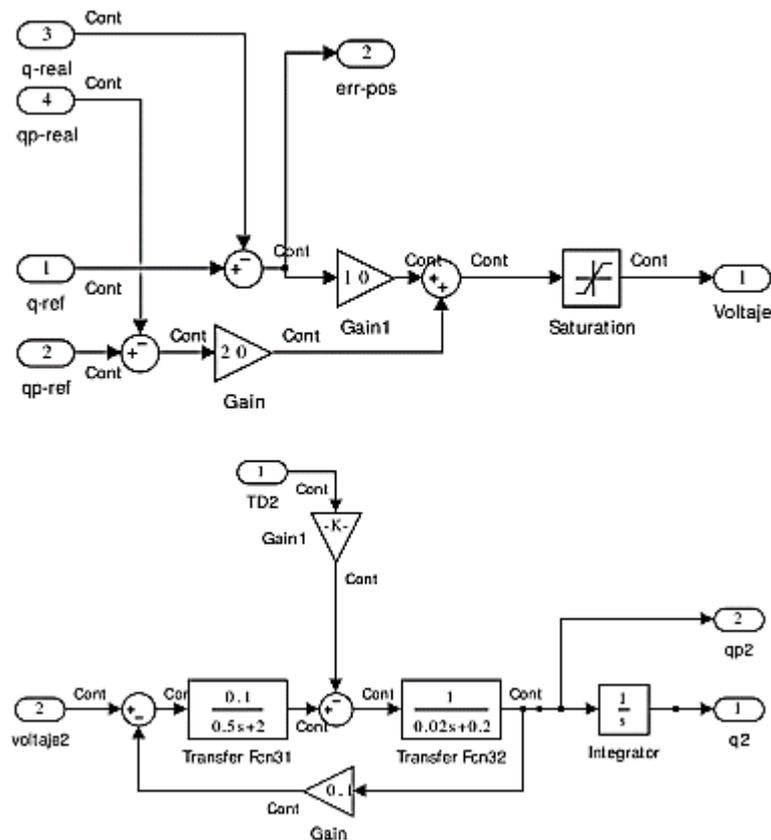


Figura 19. Ejemplo de diagrama de bloques del motor con función de transferencia sus ganancias [44]

Dentro del estudio cinético se puede encontrar dos tipos: cinemática directa y la cinemática inversa. La cinemática directa se la realiza mediante el estudio de dos puntos en dos fases diferentes la parte de la cadera con respecto al pie de apoyo y el punto de la cadera con respecto al pie flotante. La cinemática inversa se basa en encontrar una metodología de solución aplicable a todos los robots bípedos y están estrictamente relacionados con los grados de libertad de cada articulación para encontrar el estado de cada una de las articulaciones que conforman al robot.

En la figura 18 se muestra un diagrama de bloques aplicado la cinemática directa a la elaboración del prototipo en donde se detalla la posición de los pies y tobillos para el modelado. Así también en la figura 19 se observa el diagrama unifilar de la estructura con sus puntos de referencia (cadera, pie flotante y pie de apoyo).

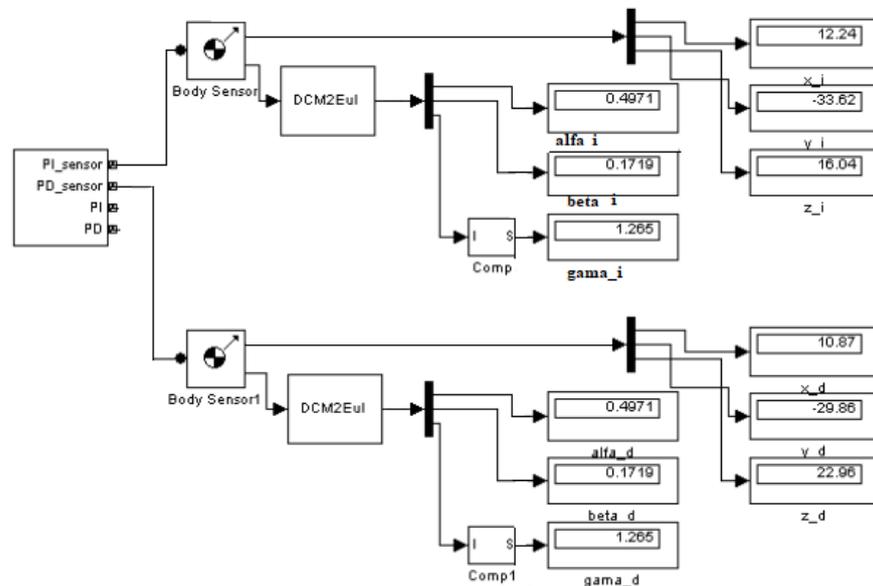


Figura 20. Modelo de comparación para cinemática directa mediante bloques

Elaborado por: Investigador

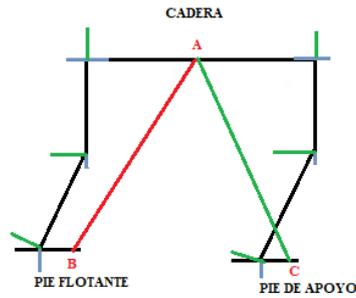


Figura 21. Diagrama unifilar de los puntos de apoyo para cinemática directa

Elaborado por: Investigador

Como se puede ver primero se obtiene la cinemática directa con respecto a los puntos A (cadera), B (pie flotante), y C (pie de apoyo); de esta forma se encuentra los puntos de referencia para el apoyo y estabilidad que le dará a la estructura.

3.2.4.2 Análisis dinámico

Para el análisis de la fuerza del prototipo se trabaja con el método de Denavit Hartenberg el mismo que ya dispone de posicionar el eje de rotación de cada una de las articulaciones en base al eje Z para cada uno de los marcos de referencia, esto se calcula mediante la cinemática directa del pie de apoyo a la cadera y posteriormente de la cadera al pie flotante. En la tabla a continuación se muestra los parámetros de del método de Denavit.

Tabla 9. Parámetros del método de Denavit Hartenberg para pie de apoyo. [44]

Articulación	θ_1	α_1	a_1	d_1
1	0	0	0	-0.054
2	$\pi/4$	0	0.057	0
3	$\pi/3$	0	0.074	0
4	$-\pi/6$	$\pi/2$	0.029	0
5	0	0	0.054	0
6	0	π	0.044	0

Elaborado por: Investigador

Teniendo en cuenta las distancias de cada una de las partes que constituyen la pierna se utiliza la transformación homogénea y su relación directa desde la matriz final del último sistema de coordenadas con respecto al sistema de referencia para así tomar en cuenta el movimiento de una sola pierna en este caso de la de apoyo.

$$T_i^{i-1} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\cos \alpha_i \sin \theta_i & \sin \alpha_i \sin \theta_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cos \theta_i & -\sin \alpha_i \cos \theta_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 1 Matriz de transformación D-H

Desarrollando la matriz para cada valor de i desde 1 hasta 6 que son el número de articulaciones de los parámetros del método de Denavit Hartenberg para pie de apoyo se tiene lo siguiente:

Para $i = 1$

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & 0 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 2 Matriz de transformación D-H para la articulación 1

Para $i = 2$

$$T_2^1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & a_2 \cos \theta_2 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & a_2 \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 3 Matriz de transformación D-H para la articulación 2

Para $i = 3$

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & -\sin \theta_3 & 0 & a_3 \cos \theta_3 \\ \sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 & a_3 \sin \theta_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 4 Matriz de transformación D-H para la articulación 3

Para $i = 4$

$$T_4^3 = \begin{bmatrix} \cos \theta_4 & 0 & \text{sen } \theta_4 & a_4 \cos \theta_4 \\ \text{sen } \theta_4 & 0 & -\cos \theta_4 & a_4 \text{sen } \theta_4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 5 Matriz de transformación D-H para la articulación 4

Para $i = 5$

$$T_5^4 = \begin{bmatrix} \cos \theta_5 & -\text{sen } \theta_5 & 0 & a_5 \cos \theta_5 \\ \text{sen } \theta_5 & \cos \theta_5 & 0 & a_5 \text{sen } \theta_5 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 6 Matriz de transformación D-H para la articulación 5

Para $i = 6$

$$T_6^5 = \begin{bmatrix} \cos \theta_6 & -\text{sen } \theta_6 & 0 & a_6 \cos \theta_6 \\ \text{sen } \theta_6 & \cos \theta_6 & 0 & a_6 \text{sen } \theta_6 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 7 Matriz de transformación D-H para la articulación 6

Para que el sistema de coordenadas este bien orientado se debe multiplicar por una matriz global A y la matriz de rotación B, las cuales se muestran a continuación:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & df_1 \\ 0 & -1 & 0 & df_2 \\ 0 & 0 & -1 & df_3 \\ 0 & 0 & 0 & df_4 \end{bmatrix}$$

Ec. 8 Matriz global de transformación

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos h_1 & -\text{sen } h_1 & 0 \\ 0 & \text{sen } h_1 & \cos h_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 9 Matriz de rotación

Finalmente, se realiza la multiplicación de la matriz de transformación homogénea para tener como referencia las coordenadas de la cadera con respecto al pie de apoyo.

$$T_6^0 = Ax Bx T_1^0 x T_2^1 x T_3^2 x T_4^3 x T_5^4 x T_6^5$$

Ec. 10 Ecuación de transformación homogénea

$$T_6^0 = \begin{bmatrix} f_1 & f_4 & f_7 & f_{10} \\ f_2 & f_5 & f_8 & f_{11} \\ f_3 & f_6 & f_9 & f_{12} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 11 Matriz de transformación homogénea

Resolución de ecuaciones:

Para la resolución de estas matrices los procedimientos a seguir son muy extensos por lo cual se trabaja con la fragmentación de la ecuación. Se realiza cambio de variable para sintetizar un poco las ecuaciones:

$$x_1 = \cos \theta_i$$

Ec. 12 Ecuación de cambio de variable para la función $\cos \theta_i$

$$y = \text{sen } \theta_i$$

Ec. 13 Ecuación de cambio de variable para la función $\text{sen } \theta_i$

$$f_1 = x_6 (x_1 x_5 + y_5 (x_4 x_2 y_1 y_3 + x_3 y_1 y_2) - y_4 (y_1 y_2 y_3 - x_2 x_3 y_1)) \\ + y_6 (x_4 (y_1 y_2 y_3 - x_2 x_3 y_1))$$

Ec. 14 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie de apoyo

$$f_2 = y_6 (x_4 (x_3 (x_{h1} y_2 + y_{h1} x_2 x_1) + y_3 (x_{h1} x_2 - y_{h1} x_1)) + y_4 (x_3 (x_{h1} x_2 y_2) \\ - y_3 (x_{h1} y_2 + y_{h1} x_1 x_2)) \\ + x_6 (y_5 (x_3 (x_{h1} x_2 - y_{h1} x_1 y_2)) - x_3 (x_{h1} y_2 + y_{h1} x_1 x_2)) \\ - x_4 (x_3 (x_{h1} y_2 + y_{h1} x_1 x_2) + y_3 (x_{h1} x_2 - y_{h1} x_1 x_2))) \\ + y_{h1} x_5 y_1$$

Ec. 15 Ecuación de transformación homogénea para articulación 2 de pie de apoyo

$$\begin{aligned}
 f_3 = & y_6 (x_4(x_3(y_{h1}y_2 - x_{h1}x_1x_2))) \\
 & + y_4(x_3(y_{h1}x_2 + x_{h1}x_1y_2) - y_3(y_{h1}y_2 - x_{h1}x_1x_2)) \\
 & + x_6(y_5(x_4(x_3(y_{h1}x_2 + x_{h1}x_1y_2))) \\
 & - y_4(x_3(y_{h1}y_2 - x_{h1}x_1x_2) + y_3(y_{h1}y_2 - x_{h1}x_1x_2))) \\
 & - y_4(x_3(y_{h1}y_2 - x_{h1}x_1x_2) + y_3(y_{h1}x_2 + x_{h1}x_1x_2))) \\
 & + y_{h1}x_5y_1
 \end{aligned}$$

Ec. 16 Ecuación de transformación homogénea para articulación 3 de pie de apoyo

$$\begin{aligned}
 f_4 = & y_6 (x_1x_5 + y_5(x_4(x_2y_1y_3 + x_3y_1y_2) - y_5(y_1y_2y_3 - x_2x_3y_1))) \\
 & - x_6(x_4(y_1y_2y_3 - x_2x_3y_1) + y_4(x_2y_1y_3 + x_3y_1y_2))
 \end{aligned}$$

Ec. 17 Ecuación de transformación homogénea para articulación 4 de pie de apoyo

$$\begin{aligned}
 f_5 = & y_6 (y_5(x_4(x_3(x_{h1}x_2 - y_{h1}x_2y_2) - y_3(x_{h1}y_2 + y_{h1}x_1x_2))) \\
 & - y_4(x_3(x_{h1}y_2 + y_{h1}x_1x_2) + y_3(x_{h1}y_2 - y_{h1}x_1y_2))) \\
 & + y_{h1}x_5y_1) \\
 & - x_6(x_4(x_3(x_{h1}y_2 + y_{h1}x_1x_2) + y_3(x_{h1}x_2 - x_{h1}x_1y_2))) \\
 & + y_4(x_3(x_{h1}x_2 - y_{h1}x_1x_2)))
 \end{aligned}$$

Ec. 18 Ecuación de transformación homogénea para articulación 5 de pie de apoyo

$$\begin{aligned}
f_6 = y_6 & \left(y_5 \left(x_4 \left(x_3 (y_{h1}x_2 + x_{h1}x_1y_2) - y_3 (y_{h1}y_2 - x_{h1}x_1x_2) \right) \right. \right. \\
& \left. \left. - y_4 (x_3 (y_{h1}y_2 - x_{h1}x_1x_2)) \right) - x_{h1}x_5y_1 \right) \\
& - x_6 \left(x_4 \left(x_3 (y_{h1}y_2 - x_{h1}x_1x_2) + y_3 (y_{h1}x_2 + x_{h1}x_1y_2) \right) \right. \\
& \left. + y_4 (x_3 (y_{h1}x_2 + x_{h1}x_1y_5) - y_3 (y_{h1}y_2 - x_{h1}x_1x_2)) \right)
\end{aligned}$$

Ec. 19 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie de apoyo

Finalmente se obtiene los parámetros del método de Denavit Hartenberg para el análisis de la cadera hacia el pie flotante en la tabla mostrada a continuación se muestra los valores proporcionados por el método ya mencionado.

Tabla 10. Parámetros del método de Denavit Hartenberg para pie flotante.

[44]

Articulación	θ_1	α_1	a_1	d_1
7	0	0	0	-0.054
8	0	$\pi/2$	0.029	0
9	$\pi/6$	0	0.074	0
10	$-\pi/3$	0	0.057	0
11	$-\pi/4$	0	0.054	0
12	$\pi/2$	0	0.023	0

Elaborado por: Investigador

Continuando con el análisis se realiza la reducción de los términos de la ecuación 10s cuales se los multiplica por cero obteniendo la matriz de transformación homogénea siguiente:

Para $i = 7$

$$T_7^6 = \begin{bmatrix} \cos \theta_7 & -\text{sen } \theta_7 & 0 & 0 \\ \text{sen } \theta_7 & \cos \theta_7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 20 Matriz de transformación D-H para la articulación 7 pie flotante

Para $i = 8$

$$T_8^7 = \begin{bmatrix} \cos \theta_8 & 0 & \text{sen } \theta_8 & a_8 \cos \theta_8 \\ \text{sen } \theta_8 & 0 & -\cos \theta_8 & a_8 \text{sen } \theta_8 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 21 Matriz de transformación D-H para la articulación 8 flotante

Para $i = 9$

$$T_9^8 = \begin{bmatrix} \cos \theta_9 & -\text{sen } \theta_9 & 0 & a_9 \cos \theta_9 \\ \text{sen } \theta_9 & \cos \theta_9 & 0 & a_9 \text{sen } \theta_9 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 22 Matriz de transformación D-H para la articulación 9 pie flotante

Para $i = 10$

$$T_{10}^9 = \begin{bmatrix} \cos \theta_{10} & -\text{sen } \theta_{10} & 0 & a_{10} \cos \theta_{10} \\ \text{sen } \theta_{10} & \cos \theta_{10} & 0 & a_{10} \text{sen } \theta_{10} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 22 Matriz de transformación D-H para la articulación 10 pie flotante

Para $i = 11$

$$T_{11}^{10} = \begin{bmatrix} \cos \theta_{11} & -\text{sen } \theta_{11} & 0 & a_{11} \cos \theta_{11} \\ \text{sen } \theta_{11} & \cos \theta_{11} & 0 & a_{11} \text{sen } \theta_{11} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 22 Matriz de transformación D-H para la articulación 11 pie flotante

Para $i = 12$

$$T_{12}^{11} = \begin{bmatrix} \cos \theta_{12} & -\text{sen } \theta_{12} & 0 & a_{12} \cos \theta_{12} \\ \text{sen } \theta_{12} & \cos \theta_{12} & 0 & a_{12} \text{sen } \theta_{12} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 23 Matriz de transformación D-H para la articulación 12 pie flotante

Finalmente, se debe multiplicar por la matriz de rotación para que el pie flotante se encuentre de forma perpendicular al suelo.

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos h_2 & -\text{sen } h_2 & 0 \\ 0 & \text{sen } h_2 & \cos h_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 24 Matriz de rotación

Para el procedimiento se e toma como referencia el sistema de coordenadas de la cadera como se muestra en la siguiente ecuación.

$$T_{12}^6 = T_7^6 * T_8^7 * T_9^8 * T_{10}^9 * T_{11}^{10} * T_{12}^{11} * L$$

Ec. 25 Ecuación de referencia del sistema de coordenadas de la cadera

$$T_{12}^6 = \begin{bmatrix} f_{13} & f_{16} & f_{19} & f_{22} \\ f_{14} & f_{17} & f_{20} & f_{23} \\ f_{15} & f_{18} & f_{21} & f_{24} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ec. 26 Matriz de rotación resultante

Por lo que al realizar las operaciones de matrices estas muestran resultados muy extensos se procede a realizar cambios de variable mejorando el manejo de los cálculos y sintetizando resultados; entonces $x_i = \cos \theta_i$ y $y_i = \text{sen } \theta_i$

$$f_{13} = x_6 \left(x_5 \left(x_4 (x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3) - y_4 (y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2) \right) - y_5 \left(y_4 (y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2) + y_4 (x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3) \right) \right) + x_1 x_2 y_6$$

Ec. 27 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$f_{14} = x_6 \left(x_5 \left(x_4 (x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3) - y_4 (x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2) \right) - y_5 \left(x_4 (x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2) + y_4 (x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3) \right) \right) - x_2 y_1 y_6$$

Ec. 28 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$f_{15} = x_6 \left(x_5 \left(x_2 x_3 y_4 + x_2 x_4 y_3 \right) - y_5 \left(x_2 y_3 y_4 - x_2 x_3 y_4 \right) \right) - y_2 y_6$$

Ec. 29 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$\begin{aligned}
 f_{16} = & y_{h2} \left(y_6 \left(x_5 \left(x_4 \left(x_3 y_1 + x_1 y_1 y_3 \right) - y_4 \left(y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2 \right) \right) \right) \right. \\
 & \left. - y_5 \left(x_4 \left(y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2 \right) + y_4 \left(x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3 \right) \right) \right) - x_1 x_2 x_6 \\
 & + x_{h2} \left(x_5 \left(x_4 \left(y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2 \right) + y_4 \left(x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3 \right) \right) \right. \\
 & \left. + y_5 \left(x_4 \left(x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3 \right) - y_4 \left(y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2 \right) \right) \right)
 \end{aligned}$$

Ec. 30 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$\begin{aligned}
 f_{17} = & y_{h2} \left(y_6 \left(x_5 \left(x_4 \left(x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3 \right) - y_4 \left(x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2 \right) \right) - \right. \right. \\
 & \left. \left. y_5 \left(x_4 \left(x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2 \right) + y_4 \left(x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3 \right) \right) \right) \right) + x_2 x_6 y_1 + \\
 & x_{h2} \left(x_5 \left(x_4 \left(x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2 \right) \right) + y_5 \left(x_1 \left(x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3 \right) - y_4 \left(x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2 \right) \right) \right)
 \end{aligned}$$

Ec. 31 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$\begin{aligned}
 f_{18} = & y_{h2} \left(x_6 y_2 + y_6 \left(x_5 \left(x_2 x_3 y_4 + x_2 x_4 y_3 \right) - y_5 \left(x_1 y_3 y_4 - x_2 x_3 y_4 \right) \right) \right) \\
 & + x_{h2} \left(x_5 \left(x_2 y_3 y_4 - x_2 x_3 x_4 \right) + y_5 \left(x_2 x_3 y_4 + x_2 x_4 y_3 \right) \right)
 \end{aligned}$$

Ec. 32 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$\begin{aligned}
 f_{19} = & x_{h2} \left(y_6 \left(x_5 \left(x_4 \left(x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3 \right) - y_4 \left(y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2 \right) \right) \right) \right. \\
 & \left. - y_5 \left(x_4 \left(y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2 \right) + y_4 \left(x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3 \right) \right) \right) - x_1 x_2 x_6 \\
 & - y_{h2} \left(x_5 \left(x_4 \left(y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2 \right) + y_4 \left(x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3 \right) \right) \right) \\
 & + y_5 \left(x_4 \left(x_1 x_3 - x_1 y_2 y_3 \right) - y_4 \left(y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2 \right) \right)
 \end{aligned}$$

Ec. 33 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$\begin{aligned}
 f_{20} = & x_{h2} \left(y_6 \left(x_5 \left(x_4 \left(x_1 x_3 + y_1 y_2 y_3 \right) - y_4 \left(x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2 \right) \right) \right) \right. \\
 & \left. - y_5 \left(x_4 \left(x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2 \right) + y_4 \left(x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3 \right) \right) \right) + x_2 x_6 y_1 \\
 & - y_{h2} \left(x_5 \left(x_4 \left(x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2 \right) + y_4 \left(x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3 \right) \right) \right) \\
 & + y_5 \left(x_4 \left(x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3 \right) - y_4 \left(x_1 y_3 + x_1 y_1 y_2 \right) \right)
 \end{aligned}$$

Ec. 34 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$f_{21} = x_{h2} \left(x_6 y_2 + y_6 (x_5 (x_2 x_3 y_4 + x_2 x_4 y_3) - y_5 (x_2 y_3 y_4 - x_2 x_3 x_4)) \right) \\ - y_{h2} (x_5 (x_2 y_3 y_4 - x_2 x_3 x_4) + y_5 (x_2 x_3 y_4 + x_2 x_4 y_3))$$

Ec. 35 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$f_{22} = df + a_4 x_4 (y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2) + a_4 y_4 (x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3) \\ + a_6 y_6 (x_5 (x_4 (x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3) - y_5 (y_4 (y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2) \\ + y_4 (x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3)))) \\ + a_5 x_5 (x_4 (y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2) + y_4 (x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3)) \\ + a_5 y_5 (x_4 (x_3 y_1 + x_1 y_2 y_3) - y_4 (y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2)) \\ + a_3 (y_1 y_3 - x_1 x_2 y_3) - a_6 x_1 x_2 - a_2 x_1 y_2)$$

Ec. 36 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$f_{23} = a_4 x_4 (x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2) + a_4 y_4 (x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3) \\ + a_6 y_6 (x_5 (x_4 (x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3) - y_4 (x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2)) \\ - y_5 (x_4 (x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2) + y_4 (x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3))) \\ + a_5 x_5 (x_4 (y_1 y_3 - x_1 x_3 y_2) + y_4 (x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3)) \\ + a_5 y_5 (x_4 (x_1 x_3 - y_1 y_2 y_3) - y_4 (x_1 y_3 + x_3 y_1 y_2)) + a_6 x_2 y_1 \\ + a_2 y_1 y_2$$

Ec. 37 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

$$f_{24} = -df - a_2 x_2 - a_3 x_2 x_3 \\ + a_6 x_6 y_2 (x_5 (x_2 y_4 + x_2 x_4 y_3) - y_5 (x_2 y_3 y_4 + x_2 x_3)) \\ + a_5 x_5 (x_2 y_3 y_4 - x_2 x_4 y_4) - a_4 (x_2 x_3 x_4 - x_2 y_3 y_4)$$

Ec. 38 Ecuación de transformación homogénea para articulación de pie flotante

Finalmente, la matriz resultante se referencia al sistema de coordenadas del pie flotante con respecto a la cadera y para referenciar el pie de apoyo al sistema del pie flotante para que se trabaje en un solo sistema del prototipo.

3.2.5 Parámetros técnicos del prototipo

3.2.5.1 Actuadores

Se conoce como actuador a los dispositivos que se encargan de transformar la energía ya sea hidráulica, neumática o eléctrica para la activación de un proceso automatizado generando algún tipo de efecto, para este caso se lo realiza mediante el uso de micro servos los cuales han sido elegidos debido a su tamaño con la finalidad de optimizar de la estructura.

Tabla 11. Parámetros de los micro servos

Modelo	Torque	Voltaje	Peso	Costo
Sg-90	18 kg	4.8 v	9 gr	\$ 2.50
Sh-0253	2.2 kg	6 v	13.6 gr	\$ 34.99
Hs-81	2.6kg a 3 kg	4.8 v a 6 v	16.6 gr	\$ 14
Mg-90s	1.8 kg	4.8 v a 6 v	13.4 gr	\$ 5.98
Gh-s37d	13 kg	4.8 v a 6 v	3.7 gr	\$ 4.25

Elaborador por: El Investigador

En este caso se decide trabajar con el micro servo sg-90 como se observa en la figura 20, debido al torque que posee es suficiente para realizar los movimientos establecidos, además que su peso es adecuado y tiene bajo costo para su respectiva adquisición.



Figura 22. Imagen de micro servo-sg90

Para las extremidades inferiores se usará 3 servos debido a que el peso de la estructura y los materiales ya incluidos hacen que se necesite de mayor fuerza para equilibrar el peso y mover la estructura en sí, de esta manera cabeza y brazos estará constituido por micro servos y las piernas estarán compuestos por servos.

3.2.5.2 Controlador

En la estructura del prototipo se cuenta con 23 micro servos por lo que se ve necesario hacer uso de un módulo de control de servos para optimizar los recursos de la placa de control.

Tabla 12. Parámetros de Shell para servos

Modelo	Canal	Voltaje	Frecuencia PWM	Bits de resolución	Comunicación	Precio
Pca 9685bs	16	5 v	1.6 KHz	12	I2C	\$ 13.99
Pca 9685	16	5 v	1.6 KHz	12	I2C	\$ 9.99
Pca 9685 USC1	16	6.5 v a 12 v	2.4 KHz	16	USB	\$ 39.99
Pca 9685 USC-USB	32	3.3 v a 5 v 6.5v a 12 v	2.4 KHz	16 Mb	USB	51.99

Elaborador por: El Investigador

En base a esta comparación de parámetros técnicos se utiliza dos módulos controladores PCA 9685 de 16 canales como se muestra en la figura 21, debido a que cuenta con las características adecuadas para el control de los servos bajo las especificaciones de salida de la placa de control, además que su precio en el mercado es accesible.

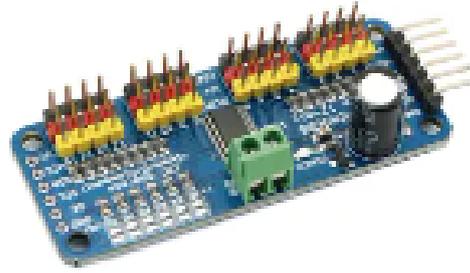


Figura 23. Módulo controlador de 16 canales

Para el controlador se utiliza una placa de control raspberry, para la adquisición de la misma se toma como referencia las placas existentes en el mercado actual y que cumplan con las características necesarias para el desarrollo del proyecto.

Tabla 13. Parámetros técnicos de raspberry

Modelo	Alimentación	Corriente	RAM	Velocidad	Precio
Raspberry Pi Zero	7 v	3.5 A	512 Mb	1 GHz	\$ 35
Raspberry Pi 3 B+	5.1 v	2.5 A	512 Mb	1.2 GHz	\$ 70
Raspberry Pi 4	5 v	3 ^a	4 GB	1.5 GHz	\$ 103
Raspberry Pi 4B	5 V	2 ^a	2 GB	1.2 GHz	\$ 90

Elaborador por: El Investigador

En el prototipo se usa raspberry pi 3B+ mostrada en la figura 22 como la placa del controlador, en base al voltaje que necesita para su alimentación, la corriente no es muy alta y su velocidad es adecuada



Figura 24. Modelo raspberry pi 3B+

Mediante el uso de la raspberry se realiza la programación adecuada para ejecutar las características que caracterizan al prototipo, en esta se tendrá control de los micro servos y sensores para su interacción.

3.2.5.3 Sensorización

La sensorización trata de adquirir datos analógicos mediante diferentes dispositivos para cuantificarlos y procesarlos de esta manera para realizar un proceso. En el proceso de sonorización para la estructura se cuenta con dos sensores: un sensor ultrasónico el mismo que permite que el prototipo al momento de caminar evite los obstáculos que se presentan en el camino; de esta forma se motiva a los niños al desarrollo motor y cognitivo. Y un sensor infrarrojo el cual por sus características que posee realiza la función del prototipo como un seguidor mediante el cual se puede realizar rutinas esto ayuda a los niños al desarrollo motor, cognitivo y social ayudando así a mejorar su coordinación.

Tabla 14. Parámetros técnicos de comparación sensores ultrasónico e infrarrojo

Modelo	Alimentación	Corriente	Frecuencia	Ángulo	Precio
Ultrasónico	5 v	15 mA	40 KHz	15 ⁰	\$ 2,50
Infrarrojo	3.3 v a 5 v	15 m A	300 GHz	18	\$ 5

Elaborador por: El Investigador

Para la etapa de sensorización se trabaja con el sensor ultrasónico hc-sr04 debido a que este emite ultrasonidos los que rebotan en los obstáculos que se encuentre en el camino, estos son captados por el receptor y de acuerdo a su circuito realiza la acción establecida, la distancia se establece mediante la configuración de su circuito.



Figura 25. Sensor ultrasónico hc-sr04

3.3 Desarrollo de la estructura

En esta etapa se realiza el diseño e impresión del prototipo, para el desarrollo de la estructura se tomó en consideración la impresión en 3D debido a que el diseño puede ser personalizado por el investigador y estar bajo las necesidades que se vayan presentando según la estructura vaya compactándose con cada parte para obtener el prototipo robótico final.

Materiales:

La estructura cuenta con los siguientes elementos:

- 7 micro servos sg 90
- 6 servomotores mg 995
- Cables
- Modelo impreso en 3D

A continuación, se detalla el proceso de cada una de las etapas para su construcción:

Como primera parte se realiza el diseño de cada una de las partes que conforman el prototipo para este caso: cabeza, brazos, torso piernas y pies las cuales están diseñadas en el software para modelado en 3D tinkercad.com

Cabeza

Para la construcción de la cabeza se tuvo en consideración las dimensiones del sensor ultrasónico ya que este hará la función de los ojos, entonces tenemos las siguientes dimensiones:

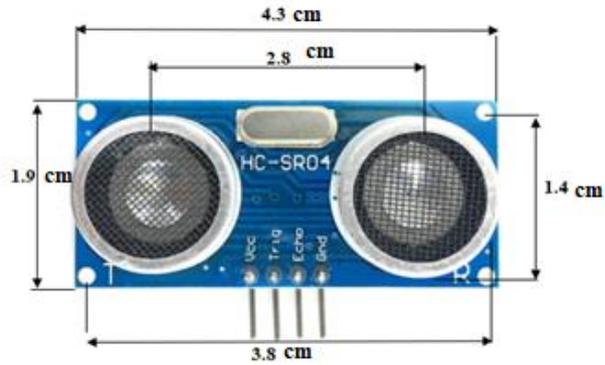


Figura 26. Dimensiones del sensor ultrasónico

Elaborado por: Investigador

En base a estas dimensiones se procede a al diseño e impresión de la cabeza del prototipo robótico.

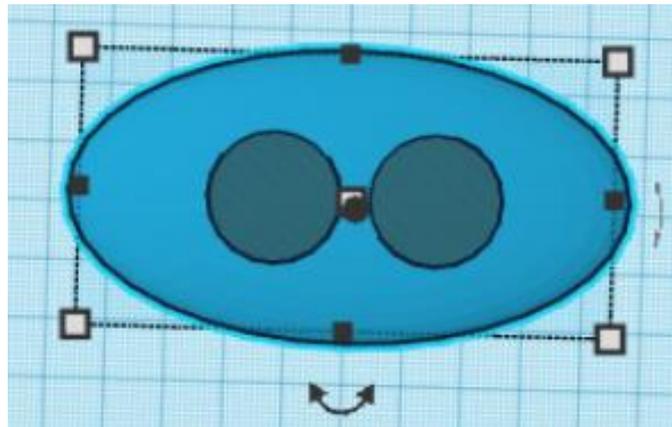


Figura 27. Diseño de la estructura de la cabeza

Elaborado por: Investigador



Figura 28. Impresión y ensamblaje para la cabeza

Elaborado por: Investigador

Torso

La elaboración del torso se dimensiona en base a los componentes que se tendrá para el controlador como son la raspberry, Shell para servo motor, batería de la placa base y batería de los motores; ya que este será en el cual están sujetos todos los elementos que conforman el sistema de control, para lo cual tenemos lo siguiente:

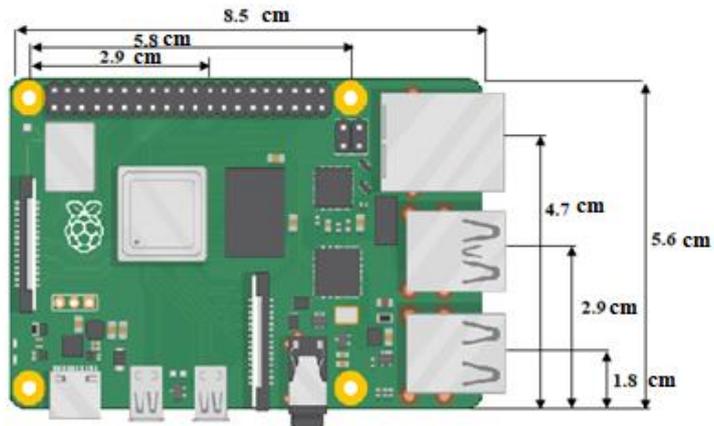


Figura 29. Medidas de la raspberry en cm

Elaborado por: Investigador

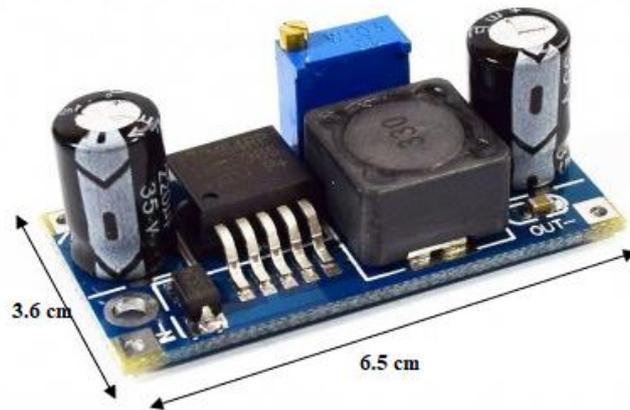


Figura 30. Medidas del módulo 9625 en cm

Elaborado por: Investigador

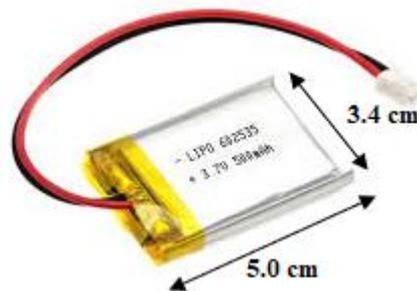


Figura 31. Medidas de la batería para raspberry en cm

Elaborado por: Investigador



Figura 32. Medidas de la batería lipo en cm

Elaborado por: Investigador

Para el torso se tiene dos tipos de estructuras: la primera estructura que está constituida por un solo bloque en donde se mantendrán los elementos como se ve en la figura 33.

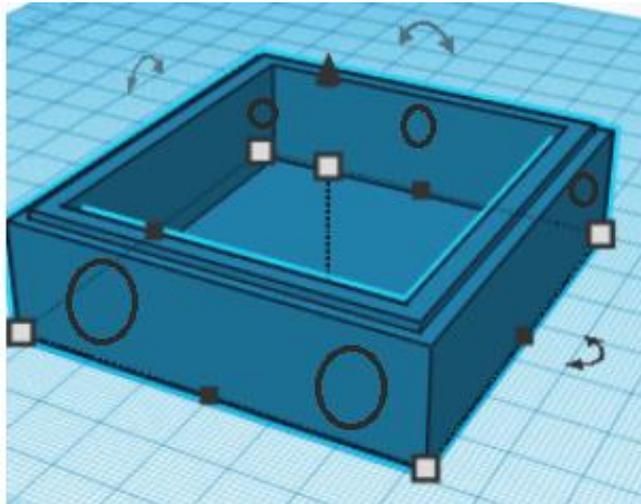


Figura 33. Diseño 1 para la estructura del torso

Elaborado por: Investigador

Y la segunda estructura que está formada de dos partes la misma que le da resistencia al prototipo conjuntamente con los materiales de control, debido a que posee lugares específicos para cada uno de los elementos que estarán sujetos a ella como lo podemos ver a continuación.

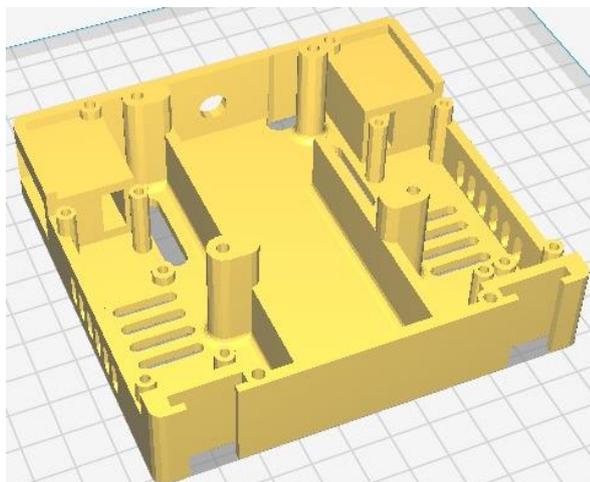


Figura 34. Diseño 2 para la estructura del torso

Elaborado por: Investigador

Una vez, finalizado el diseño de cada una de las partes de la estructura y definido su cantidad de elementos se procede a la impresión en 3D para su respectivo ensamblaje.

Para empezar con la programación el prototipo debe estar completamente ensamblado y equilibrado, a continuación, se muestra la impresión y embalaje de cada una de las partes del prototipo.

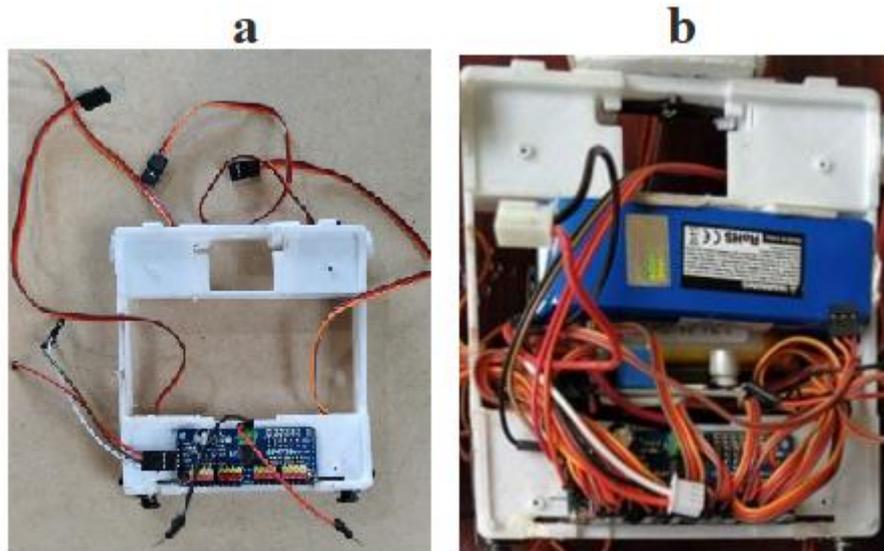


Figura 35. (a) Impresión y ensamblaje del torso (b) Ensamblaje completo del torso diseño 1

Elaborado por: Investigador



Figura 36. Impresión del torso diseño 2

Elaborado por: Investigador

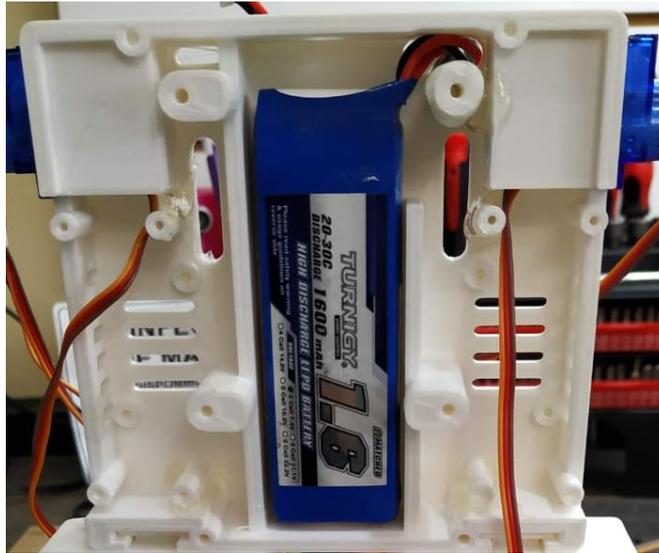


Figura 37. Ensamblaje del torso diseño 2

Elaborado por: Investigador

Brazos

La construcción de brazos se los hizo por medio de eslabones haciendo que los brazos estén constituidos por dos partes que van a forma el brazo y mano permitiendo así los movimientos de las extremidades superiores. En la construcción de brazos se tuvo en cuenta el tamaño de los micro servos además de la separación que debe existir entre ellos para realizar los movimientos.

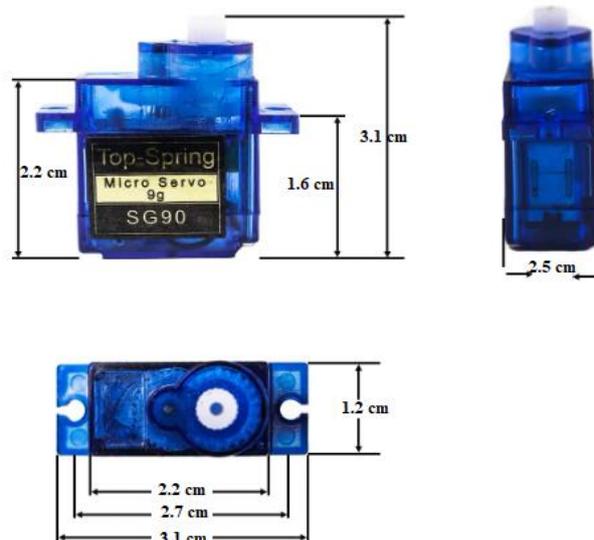


Figura 38. Medidas en cm del micro servo sg

Elaborado por: Investigador

A continuación, se muestra el diseño para la impresión que formaran la estructura de ambos brazos, así como también el ensamblaje de la misma.

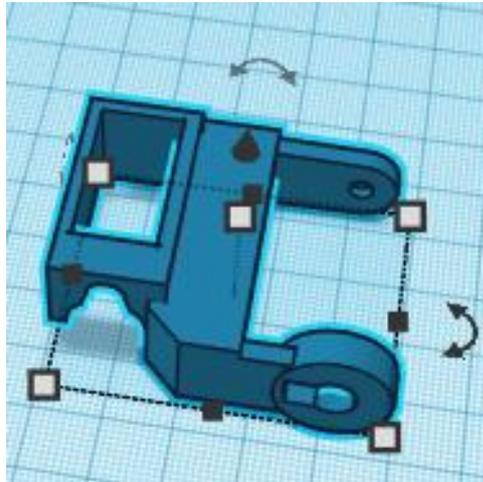


Figura 39. Diseño de la estructura para los brazos

Elaborado por: Investigador

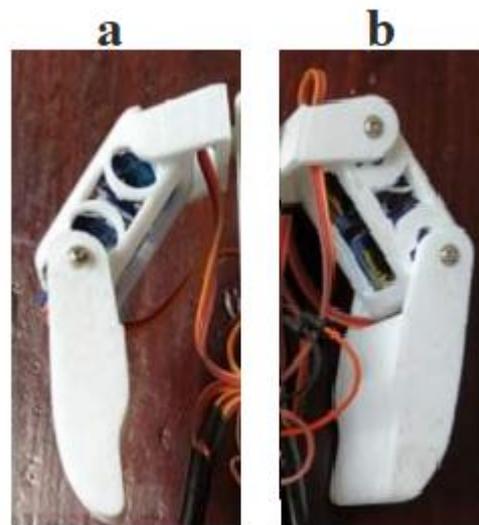


Figura 40. (a) Impresión y ensamblaje brazo derecho. (b) Impresión y ensamblaje brazo izquierdo

Elaborado por: Investigador

Piernas

Como se puede ver en la figura mostrada a continuación el diseño para las piernas, está formado por tres eslabones que conformar cada una de las piernas es decir que cada

pierna estará constituida por tres eslabones en los cuales se ajusta el micro servo quienes permitirán su movilidad.

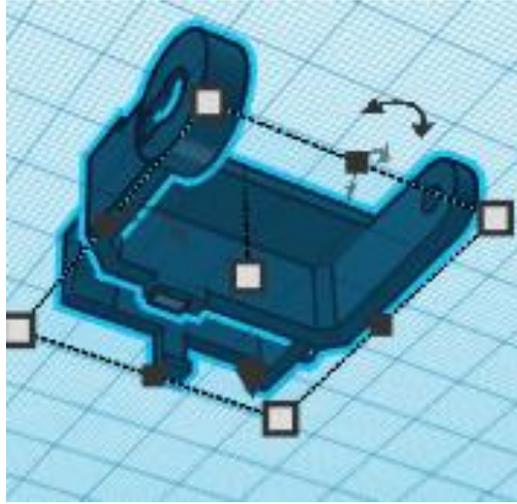


Figura 41. Diseño final de la pierna para el prototipo
Elaborado por: Investigador

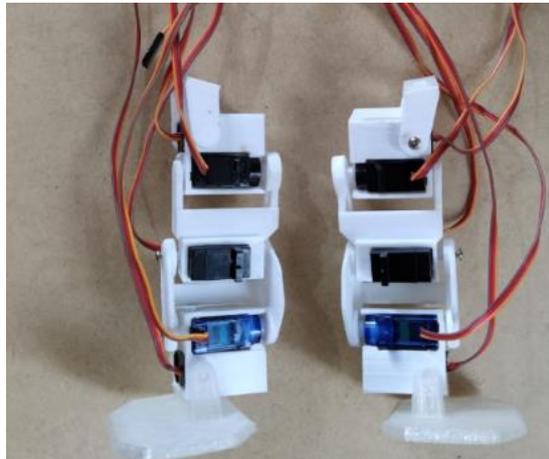


Figura 42. Impresión y ensamblaje de piernas y pies derecho e izquierdo
Elaborado por: Investigador

Debido a los problemas que se presentó durante el funcionamiento del prototipo ya ensamblado por completo, se optó por modificar la estructura de las piernas reduciendo a dos eslabones y modificando la estructura del prototipo para las extremidades inferiores, teniendo así el siguiente diseño.

Además, en la nueva estructura se cambia de 6 micro servos a 2 servomotores por el peso que se debe sostener, esto se hizo en base al peso que los diferentes tipos de servos puede soportar sin dañar sus engranajes.



Figura 43. Dimensiones del servomotor

Elaborado por: Investigador

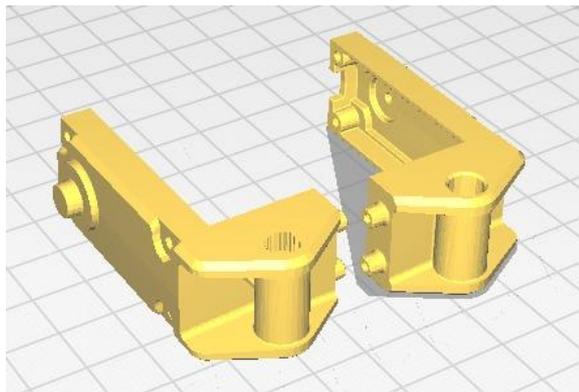


Figura 44. Diseño dos para la estructura de las piernas

Elaborado por: Investigador

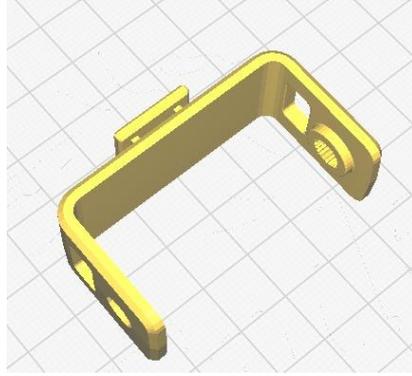


Figura 45. Diseño dos para la estructura de las piernas acoplamiento de servo motores

Elaborado por: Investigador

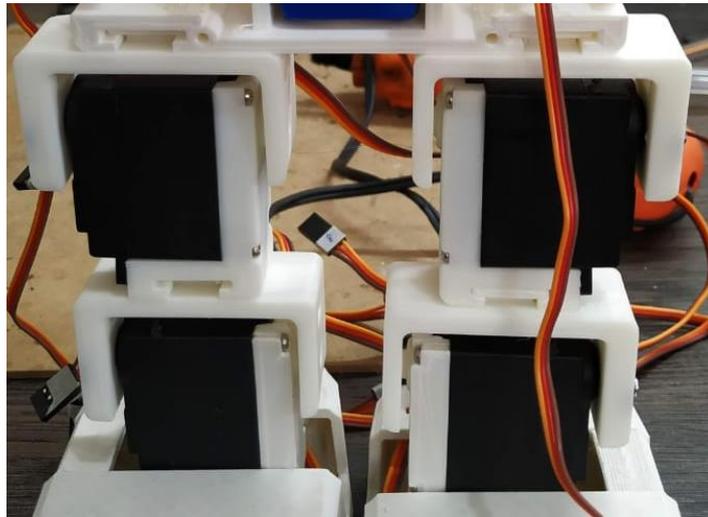


Figura 46. Montaje final de la estructura de las piernas

Elaborado por: Investigador

Finalmente, la figura 47 muestra el diseño de los pies, este diseño es muy importante debido a que ellos serán los que se encarguen de mantener toda la estructura firme y el prototipo pueda mantenerse de pie, cabe recalcar que si estos son muy pequeños o muy grandes la estructura perderá su equilibrio debido al peso que se encuentra en la parte del torso.

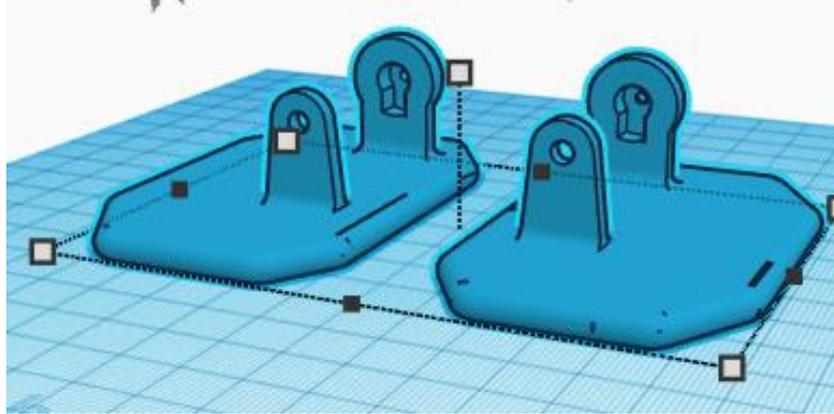


Figura 47. Diseño de los pies para el prototipo
Elaborado por: Investigador

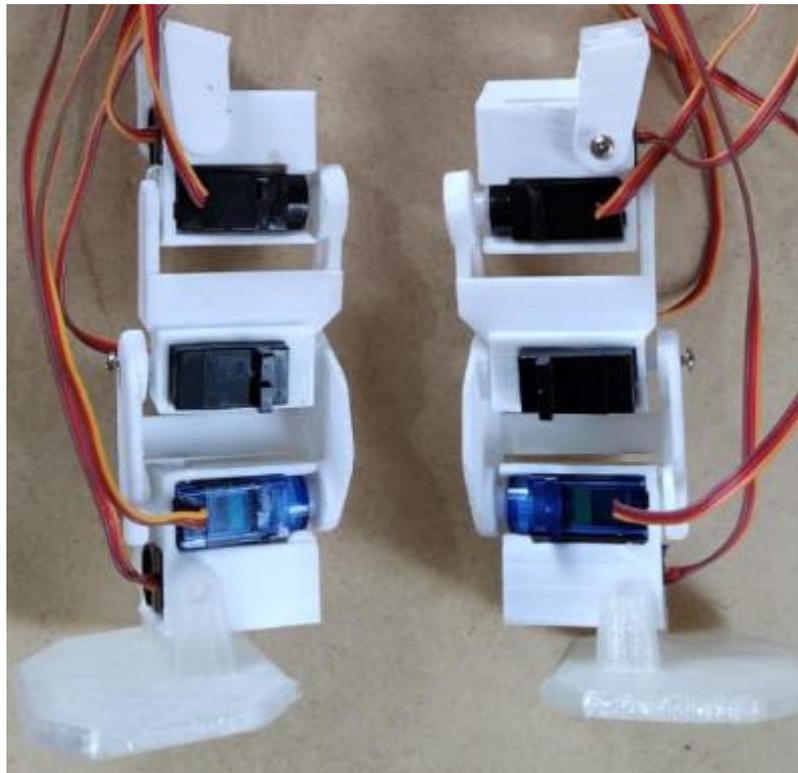


Figura 48. Montaje de los pies del prototipo
Elaborado por: Investigador

En base a que se cambió la estructura de las piernas se optó por modificar la estructura de los pies porque estos no daban estabilidad al prototipo teniendo así el siguiente diseño y estructura.

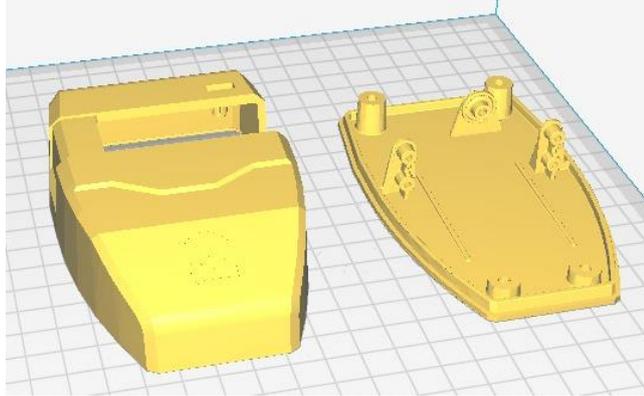


Figura 49. Diseño para la estructura final
Elaborado por: Investigador

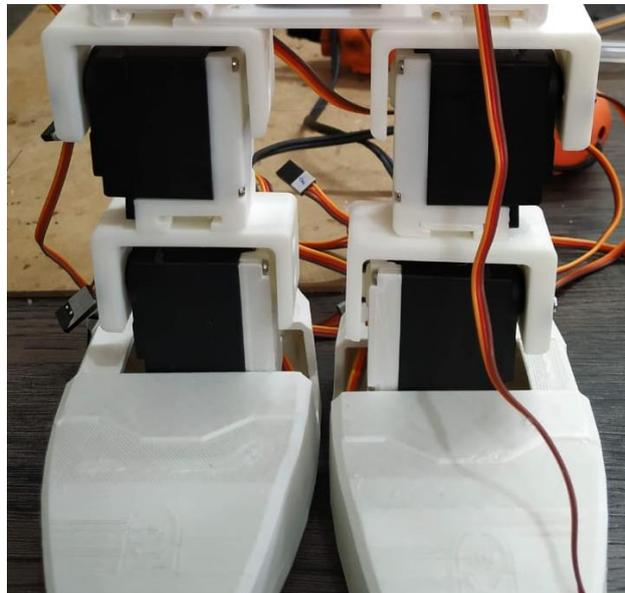


Figura 50. Montaje de los pies para la estructura del prototipo
Elaborado por: Investigador

Prototipo robótico

Después del diseño, impresión y ensamblaje del prototipo se obtiene como producto final, en este caso se tiene dos productos finales; en el primer caso la estructura se tuvo que hacer modificaciones debido a que no soportaba el peso de los componentes del sistema electrónico de comunicaciones; para el segundo caso es la estructura final del producto.

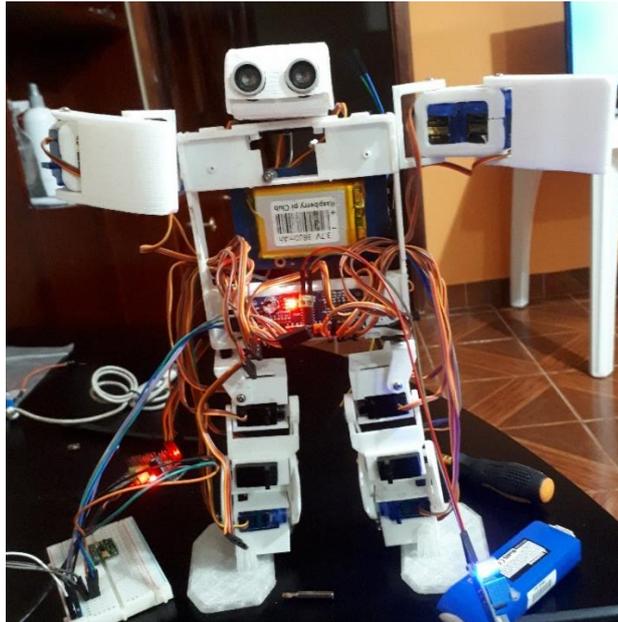


Figura 51. Primera estructura del prototipo final
Elaborado por: El investigador

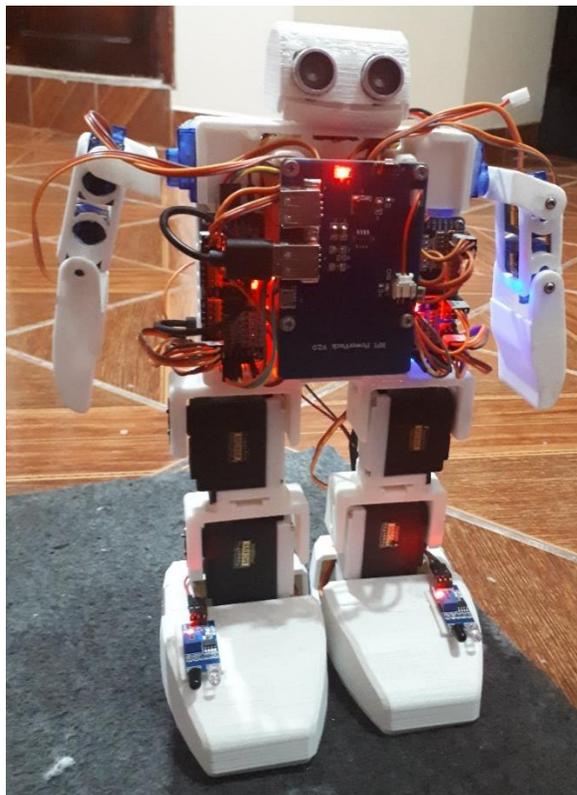


Figura 52. Estructura final del prototipo
Elaborado por: El investigador

3.4 Desarrollo del sistema de control

Dentro de esta etapa se trata de controlar prácticamente todas las funciones del prototipo, tanto en movimientos y caminata de cabeza brazos y pies, de igual forma enlazar con los diferentes sensores para realizar las actividades establecidas, utilizando la placa Raspberry pi 3B+, cuyo lenguaje de programación se desarrolla en Python. Como primera estancia se desarrolla la interfaz robot-usuario que nos permite interactuar con el prototipo, se cuenta con dos modos de operación manual y automático:

Entonces, el robot sincronizara sus movimientos a fin de tener la capacidad de desplazarse a través de sus extremidades inferiores en función de la estructura planteada. Además, podrá mover sus extremidades superiores en función de los requerimientos planteados.

Cuenta con dos modos de operación:

Manual: Activado mediante un único comando de voz a través de una aplicación Android vinculada con el controlador vía bluetooth, en este modo se podrá dar la instrucción a la secuencia que se desee realizar en ese momento.

Automático: Se lo realiza mediante el comando de voz que conmuta entre ambos modos de operación a través de la aplicación planteada, en este modo se habilitan los sensores: ultrasónico para evadir obstáculos e infrarrojo para detectar bordes de líneas en un espacio delimitado.

3.4.1 Desarrollo de diagrama de bloques

El diagrama de bloques se desarrolla mediante App Inventor 2, mediante esta interfaz se realiza tanto el diseño de modo manual como el diseño del modo automático, en la figura que se muestra a continuación se representa la configuración de los dos modos ya mencionados además del reconocimiento para la conexión de la raspberry con la aplicación.

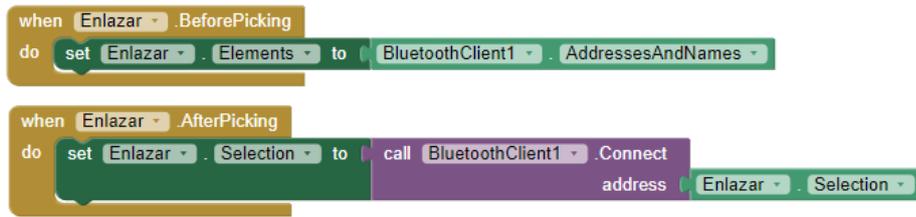


Figura 53. Diagrama de bloques en App Inventor 2 para conexión

Elaborado por: Investigador



Figura 54. Diagrama de bloques en App Inventor para control manual

Elaborado por: Investigador

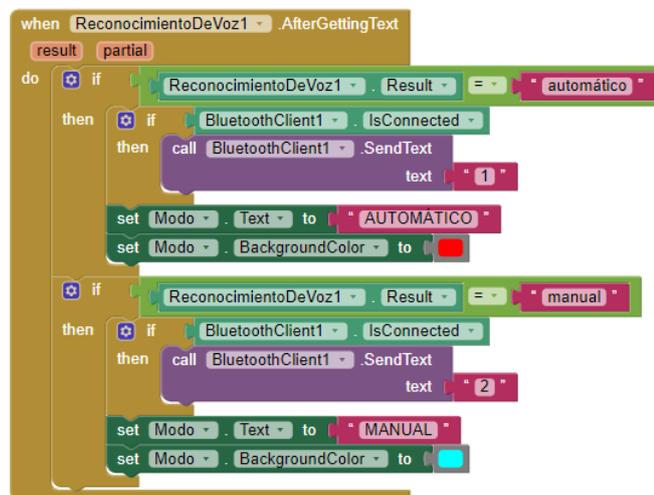


Figura 55. Diagrama de bloques en App Inventor 2 para control automático

Elaborado por: Investigador

3.4.2 Desarrollo de la interfaz manual

El desarrollo de la interfaz manual en la fase uno se permite la manipulación de los movimientos de brazos, cabeza y piernas, mediante las flechas se dará la instrucción de activación de la extremidad que se desea mover, la cantidad de veces que se ejecute una acción será determinada por la persona encargada la misma que podrá coordinar movimientos de acuerdo a su gusto y necesidad, a continuación, se muestra la interfaz gráfica que se tendrá como resultado final para la interacción prototipo-usuario

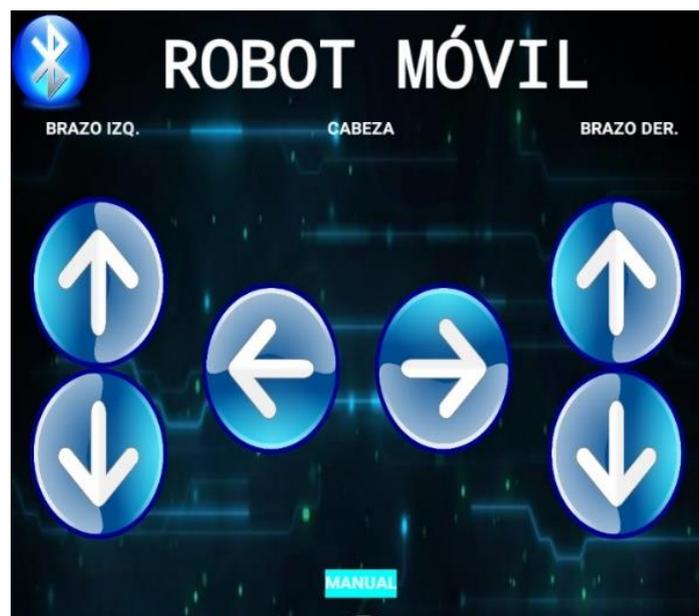


Figura 56. Interfaz gráfica para modo manual 1

Elaborado por: Investigador

La interfaz gráfica dos (final) se la desarrolla mediante secuencias, en donde se ha cambiado las flechas por botones con imágenes de acuerdo a la parte del cuerpo que se desea mover así como también figuras que indican equilibrio y equilibrio con movimientos ya que estos botones contienen secuencias pre establecidas, cabe recalcar que al presionar el ícono la secuencia establecida se activa, una vez que se haya terminado la instrucción se podrá dar otra secuencia caso contrario la acción siguiente no se ejecutara. En la figura mostrada a continuación se puede observar la interfaz gráfica para secuencias.



Figura 57. Interfaz gráfica para modo manual y automática
Elaborado por: **Investigador**

En la tabla 15 se puede observar las secuencias que se encuentra establecidas para cada una de las extremidades superiores e inferiores, cabeza y también para el equilibrio con el tiempo correspondiente de cada una de ellas.

Tabla 15. Secuencias de movimiento

Movimiento	Secuencia	Tiempo	Secuencia
Cabeza:	izquierda – derecha (2 veces)	3 segundos	derecha – izquierda (2 veces)
Brazos:	izquierda arriba - abajo, derecha arriba abajo (2 veces)	3 segundos	derecha arriba – abajo, izquierda arriba y abajo (2 veces)
Piernas	Adelante 5 pasos, atrás 5 pasos (2 veces)	3 segundos	Atrás 5 pasos adelante 5 pasos (2 veces)

Equilibrio	Inclinación a la derecha	3 segundos	inclinación a la izquierda
Equilibrio con movimientos	Inclinación a la derecha sube y baja brazos	3 segundos	Inclinación a la izquierda sube y baja brazos

Elaborado por: **Investigador**

3.4.3 Desarrollo de la interfaz automática

Para el modo automático una vez que este sea accionado inmediatamente la parte manual se bloqueara y permitirá que entren en funcionamiento los sensores, esto se realiza mediante el accionamiento de la voz, la cual está realizada mediante el reconocimiento de voz de la herramienta de Google voz la misma que permite aprovechar las herramientas internas que posee la raspberry y de esta forma sintetizar dispositivos extras, de esta manera se obtiene la siguiente interfaz:

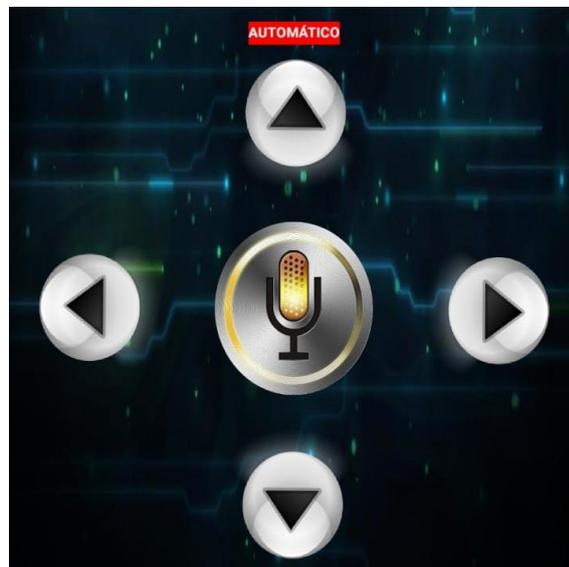


Figura 58. Interfaz gráfica de modo automático

Elaborado por: Investigador

Cuando la interfaz automática es seleccionada el prototipo robótico únicamente caminará hacia adelante, en el momento que se detecte algún obstáculo al frente este hará movimientos de cabeza hasta que el obstáculo sea retirado, luego de ello esperará un tiempo determinado y continuará con su curso, al igual que si se detecta un

obstáculo en uno de los pies este accionara su brazo para indicarlo y de igual forma esperar un tiempo para que el obstáculo sea retirado y continuar con su trayectoria.

Cabe recalcar que cuando el modo automático este activo no se podrá realizar ningún otro tipo de movimiento por lo que las flechas de la interfaz estarán bloqueadas, para detener el proceso automático solo es necesario dar la orden de cambio de modo y el prototipo se detendrá. En la figura siguiente se observa el modo de activación automático.



Figura 59. Interfaz gráfica para modo automático

Elaborado por: Investigador

3.5 Diseño de la placa para el sistema de control

Para la construcción del sistema de control se usa los siguientes elementos:

- 1 raspberry pi 3B+
- 2 módulo pca 9685
- 2 regulador lm 2566

- 2 sensor infrarrojo fc 51
- 1 sensor ultrasónico sg 90
- 1 batería para raspberry
- 1 batería lipo

En la figura se muestra un diagrama de conexión debido a que las librerías de la raspberry no se encuentran en los simuladores.

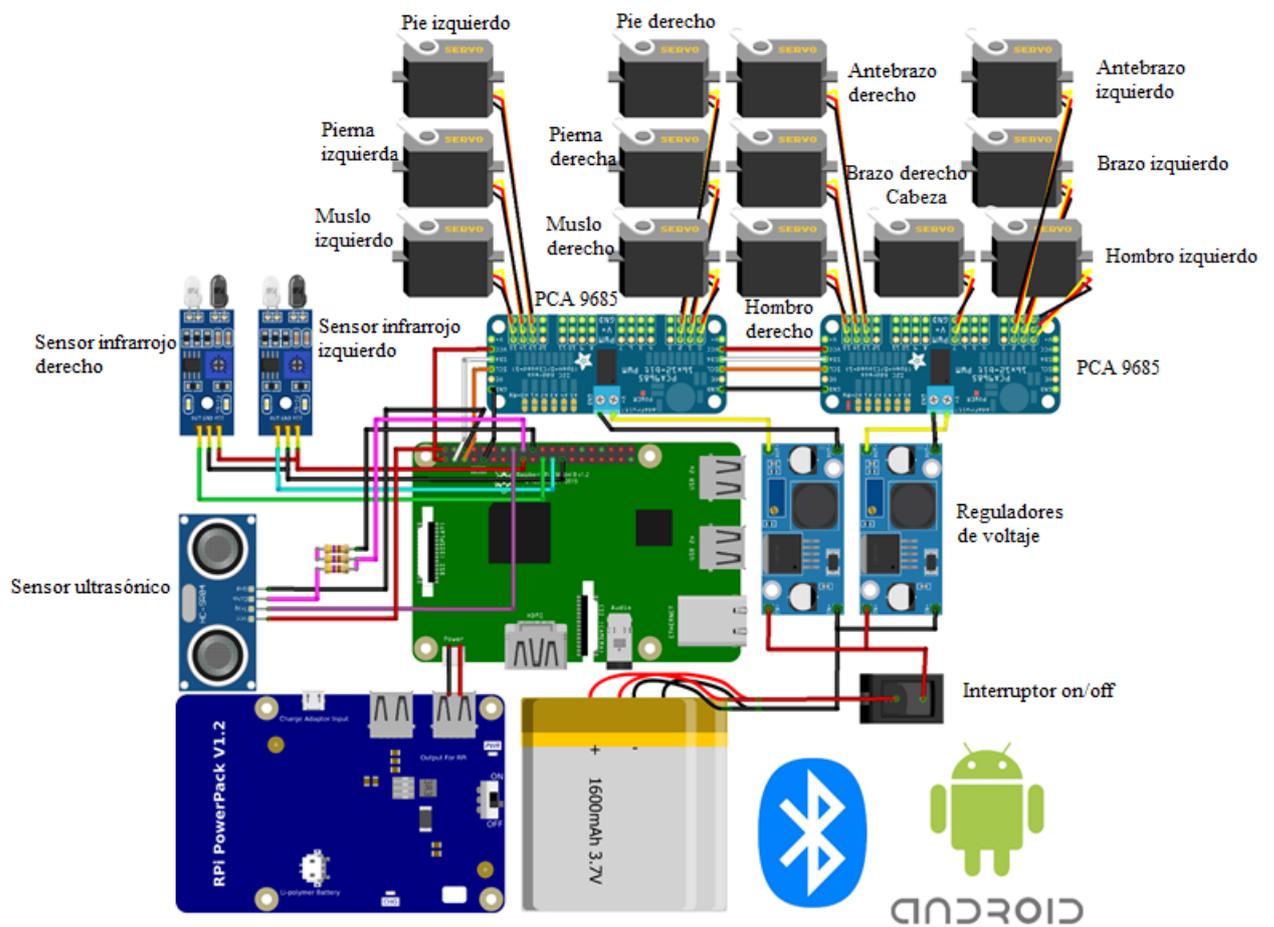


Figura 60. Diseño de la placa de control
Elaborado por: El investigador

El sensor ultrasónico se encuentra conectado directamente a la raspberry al igual que los sensores infrarrojos fc 51, se usa una fuente de voltaje (batería lipo) para los

módulos PCA 9685 los cuales controlan a los motores, ya que los módulos trabajan a 5 V es necesario regular por lo que se hace uso de 2 reguladores de voltaje con la finalidad de que la corriente sea la suficiente para accionar cada servo motor. Entonces los micro servos de cabeza y brazos se encuentran conectados hacia el primer módulo PCA y los servomotores que conforman las piernas se encuentran conectados en el segundo módulo PCA, obteniendo así una mejor distribución de voltaje y corriente que permita el accionamiento de los mismos.

3.6 Ángulos de trabajo de los servos motores

A continuación, se muestra la tabla de ángulos para el posicionamiento del prototipo se muestra los ángulos máximos, mínimos y centrales para posicionar los brazos, la cabeza, las piernas y los pies del prototipo robótico.

Tabla 16. Ángulos establecidos para movimientos de los servos que controlan los brazos y cabeza del prototipo robótico

CABEZA		
IZQUIERDA	CENTRO	DERECHA
100	80	60
BRAZO IZQUIERDO		
HOMBRO		
ARRIBA MAX	CENTRO	ABAJO MAX
0	90	180
ANTEBRAZO		
ARRIBA MAX	CENTRO	ABAJO MAX
0	90	180
MANO		
IZQ. ARRIBA MAX	CENTRO	ABAJO MAX
180	90	70
BRAZO DERECHO		
HOMBRO		
ARRIBA MAX	CENTRO	ABAJO MAX

180	90	0
ANTEBRAZO		
ARRIBA MAX	CENTRO	ABAJO MAX
0	90	180
MANO		
DER. ARRIBA MAX	CENTRO	ABAJO MAX
180	90	50

Elaborador por: El Investigador

Tabla 17. ángulos para posicionar las piernas del robot en su centro de gravedad.

PIERNAS ORIGEN	
IZQUIERDA	DERECHA
PIE	PIE
93	95
RODILLA	RODILLA
84	94
PIERNA	PIERNA
85	90

Elaborador por: El Investigador

En la tabla 15 se muestra la variación de los ángulos con referencia a su posición inicial u origen, para permitir que el prototipo se mueva o camine hacia adelante o hacia atrás.

Tabla 18. Variación de ángulos para desplazamiento del robot

PIERNA		MOVIMIENTOS	
		HACIA ATRÁS	HACIA ADELANTE
IZQUIERDA	RODILLA	-	+
	PIERNA	-	+
DERECHA	RODILLA	+	-
	PIERNA	+	-
		INCLINAR A LA DERECHA	INCLINAR A LA IZQUIERDA
IZQUIERDA	PIE	-	+
DERECHA	PIE	-	+

Elaborador por: El Investigador

De acuerdo a las referencias mostradas, el signo + implica aumentar ángulo referente al origen y en su defecto, el signo - implica disminuir ángulo referente al centro.

3.7 Presupuesto

El análisis del presupuesto total para el desarrollo del prototipo robótico para estimulación de motricidad gruesa en niños de 1 a 3 años se ha tomado en consideración el presupuesto de diseño y construcción, además se considera el número de horas aplicadas a la implementación el mismo que está basado en el sueldo básico de un Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones establecidos por el Ministerio de Trabajo correspondientes a 858 dólares mensuales [45], para el salario por día se considera 21 días labores por mes para lo cual se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{salario}_{\text{diario}} = \frac{\text{Sueldo}_{\text{neto}}}{\text{Días}_{\text{laborados}}}$$

$$\text{salario}_{\text{diario}} = \frac{858 \text{ dólares}}{21 \text{ días}}$$

$$\text{salario}_{\text{diario}} = 40,86 \text{ dólares/día}$$

Una vez conocido el salario diario se debe obtener el salario por hora, es decir, que en nuestro país las horas laborables son 8, entonces se tiene que:

$$\text{salario}_{\text{hora}} = \frac{\text{sueldo}_{\text{diario}}}{\text{horas}_{\text{laborables}}}$$

$$\text{salario}_{\text{hora}} = \frac{40,86 \text{ dólares}}{8 \text{ horas}}$$

$$\text{salario}_{\text{hora}} = 5,11 \text{ dólares/hora}$$

El desarrollo del proyecto se estima 500 horas que corresponden al diseño, impresión, ensamblaje, programación, pruebas de funcionamiento y corrección de errores, por

consiguiente, a la obtención del presupuesto de la investigación se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{presupuesto} = \text{horas}_{\text{investigación}} * \text{salario}_{\text{hora}}$$

$$\text{presupuesto} = 500 \text{ horas}_{\text{investigación}} * 5,11 \text{ dólares}$$

$$\text{horas}_{\text{investigación}} = 2555 \text{ dólares}$$

Finalmente, en la tabla 12 se observa a detalle los elementos electrónicos y demás materiales que son utilizados en la construcción del prototipo robótico.

Tabla 19. Costos del prototipo

COSTOS DEL PROTOTIPO ROBÓTICO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Raspberry pi 3B +	u	1	\$ 70	\$ 70
2	Módulo pca 9586	u	2	\$ 9,99	\$ 19,98
3	Micro servo sg 90	u	23	\$ 2,50	\$ 57,50
4	Sensor ultrasónico	u	1	\$ 2,50	\$ 2,50
5	Sensor Infrarrojo	u	2	\$ 5	\$ 10
6	Regulador lm 2566	u	3	\$ 8	\$ 24
7	Batería	u	1	\$ 5	\$ 5
8	Batería lipo	u	1	\$ 17	\$ 17
9	Micro sd 16 GB	u	1	\$ 8	\$ 8
10	Cables para puente de conexión	u	5	\$ 1.25	\$ 6,25
11	Impresión 3D	u	1	\$ 250	\$ 250
12	Otros materiales	u	1 kit	\$ 150	\$ 150

13	Internet	horas	500	\$ 60	\$ 30	
14	Alimentación	días	60	\$ 3	\$ 180	
15	Transporte	días	60	\$ 2.50	\$ 150	
					Sub total	\$ 980,23
					Iva (12 %)	\$ 117.63
					Total	\$ 1097,86
					Imprevistos	\$ 109,79
					Total	\$ 1207,65

Elaborado por: Investigador

A continuación, en la tabla 13 se muestra el costo total del prototipo, estos pertenecen a los costos obtenidos para la construcción total.

Tabla 20. Presupuesto total del proyecto de investigación

Presupuesto total del proyecto				
Ítem	Detalle	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Costo total de diseño	u	\$ 2555	\$ 2555
2	Costo total de construcción	u	\$ 1207,65	\$ 1207,65

Elaborado por: Investigador

Entonces, el presupuesto total para la construcción del prototipo robótica para la estimulación motriz gruesa en niños de 1 a 3 años es de 3762,65 dólares, cabe recalcar que cuando la producción es mayor y también la adquisición de materiales su costo es menor.

3.7 Pruebas de funcionamiento

Para la prueba de funcionamiento se toma el tiempo de respuesta de cada uno de los estados del prototipo robótico, este tiempo de respuesta está en mili segundos por lo que se puede decir que es inmediato y en tiempo real.

```
pi@raspberrypi:~ $ cd /home/pi/Documents
pi@raspberrypi:~/Documents $ python3 hola.py
Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
Brazo izquierdo arriba
Brazo derecho abajo
Cabeza a la izquierda.
Cabeza a la derecha
Cabeza a la izquierda.
Cabeza a la derecha
Cabeza a la izquierda.
Cabeza a la derecha
Girar a la derecha
Girar a la izquierda
Retroceder
Avanzar
Avanzar
Retroceder
Girar a la derecha
Avanzar
```

Figura 61. Test de conexión

Elaborado por: Investigador

```
comunicacion.py x
1 from time import time
2 import bluetooth
3 server_sock=bluetooth.BluetoothSocket( bluetooth.RFCOMM )
4 port = 22
5 server_sock.bind(("",port))
6 server_sock.listen(1)
7 start_time0 = time()
8 client_sock,address = server_sock.accept()
9 print ("Vinculado con: ", address)
10 elapsed_time0 = time() - start_time0

Shell x
Python 3.7.3 (/usr/bin/python3)
>>> %Run comunicacion.py
Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.0165750989277197

Python 3.7.3 (/usr/bin/python3)
>>> %Run comunicacion.py
Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.1156375408172607

Python 3.7.3 (/usr/bin/python3)
>>> %Run comunicacion.py
Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.027965784972876
```

Figura 62.Respuesta de vinculación

Elaborado por: Investigador

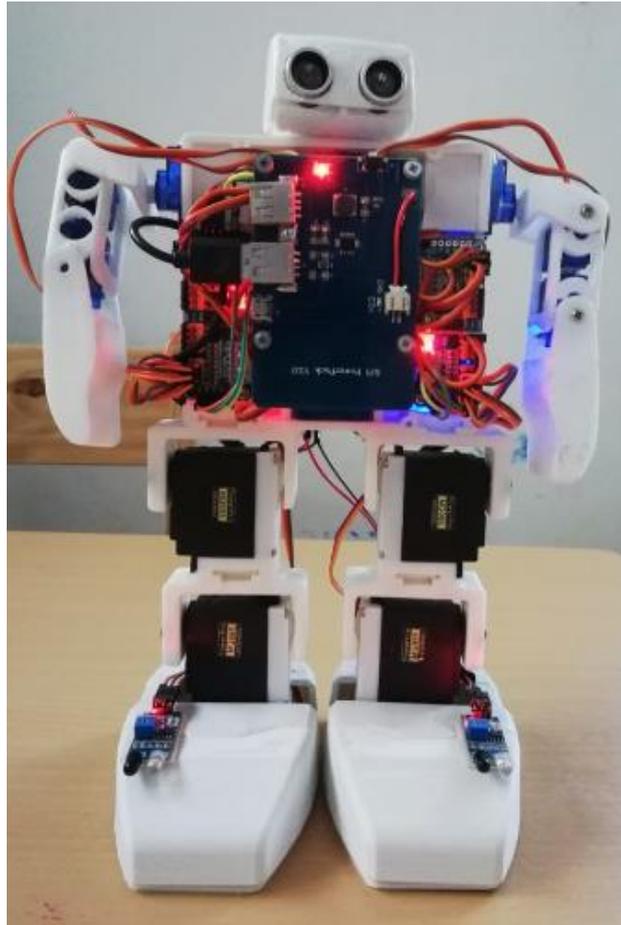


Figura 63. Movimiento hacia adelante (caminar adelante)

Elaborado por: Investigador

comunicacion.py ✕

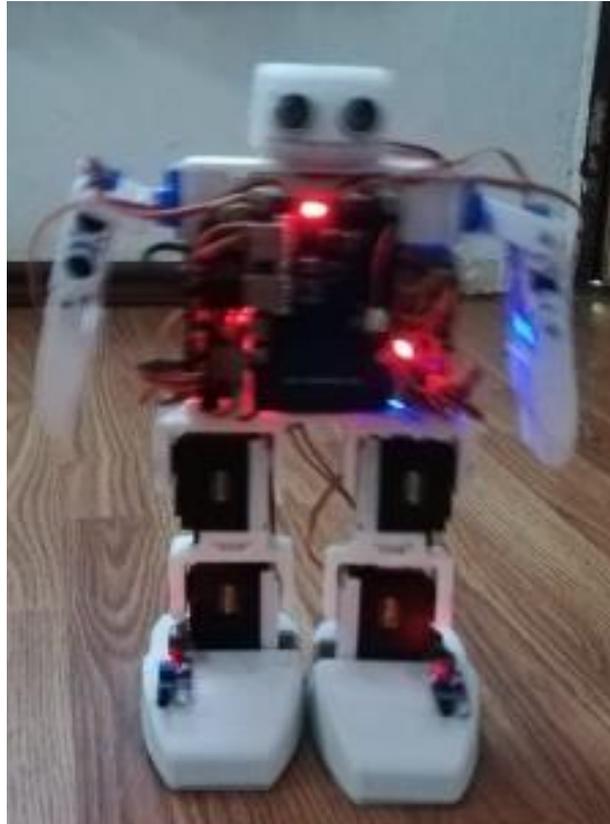
```
9 while True:
10     start_time = time()
11     recvddata = client_sock.recv(1024)
12     elapsed_time = time() - start_time
13     print(elapsed_time)
```

Shell ✕

```
>>> %Run comunicacion.py
```

```
Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.6573892937469482
Avanzar
0.13138688667297363
Avanzar
0.13753867149353027
Avanzar
0.15273284912109375
Avanzar
0.21003031730651855
Avanzar
0.07768654823303223
```

Figura 64. Respuesta de activación al avanzar
Elaborador por: Investigador



Movimiento hacia atrás (caminar en reversa)

Elaborado por: Investigador

```
comunicacion.py x
9 while True:
10     start_time = time()
11     recvd_data = client_sock.recv(1024)
12     elapsed_time = time() - start_time
13     print(elapsed_time)

Shell x
>>> %Run comunicacion.py
Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.6573892937469482
Retroceder
0.13138688667297363
Retroceder
0.13753867149353027
Retroceder
0.15273284912109375
Retroceder
0.21003031730651855
Retroceder
0.07768654823383223
```

Figura 65. Respuesta de activación al retroceder
Elaborador por: Investigador

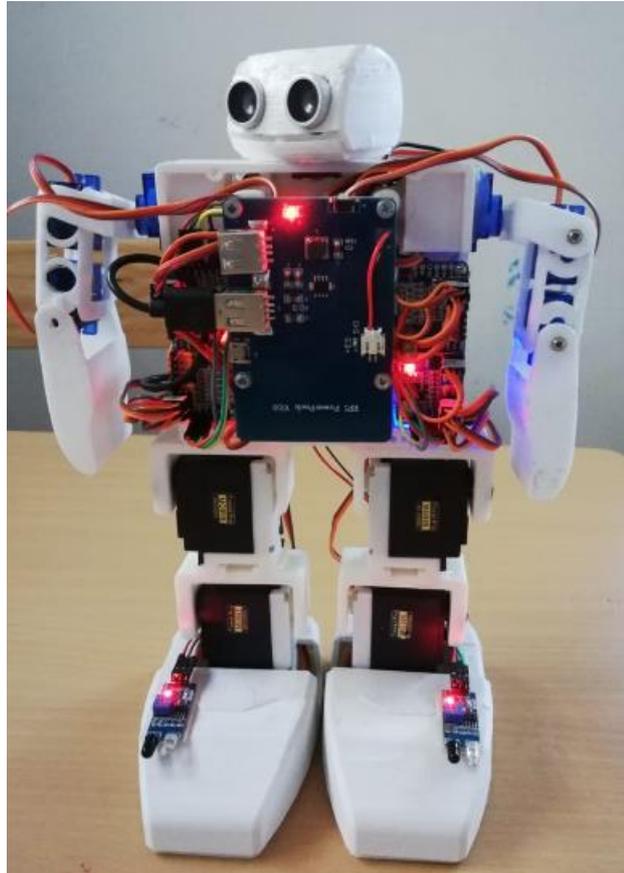


Figura 66. Movimiento de cabeza hacia la derecha
Elaborador por: Investigador

```
comunicacion.py x
9  while True:
10     start_time = time()
11     recvdata = client_sock.recv(1024)
12     elapsed_time = time() - start_time
13     print(elapsed_time)

Shell x
>>> %Run comunicacion.py

Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.6573892937469482
Cabeza a la derecha
0.15273284912109375
Cabeza a la derecha
0.21003031730651855
Cabeza a la derecha
0.07768054823303223
Cabeza a la derecha
0.16625547409057617
Cabeza a la derecha
0.20380109256806973
```

Figura 67. Respuesta de activación al girar la cabeza a la derecha
Elaborador por: Investigador

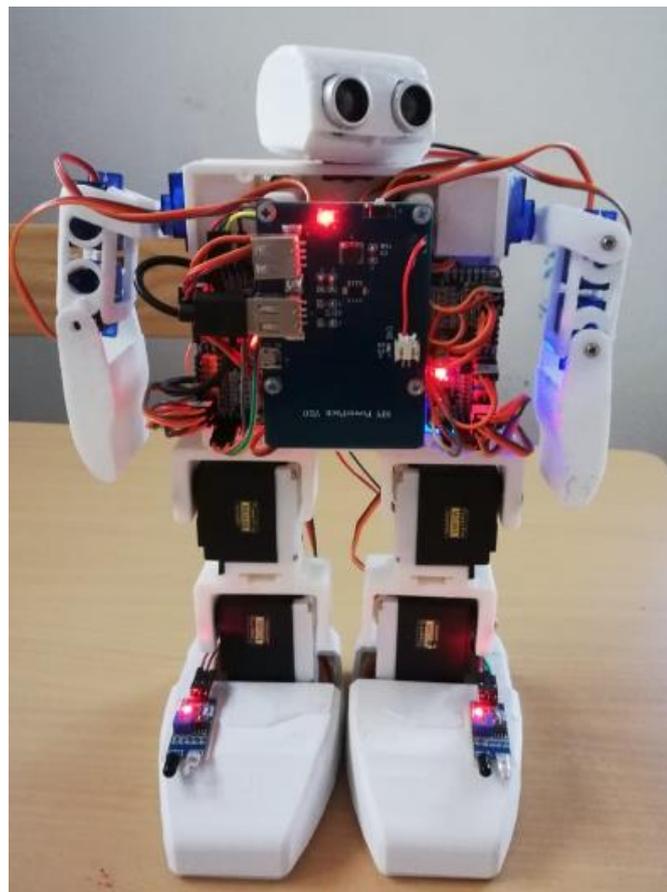


Figura 68. Movimiento de cabeza hacia la izquierda

Elaborador por: Investigador

```
comunicacion.py x
9  while True:
10     start_time = time()
11     recvd_data = client_sock.recv(1024)
12     elapsed_time = time() - start_time
13     print(elapsed_time)

Shell x
>>> %Run comunicacion.py

Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.6573892937469482
Cabeza a la izquierda
0.16393661499023438
Cabeza a la izquierda
0.13511872291564941
Cabeza a la izquierda
0.1515638013458252
Cabeza a la izquierda
0.15624284744262695
Cabeza a la izquierda
0.29517364501053125
```

Figura 69. Respuesta de activación al girar la cabeza a la izquierda

Elaborador por: Investigador

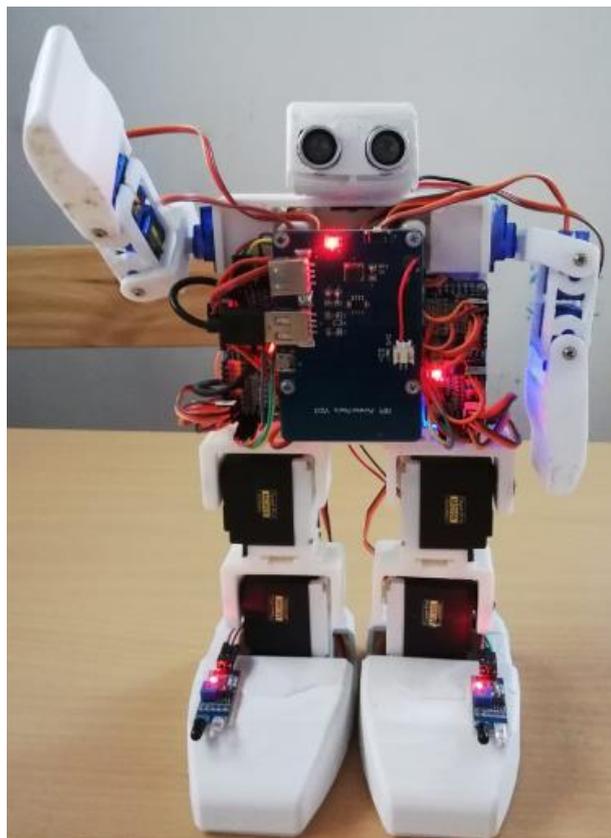


Figura 70. Movimiento de brazo derecho

Elaborador por: Investigador

```
comunicacion.py x
9 while True:
10     start_time = time()
11     recvddata = client_sock.recv(1024)
12     elapsed_time = time() - start_time
13     print(elapsed_time)

Shell x
>>> %Run comunicacion.py

Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.6573892937469482
Girar a la derecha
0.16625547409057617
Girar a la derecha
0.20380199256806973
Girar a la derecha
0.16393661499023438
Girar a la derecha
0.13511872291504941
Girar a la derecha
0.1515038013458252
```

Figura 71. Respuesta de activación al mover el brazo derecho
Elaborador por: Investigador

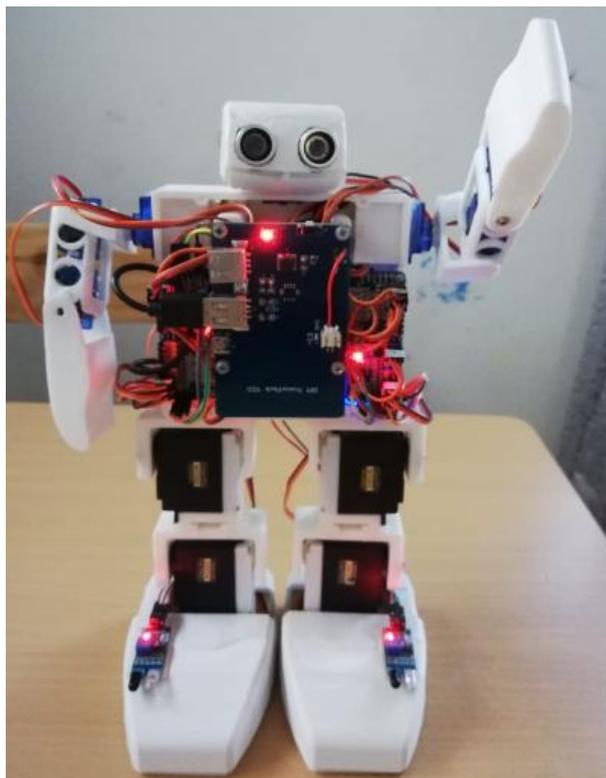


Figura 72. Movimiento de brazo izquierdo
Elaborador por: Investigador

```
comunicacion.py x
9 while True:
10     start_time = time()
11     recvdata = client_sock.recv(1024)
12     elapsed_time = time() - start_time
13     print(elapsed_time)

Shell x
>>> %Run comunicacion.py

Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.6573892937469482
Girar a la izquierda
0.07768054823383223
Girar a la izquierda
0.16625547469057617
Girar a la izquierda
0.20389199256896973
Girar a la izquierda
0.16393661499023438
Girar a la izquierda
0.13511872291564941
```

Figura 73. Respuesta de activación al mover brazo izquierdo

Elaborador por: Investigador



Figura 74. Movimiento a la derecha

Elaborador por: Investigador

```
comunicacion.py x
9  while True:
10     start_time = time()
11     recvddata = client_sock.recv(1024)
12     elapsed_time = time() - start_time
13     print(elapsed_time)

Shell x
>>> %Run comunicacion.py
Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.6573692937469482
Derecha
0.13136688667297363
Derecha
0.13753867149353027
Derecha
0.15273284912109375
Derecha
0.21003631730651855
Derecha
0.07768654823363223
```

Figura 75. Respuesta de activación a la derecha

Elaborador por: Investigador

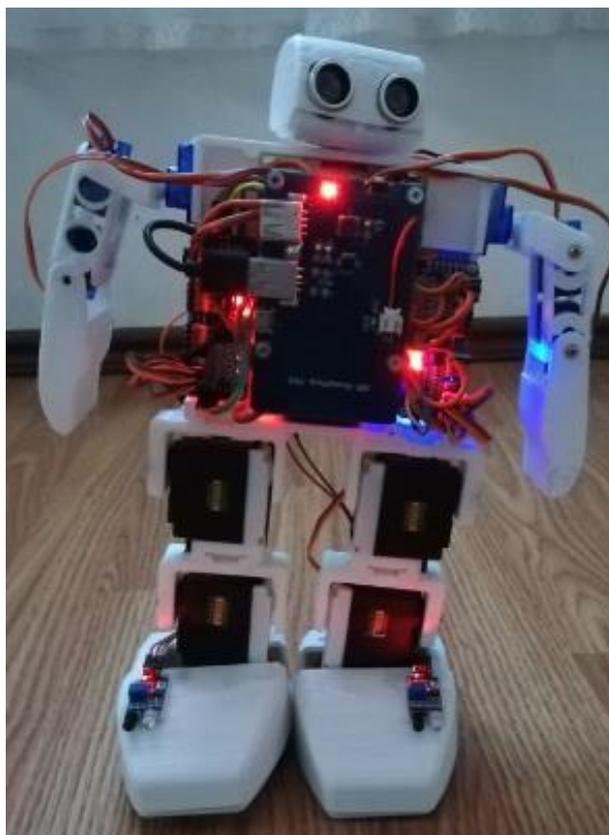


Figura 76. Mover a la izquierda

Elaborador por: Investigador

```
comunicacion.py x
9  while True:
10     start_time = time()
11     recvddata = client_sock.recv(1024)
12     elapsed_time = time() - start_time
13     print(elapsed_time)

Shell x
>>> %Run comunicacion.py

Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
1.6573092937469482
Izquierda
0.20380199256896973
Izquierda
0.16393661499023438
Izquierda
0.13511872291564941
Izquierda
0.1515030013450252
Izquierda
0.15624204744262695
```

Figura 77. Respuesta de activación a la izquierda

Elaborador por: Investigador

```
pi@raspberrypi:~$ python3 /home/pi/Documents/robot2.py
Vinculado con: ('E0:AA:96:A0:F4:7B', 22)
MODO MANUAL
MODO AUTOMÁTICO
67.97
68.39
67.52
67.98
67.52
67.03
68.32
68.42
69.27
68.73
67.59
68.42
68.8
68.35
21.05
20.91
20.65
20.03
20.49
20.42
20.8
20.75
20.25
67.47
67.01
67.03
67.89
MODO MANUAL
DESCONECTADO
RECONECTADO
MODO AUTOMÁTICO
66.59
68.8
67.95
```

Figura 78. Respuesta de activación al modo automático

Elaborador por: Investigador

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas físicas se realizaron en dos etapas: etapa 1 prototipo robótico con estructura 1 y la etapa 2 con la estructura reformada, estas dos pruebas se las realizo con un niño de 3 años.



Figura 79. Movimiento de brazo estructura 1
Elaborado por: Investigador



Figura 80. Movimiento de ambos brazos estructura 1
Elaborado por: Investigador



Figura 81. Extensión de ambos brazos estructura 1
Elaborado por: Investigador



Figura 82. Movimiento inclinado a la derecha estructura 2
Elaborado por: Investigador



Figura 83. Brazo izquierdo arriba estructura 2

Elaborado por: Investigador



Figura 84. Brazos izquierdo y derecho hacia arriba estructura 2

Elaborado por: Investigador

Estas primeras pruebas se realizaron para ver la aceptación del prototipo con un niño en el rango de la edad establecida para el desarrollo del proyecto, obteniendo un resultado positivo por parte del niño. Las siguientes pruebas se realizan con niños en edades de 12 a 36 meses con el desarrollo de las actividades establecidas en el desarrollo del prototipo.

NIÑO 1

Benjamín edad entre 12 y 24 meses, con el cual se realizó diferentes ejercicios, estos ejercicios se realizó en diferentes sesiones teniendo como resultado lo siguiente:

- Pasar por debajo del puente
- Levantar los brazos

En las siguientes imágenes se puede ver la evolución del bebe en los ejercicios planteados

Pasar por debajo del puente

Se explica al bebe que debe atravesar el túnel de colores, con apoyo de prototipo se estimula a Benjamín a cruzar todo el circuito establecido.



Figura 85. Intento 1 no se obtiene buenos resultados

Elaborado por: Investigador

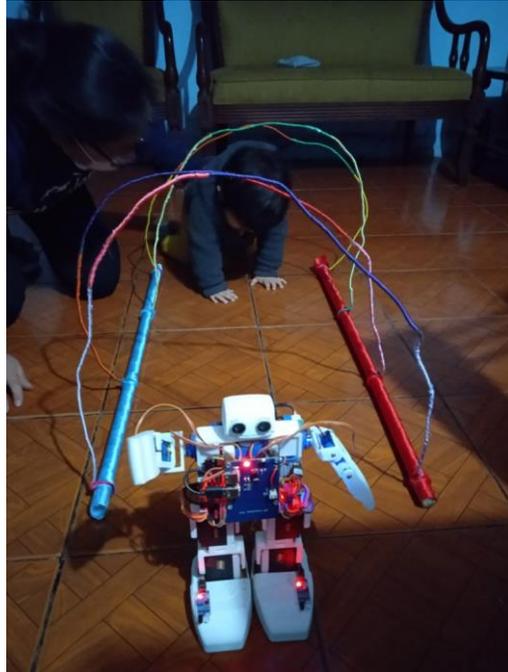


Figura 86. Intento 5 hace el ejercicio pero no lo termina
Elaborado por: Investigador



Figura 87. Intento 10 termina satisfactoriamente el circuito
Elaborado por: Investigador

Levantar brazos

Con ayuda del prototipo se estimula a levantar los brazos de forma individual y de forma simultánea y así en un futuro el niño podrá levantar objetos.



Figura 88. Intento 1 no se obtiene resultado

Elaborado por: Investigador



Figura 89. Intento 4 levanta su brazo con ayuda

Elaborado por: Investigador



Figura 90. Intento 8 levanta su brazo por si solo

Elaborado por: Investigador

Niños 2 y 3

Yerik y Dominic edad entre 24 y 36 meses, con ellos se realizó diferentes actividades, estas se desarrollaron en diferentes sesiones teniendo como resultado lo siguiente:

- Caminar con el balón en las piernas
- Seguir líneas con diferentes recorridos
- Sortear bandas elásticas
- Mantenerse en un solo pie
- Mantener el equilibrio mientras realiza movimiento de brazos

En las siguientes imágenes se puede ver la evolución de los niños en los ejercicios planteados:

Caminar con el balón en las piernas

Se explica a los niños que deben caminar con el balón entre las piernas poniendo como referencia el prototipo.



Figura 91. Actividad realizada con éxito

Elaborado por: Investigador



Figura 92. Ejercicio realizado con éxito

Elaborado por: Investigador

Sortear bandas elásticas

En este circuito los niños deben atravesar sin sacar las cintas colocadas en la pared, la ayuda del prototipo es que en la parte que debe pasar por debajo este tendrá los brazos abajo y en donde se debe cruzar por encima de la cinta el prototipo levantará su brazo



Figura 93. Primer intento no pudieron atravesar el circuito
Elaborado por: Investigador



Figura 94. Cuarto intento aun no coordinan sus movimientos
Elaborado por: Investigador



Figura 95. Intento 10 no se obtiene aun los resultados
Elaborado por: Investigador



Figura 96. Intento 15 los niños atraviesan el circuito marcado exitosamente
Elaborado por: Investigador

Seguir líneas con diferentes recorridos

Se estableció una serie de líneas en la cual se pide a los niños seguir el recorrido, la ayuda del prototipo establece el camino que se debe seguir para que terminen el recorrido adecuadamente.



Figura 97. Los niños captaron eficientemente el objetivo del ejercicio

Elaborado por: Investigador



Figura 98. Se presentaron inconvenientes al llegar a los círculos

Elaborado por: Investigador

Mantenerse en un solo pie

La indicación es levantar pie derecho o izquierdo con apoyo del prototipo copiar el movimiento, de esta manera se facilita el aprendizaje izquierda derecha.



Figura 99. Los niños levantan el pie pero es complicado mantener el equilibrio

Elaborado por: Investigador



Figura 100. Se capta de mejor manera los movimientos

Elaborado por: Investigador

Mantener el equilibrio mientras realiza movimiento de brazos

En esta actividad se pretende que el niño mantenga el equilibrio y en esa posición realice movimiento de las extremidades superiores y cabeza, con ayuda del prototipo indicar que pie o brazo se debe realizar.



Figura 101. Para este ejercicio se sigio las instrucciones a un 50 %
Elaborado por: Investigador



Figura 102. Se obtiene una mejor coordinación de equilibrio y movimientos
Elaborado por: Investigador

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La implementación de una parte de la robótica dentro de la estimulación motriz gruesa en niños a cierta edad ayuda al desarrollo socio cognitivo, debido al gran aporte que esta realiza para el desarrollo de actividades que hacen que los niños pequeños mejoren su motricidad.
- Mediante el estudio de la motricidad gruesa se puede determinar algunos de las actividades que niños pequeños entre 1 y 3 años de edad pueden desarrollar de forma dinámica y continua ya sea en un centro de desarrollo infantil o en casa.
- Las características que posee el prototipo se basan en el análisis desarrollado con anterioridad para identificar cuáles son los mejores mecanismos de aprendizaje en el desarrollo motriz grueso en niños entre 1 y 3 años, debido a que en esta edad con las actividades adecuadas el niño debe desarrollar ciertas habilidades que le permitirán mejorar su desempeño a edades futuras
- El prototipo robótico diseñado en este trabajo cumple con las necesidades psicomotrices que se puede realizar en niños a cortas edades ya que es una edad en donde la motricidad se desarrolla mediante actividades físicas que se pueden aplicar a juegos.

4.2 Recomendaciones

- Para identificar las actividades que se desea realizar con niños pequeños se debe hacer un previo análisis antes de comenzar con la estimulación, en base a su edad los ejercicios y actividades son diferentes y van de fáciles a complejas.
- Este prototipo se puede aplicar a personas de la tercera edad en base a que a cierta edad se pierde la movilidad del cuerpo y puede ayudar a mejorar su coordinación y movimientos.
- Realizar una cobertura para el exterior del prototipo con la finalidad de ocultar los dispositivos que lo conforman así también como proteger los cables de conexión
- Al realizar las actividades del prototipo con los niños no se debe forzar a que el niño lo haga, al contrario, el aprendizaje debe ser por etapas de acuerdo a la edad que tenga cada uno de los participantes.

Referencias Bibliográficas

- [1] M. Torres and E. Enrique, “Desarrollo de secuencias psicomotrices mediante el uso de un robot humanoide, en los niños del centro de estimulación temprana ‘Baby Place’.” 2017.
- [1] M. Torres and E. Enrique, “Desarrollo de secuencias psicomotrices mediante el uso de un robot humanoide, en los niños del centro de estimulación temprana ‘Baby Place’.” 2017.
- [2] G. Cuzco, “Robot guía de Actividades Lúdicas como herramienta de enseñanza para niños Robot guía de Actividades Lúdicas como herramienta de enseñanza para niños de 1,” no. August, 2017.
- [3] N. Barrera Lombana, “uSe of eduCAtionAl robotiCS AS A teACHing STRAtegy in the CLASSroom,” *Prax. Saber*, vol. 6.
- [4] “(PDF) La robótica como herramienta para la educación en ciencias e ingeniería.”
https://www.researchgate.net/publication/43601385_La_robotica_como_herramienta_para_la_educacion_en_ciencias_e_ingenieria (accessed Jul. 08, 2020).
- [5] “(No Title).”
https://www.usfq.edu.ec/publicaciones/para_el_aula/Documents/para_el_aula_07/0007_para_el_aula_07.pdf (accessed Jul. 08, 2020).
- [6] “Robotica como recurso para aprendizaje,” 2012.
- [7] L. Quiroga, “La robótica educativa y la Educación en Preescolar,” *Rev. Educ. y Pensam.*, no. 24, pp. 70–75, 2017.
- [8] T. Isabel, J. María, and R. E. Rojas-muñoz, “Revista de Tecnología y Educación La robótica educativa : medio para el desarrollo de la competencia comunicativo- ortográfica Revista de Tecnología y Educación,” vol. 1, no. 2, pp. 55–65, 2017.
- [9] D. De, “Ompi revista,” 2016.
- [10] “🤖 Qué es la ROBÓTICA, tipos y muchos ejemplos en 2020.”
<https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/que-es-la-robotica/> (accessed Jul. 09, 2020).
- [11] M. F. Flores, “Robots Humanoides,” pp. 147–149.
- [12] J. Moreno, Iveth; Muñoz, Lilia; Serracín, José Rolando; Quintero, Jacqueline; Pittí Patiño, Kathia; Quiel, “La robotica educativa, una herramienta para la

- enseñanza-aprend....,” *Teoría la Educ. Educ. y Cult. en la Soc. la Inf.*, vol. 13, pp. 74–90, 2012.
- [13] A. Carrillo, *Sistemas automáticos de control fundamentos básicos de análisis y modelado*. 2011.
- [14] M. Pérez, A. Pérez Hidalgo, and E. Pérez Berenguer, “Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo.,” *Univ. Nac. San Juan*, vol. 1, pp. 1–69, 2007, [Online]. Available: <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>.
- [15] D. Giraldo, “Teoría De Control,” pp. 89–91, 1997.
- [16] R. C. Dorf and R. H. Bishop, “Sistemas de control,” *Sist. Control Mod.*, no. 1, p. 882, 2005, [Online]. Available: http://books.google.com/books?id=mw_8nQEACAAJ&pgis=1.
- [17] M. Martín-Calderín De La Villa, “Sistema De Guía Por Voz En Interiores,” 2013, [Online]. Available: <https://eprints.ucm.es/30236/1/ProyectoSistemaDeGuiaPorVozEnInteriores-MarianaCalderin.pdf>.
- [18] B. Yorgancı, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” *Gastrointest. Endosc.*, vol. 10, no. 1, pp. 279–288, 2018, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2014.05.023%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gie.2018.04.013%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29451164%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5838726%250Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2013.07.022>.
- [19] J. Leonardo, M. Agudelo, U. Tecnológica, and D. E. Pereira, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ MEDIANTE RASPBERRY PI.”
- [20] P. Pablo Berruezo Adelantado, “El contenido de la Psicomotricidad.”
- [21] M. M. Mor, “01. desarrollo de la motricidad en etapa infantil,” no. 3, pp. 8–17, 2017.
- [22] “Dirección General Dr . NELSON ORTIZ PINILLA,” 1999.
- [23] C. DE Educación Física, D. Y. Recreación Portada, and J. Vicente Baque Guale, “UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN E IDIOMAS ESCUELA

DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN.”

- [24] “(No Title).” <https://www.scielo.org/pdf/spm/2010.v52n1/14-22/es> (accessed Jul. 10, 2020).
- [25] D. J. Magaly del Aguilar Moreno Lic Humberto Ramírez Figueroa Lic Felipe Arencibia Alvarez Lic Jorge L Marrero González Tec Lyly Font Arias Lic Rossana Fernández Sardiñas, “INTEGRANTES.”
- [26] A. L. CAMPOS, “La Estimulación Temprana Como Eje Fundamental En Los Programas De Los Centros De Educación Inicial,” p. 21, 2015.
- [27] ““DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT HUMANOIDE.””
- [28] “Andromina robot V.2.0: Arduino, ruedas grandes y robots. El robot 4x4 Andromina con 4 ruedas grandes que giran las 4.”
<http://androminarobot.blogspot.com/2018/04/robot-arduino-con-ruedas-grandes.html> (accessed Jul. 16, 2020).
- [29] Q. Domínguez, J. Barrón, A.-J. Miguel, and D. Ecorfan, “Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Handbook T-III.” Accessed: Jul. 15, 2020. [Online]. Available: <http://www.ecorfan.org/handbooks/>.
- [30] “Mente Errabunda: Robótica humanoide.”
<http://menteerrabunda.blogspot.com/2011/01/robotica-humanoide.html> (accessed Jul. 15, 2020).
- [31] Xunlong Software, “What’s Orange Pi PC ? ,” 2016, [Online]. Available: <http://www.orangepi.org/orangepipc/>.
- [32] “Raspberry Pi 3 vs Orange Pi Prime ¿Cuál es mejor?”
<https://www.redeszone.net/2017/04/12/raspberry-pi-3-vs-orange-pi-prime/> (accessed Nov. 12, 2020).
- [33] G. Escalas Rodriguez, “Título: Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino.”
- [34] S. M. Casco, “Raspberry Pi , Arduino y Beaglebone Black Comparación y Aplicaciones,” pp. 4–8, 2014, [Online]. Available: <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/MiniPCs.pdf>.
- [35] “Guía de Raspberry Pi - DPLinux.” https://dplinux.net/guia-raspberry-pi/#__RefHeading__1640_924516217 (accessed Jul. 24, 2020).
- [36] “Aprender a usar la consola de comandos de Raspberry Pi.”
<https://www.luisllamas.es/consola-de-comandos-raspberry-pi/> (accessed Jul.

- 24, 2020).
- [37] “Cómo funciona Firefox OS: todas sus características | Tecnología - ComputerHoy.com.” <https://computerhoy.com/noticias/moviles/como-funciona-firefox-os-todas-sus-caracteristicas-4680> (accessed Jul. 24, 2020).
- [38] G. Portero, “Introducción al Firefox OS,” *Univ. Oberta Catalunya - Trab. Final Carrera/Grado*, pp. 1–55, 2013.
- [39] J. A. Bastidas, “No Title עלון הנוטע מצב,” *תמונת מצב: ענף הקיוריי*, vol. 66, pp. 37–39, 2012.
- [40] “(No Title).” <http://eprints.uanl.mx/5566/1/1020151104.PDF> (accessed Jul. 30, 2020).
- [41] M. Olguín Carvajal, I. Rivera Zárate, S. Nora Chávez Morones, F. Mancilla Téllez, and I. Vázquez Rojas, “Una Introducción al Control de Flujo en la Comunicación,” *Polibits*, vol. 32, pp. 3–7, 2005, doi: 10.17562/pb-32-1.
- [42] J. M. Sánchez Muñoz, “Evaluación experimental de servo motores para robótica aérea,” 2017.
- [43] “Robótica - control de robots manipuladores - REYES, Fernando - Google Libros.” <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cULVDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=servomotores+característica+pdf&ots=LQ6HopyYa3&sig=JQf-07UFU-RPf1zJeTMuMY8jFgs#v=onepage&q=servomotor&f=false> (accessed Jul. 30, 2020).
- [44] J. S. R. Rodríguez, “Modelado matemático de un robot bípedo con equilibrio dinámico,” 2017.
- [45] F. Copia and D. E. L. Original, “Fiel copia del original taxfincorp cía. Ltda. © 2020,” 2020.

ANEXOS

FORMULARIO DE DESARROLLO INFANTIL DE NIÑAS Y NIÑOS

Instrumento de medida sicosociaefectivo: EDAD – Nelson Ortiz

NOMBRE Y APELLIDO:

EDAD:

.....

MOTRICIDAD GRUESA

Ítem	Edad en meses	Actividades	Evolución	
			SI	NO
1	1 a 3	Cuando está en posición boca abajo levanta la cabeza		
2		Cuando está en posición boca abajo levanta la cabeza y el pecho		
3		Sostiene la cabeza cuando se lo toma de los brazos y se lo levanta		
4	4 a 6	Cuando está sentado mantiene el control de la cabeza		
5		Se voltea de un lado al otro		
6		Intenta sentarse solo		
7	7 a 9	Se sostiene sentado con ayuda		
8		Se arrastra en posición boca abajo		
9		Se sienta por si solo		
10	10 a 12	Gatea		
11		Se agarra y se pone de pie		

12		Se para solo sin ayuda		
13	13 a 18	Da pasitos solo		
14		Camina solito		
15		Corre		
16	19 a 24	Patea la pelota		
17		Lanza la pelota con las manos		
18		Salta en dos pies		
19	25 a 36	Se para de puntas en ambos pies		
20		Se levanta sin usar las manos		
21		Camina hacia atrás		
22	37 a 48	Camina en puntas de pie		
23		Se para en un solo pie		
24		Lanza y agarra la pelota		

Actividades extras propuestas por investigador

Ítem	Actividades niños de 12 a 24 meses	Evolución	
		SI	NO
1	Recoger manzanas		
2	Levantar objetos		
3	Caminar hacia atrás		
4	Carrera de obstáculos		
5	Pasar por debajo del puente		

Ítem	Actividades niños de 24 a 36 meses	Evolución	
		SI	NO
1	Caminar agarrado el balón en las piernas		
2	Seguir líneas con diferentes recorridos		
3	Sortear bandas		
4	Mantenerse en un solo pie		
5	Mantener el equilibrio mientras se realiza una serie de ejercicios		

PROGRAMACIÓN

Comunicaciones

```

import bluetooth
server_sock=bluetooth.BluetoothSocket( bluetooth.RFCOMM )
server_sockbind(("",port))
server_socklisten(1)
client_sockaddress = server.accept()
print ("Vinculado con: ", address)
while True:
    start_time = time()
    recvdata = client_sock.recv(1024)
    elapsed_time = time() - start_time
    print(elapsed_time)
    if (recvdata == b'V')
        print ("Brazo izquierdo arriba")
    if (recvdata == b'U')
        print ("Brazo izquierdo abajo")
    if (recvdata == b'Y')
        print ("Cabeza a la izquierda.")

```

```

if (recvdata == b'Z')
    print ("Cabeza a la derecha")
if (recvdata == b'X')
    print ("Brazo derecho arriba")
if (recvdata == b'W')
    print ("Brazo derecho abajo")
if (recvdata == b'F')
    print ("Avanzar")
if (recvdata == b'B')
    print ("Retroceder")
if (recvdata == b'I'):
    print ("Inclinar a la izquierda")
if (recvdata == b'D'):
    print ("Inclinar a la derecha")
if (recvdata == b'1'):
    print ("MODO AUTOMÁTICO")
if (recvdata == b'2')
    print ("MODO MANUAL")

```

Servo avanzar

```

kit1.servo[0].angle = 93##93
kit1.servo[1].angle = 84##84
kit1.servo[1].angle = 85##85
kit1.servo[1].angle = 95##95
kit1.servo[1].angle = 94##94
kit1.servo[1].angle = 90 ##90
time.sleep
while True:
    kit1.servo[0].angle = 118
    kit1.servo[1].angle = 88
    kit1.servo[2].angle = 95
    kit.servo[15].angle = 101

```

```

time.sleep(0.2)
kit.servo[15].angle = 95
kit.servo[14].angle = 104
kit.servo[13].angle = 87
time.sleep(0.2)
kit1.servo[1].angle = 93
time.sleep(0.2)
kit.servo[15].angle = 90
kit.servo[1].angle = 94
kit.servo[13].angle = 100
kit1.servo[0].angle = 78
time.sleep(0.2)
kit1.servo[0].angle = 98
kit1.servo[1].angle = 84
kit1.servo[2].angle = 100
time.sleep(0.2)
kit.servo[15].angle = 75
time.sleep(0.2)

```

Servo Retroceder

```

GPIO.cleanup()
#####NEUTRO#####
kit1.servo[0].angle = 93##93
kit1.servo[1].angle = 84##84
kit1.servo[2].angle = 85##85
kit.servo[15].angle = 95##95
kit.servo[14].angle = 94##94
kit.servo[13].angle = 90##90
time.sleep(5)
while True:
    kit1.servo[0].angle = 118
    kit1.servo[1].angle = 84
    kit1.servo[2].angle = 95

```

```

kit.servo[15].angle = 100
time.sleep(0.2)
kit.servo[15].angle = 75
kit.servo[14].angle = 84
kit.servo[13].angle = 103
time.sleep(0.2)
kit1.servo[0].angle = 93
time.sleep(0.2)
kit.servo[15].angle = 80
kit.servo[14].angle = 98
kit.servo[13].angle = 80
kit1.servo[0].angle = 98
time.sleep(0.2)
kit1.servo[0].angle = 83
kit1.servo[1].angle = 100
kit1.servo[2].angle = 60
time.sleep(0.2)
kit.servo[15].angle = 85
time.sleep(0.2)

```

Sensores

```

import RPi.GPIO as GPIO
import time
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
IRIZQ = 1
IRDER = 8
derecho
GPIO.setup(IRIZQ,GPIO.IN)
GPIO.setup(IRDER,GPIO.IN)
while True:
    if GPIO.input(IRIZQ) == 0:
        print("detectado izquierdo")
    else:

```

```

    print("nada izquierdo")
if GPIO.input(IRDER) == 0:
    print("detectado derecho")
else:
    print("nada derecho")
time.sleep(1)

```

DISTRIBUCIÓN DE PINES

Se muestra la configuración de pines con el fin de conocer con cual de ellos se va a trabajar para la configuración y movimientos, esto se lo hace mediante las entradas GPIO de la raspberry.

A continuación se muestra la distribución de cada uno los pines que van hacer activados.

```

J8:
  3V3 (1) (2) 5V
  GPIO2 (3) (4) 5V
  GPIO3 (5) (6) GND
  GPIO4 (7) (8) GPIO14
    GND (9) (10) GPIO15
  GPIO17 (11) (12) GPIO18
  GPIO27 (13) (14) GND
  GPIO22 (15) (16) GPIO23
    3V3 (17) (18) GPIO24
  GPIO18 (19) (20) GND
  GPIO9 (21) (22) GPIO25
  GPIO11 (23) (24) GPIO8
    GND (25) (26) GPIO7
  GPIO0 (27) (28) GPIO1
  GPIO5 (29) (30) GND
  GPIO6 (31) (32) GPIO12
  GPIO13 (33) (34) GND
  GPIO19 (35) (36) GPIO16
  GPIO26 (37) (38) GPIO20
    GND (39) (40) GPIO21

For further information, please refer to https://pinout.xyz/
pi@raspberrypi:~$ sudo i2cdetect -y 1
   0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: 40 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: 70 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
pi@raspberrypi:~$ █

```

Figura 103. Distribución de pines

Elaborado por: Investigador

MANUAL DE USUARIO

Para empezar a trabajar seguir los siguientes pasos:

1. Encender la Raspberry pi
2. Encender la estructura

Conectarse a una red:

1. Conectar el cable HDMI de la raspberry a una pantalla



Figura 104. Conexión HDI prototipo - pantalla
Elaborado por: Investigador

2. Conectarse a la red wifi (no se necesita acceso a internet)



Figura 105. Elección de la red a conectarse
Elaborado por: Investigador

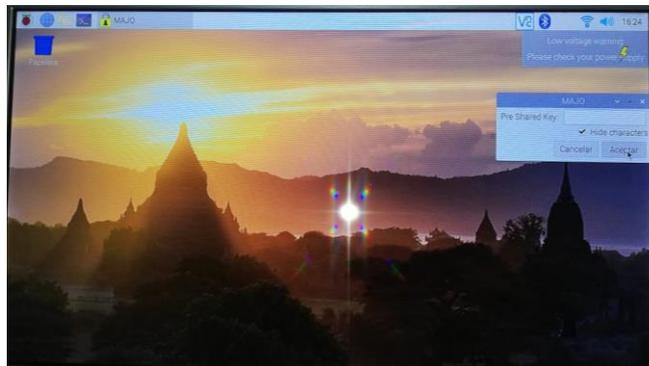


Figura 106. Ingreso de clave de la red
Elaborado por: Investigador

Configurar bluetooth:

1. Ir al icono de bluetooth



Figura 107. Conexión bluetooth
Elaborado por: Investigador

2. Configurar un dispositivo nuevo

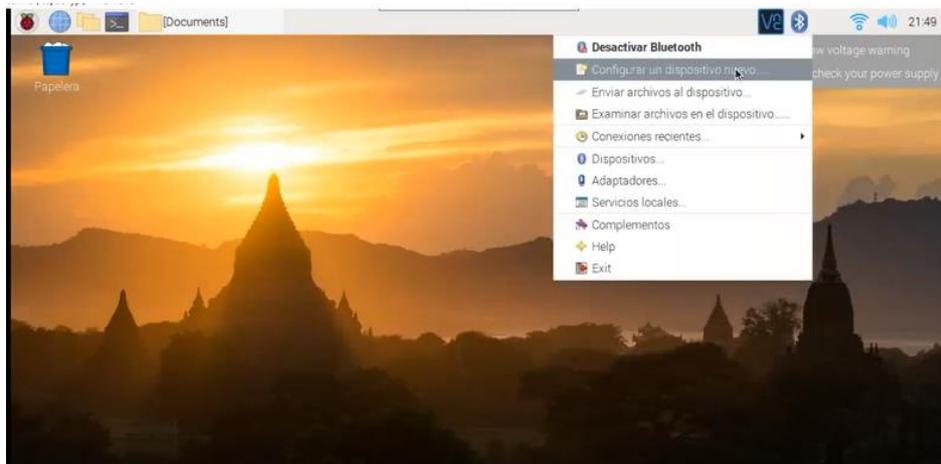


Figura 108. Configuración del dispositivo

Elaborado por: Investigador

3. Siguiente

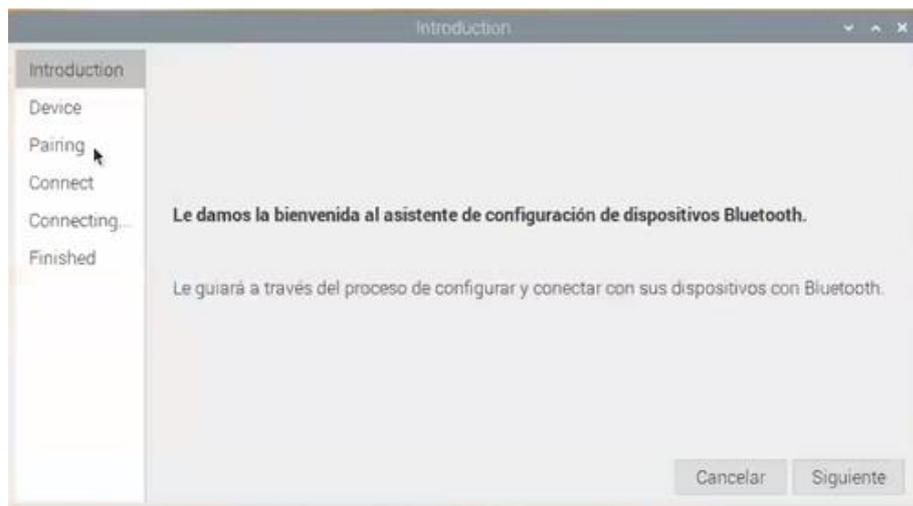


Figura 109. Ingreso a la configuración del dispositivo

Elaborado por: Investigador

4. Elegir el dispositivo a conectar/ siguiente

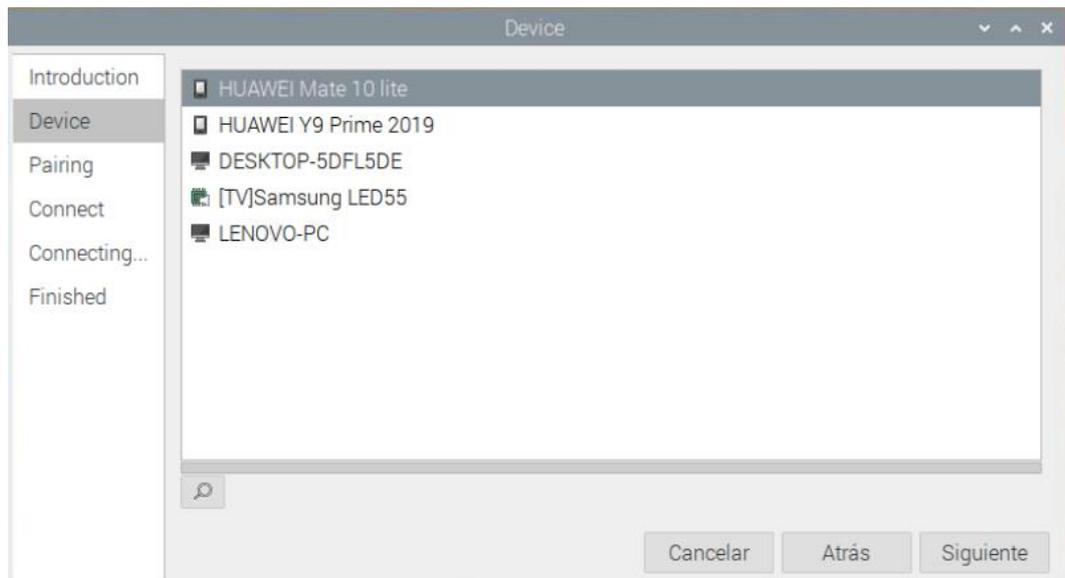


Figura 110. Elección del dispositivo a conectar

Elaborado por: Investigador

5. Siguiente

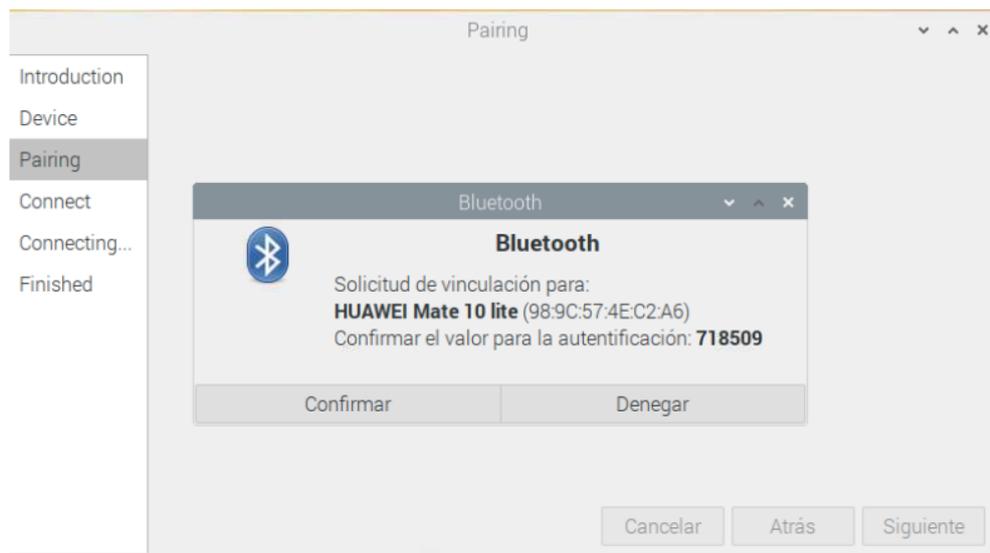


Figura 111. Confirmación de emparejamiento

Elaborado por: Investigador

6. Punto de red

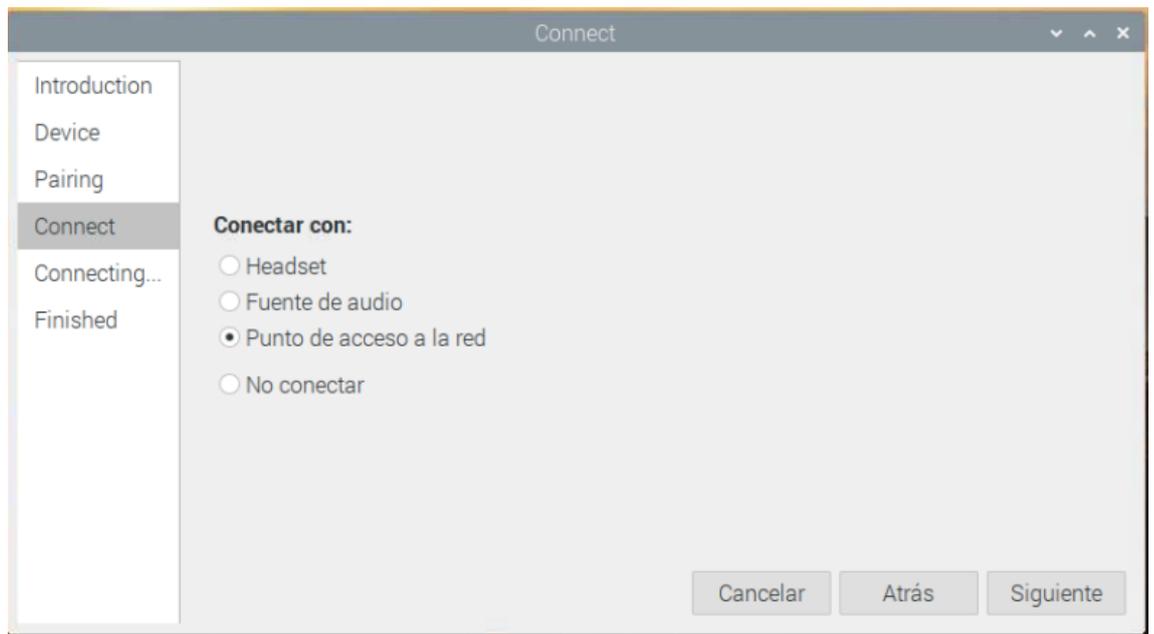


Figura 112. Configuración como punto de red

Elaborado por: Investigador

7. Finalizar



Figura 113. Confirmación de dispositivo

Elaborado por: Investigador

Funcionamiento:

1. En VNC ejecutar el programa robot2.1.py que se encuentra en la carpeta documentos

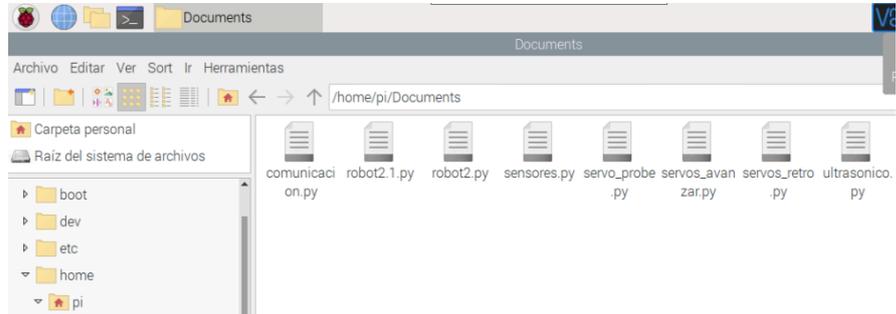


Figura 114. Carpeta de documentos

Elaborado por: Investigador

2. Encender bluetooth del dispositivo con el que se va a trabajar

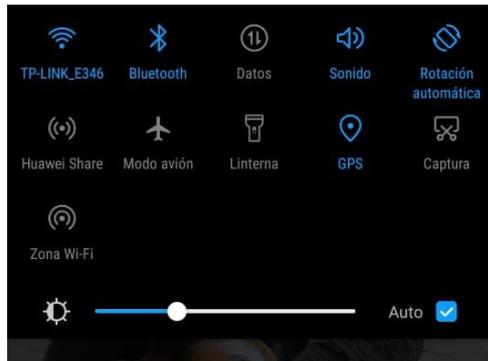


Figura 115. Encendido de bluetooth del dispositivo móvil

Elaborado por: Investigador

3. Abrir la aplicación en el dispositivo móvil (Robot móvil)

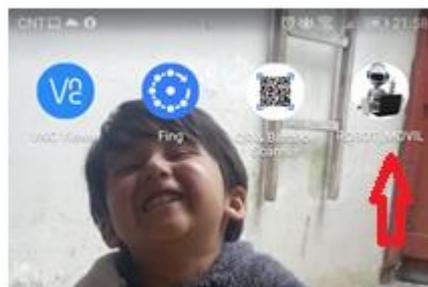


Figura 116. Aplicación robot móvil

Elaborado por: Investigador

4. Ir al icono bluetooth



Figura 117. Emparejamiento de bluetooth

Elaborado por: Investigador

5. Seleccione Raspberry pi

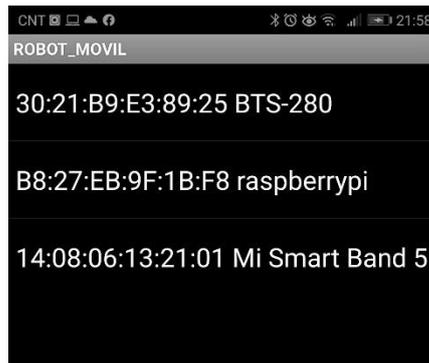


Figura 118. Selección del dispositivo a conectar

Elaborado por: Investigador

6. Su teléfono está vinculado y ya puede ejecutar los comandos



Figura 119. Aplicación móvil

Elaborado por: Investigador