

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**DISEÑO PRELIMINAR DE DISPOSITIVO MECATRÓNICO PARA  
MEJORAR HABILIDADES DE LÓGICA Y MOTRICES EN NIÑOS DE  
5 A 8 AÑOS DE EDAD**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO  
DE BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA  
MECATRÓNICA**

**AUTORA**

Ingrid Gabriela Solís Valcárcel

**ASESOR**

Héctor Hugo Oscanoa Fernández

Lima, enero del 2021

## RESUMEN

Los primeros años de la educación del hombre son de suma importancia y, claramente, la forma en la que se imparte tiene consecuencias en los resultados. Países líderes en modelos educativos, como Finlandia, brindan especial atención a la enseñanza mediante actividades lúdicas e involucran a sus estudiantes en un entorno tecnológico que ofrece herramientas para desarrollar sus habilidades. Este modelo ha generado muy buenos resultados que se evidencian en la mínima brecha de aprendizaje entre estudiantes.

En el Perú, los resultados nacionales de las evaluaciones censales no son muy alentadores, pues menos del 40% de los estudiantes del 4° de primaria evaluados alcanzan un nivel satisfactorio de aprendizaje. En este contexto, entendiendo la importancia de la educación durante los primeros años, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar un dispositivo mecatrónico que promueva habilidades lógicas y motrices en niños de 5 a 8 años. El dispositivo propuesto consta de dos partes: Robot Base y Parte Extraíble, comunicados entre sí de forma inalámbrica. El primero es un robot de tracción diferencial cuyo propósito es desarrollar habilidades lógicas. El segundo es un robot esférico que promueve habilidades motrices principalmente y se ubica al interior de Robot Base. Ambos interactúan con el usuario por medio de una aplicación con la que se pueden ejecutar cuatro actividades: “Guíalo”, “Pásalo”, “Actúa rápido” y “Encuétralo”. La primera se realiza con Robot Base donde este se desplaza de acuerdo a la secuencia ingresada por el usuario. Tanto la segunda, tercera y cuarta actividad se realizan con Parte Extraíble principalmente; sin embargo, existe interacción con Robot Base durante estas. “Pásalo” es una actividad grupal donde Parte Extraíble es pasado por cada integrante hasta que una alarma suene indicando el fin de la ronda. “Actúa rápido” es una actividad individual donde el usuario tendrá que reproducir las instrucciones dadas por el robot en el menor tiempo posible: gira, agita, grita, presiona. Finalmente, “Encuétralo” permite jugar a las escondidas, donde el objeto a esconder es Parte Extraíble.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES .....	2
1.1. Problemática .....	2
1.2. Alcance .....	6
1.3. Objetivos .....	6
1.4. Metodología de trabajo .....	7
FUNDAMENTO TEÓRICO .....	8
2.1. Estado del arte.....	8
2.1.1. Modelos comerciales.....	8
2.1.2. Tesis .....	16
2.1.3. Sensores y actuadores .....	17
DISEÑO CONCEPTUAL .....	20
3.1. Requerimientos del sistema .....	20
3.2. Determinación de estructura de funciones .....	21
Estructura de funciones .....	23
3.3. Matriz morfológica .....	28
3.4. Concepto solución del sistema .....	32
Solución 1 .....	34
Solución 2 .....	36
Solución 3 .....	37
3.5. Evaluación de concepto solución .....	41
DISEÑO PRELIMINAR .....	45
4.1. Detalle de solución óptima.....	45
4.2. Diagrama de operaciones .....	48
4.3. Diagrama de bloques.....	49
4.4. Diagrama de flujo .....	50
CONCLUSIONES .....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Asistencia en la educación pre-primaria en Finlandia .....	3
Figura 2. Estadísticas sobre asistencia en la educación primaria en Finlandia.....	3
Figura 3. Logros de aprendizaje de estudiantes de cuarto grado de primaria en el área de Matemática.....	5
Figura 4. Robot Bee Bot .....	8
Figura 5. Funciones por botón .....	9
Figura 6. Dash & Dot.....	10
Figura 7. Botones programables de Dash.....	11
Figura 8. mBot ensamblado .....	12
Figura 9. Menú principal del aplicativo de mBot.....	12
Figura 10. Opción “Juego” .....	12
Figura 11. Pantallas para cada opción de “Juego” .....	13
Figura 12. Robot COJI.....	13
Figura 13. Modos de interacción con COJI™.....	14
Figura 14. Robot Ratón Colby.....	15
Figura 15. Set para interacción con Robot Ratón .....	15
Figura 16. Módulo Interactivo .....	17
Figura 17. Caja negra del sistema .....	22
Figura 18. Estructura de Funciones Global.....	27
Figura 19. Vista superior de Solución 1.....	35
Figura 20. Vista frontal de Solución 1 .....	35
Figura 21. Esquema de Solución 2.....	36
Figura 22. Vista lateral de Solución 2.....	37
Figura 23. Parte Extraíble.....	37
Figura 24. Esquema general de Solución 3.....	38
Figura 25. Detalle de Solución 3.....	39
Figura 26. Base de cuerpo.....	39
Figura 27. Botones de desplazamiento.....	40
Figura 28. Esquema general de Parte Extraíble .....	40
Figura 29. Detalle de Parte Extraíble.....	40
Figura 30. Comparación de soluciones.....	44
Figura 31. Vista frontal de Robot Base .....	45
Figura 32. Vista posterior de Robot Base .....	46
Figura 33. Vista frontal de Parte Extraíble.....	46
Figura 34. Vista posterior de Parte Extraíble .....	47
Figura 35. Menú Principal de aplicación .....	47
Figura 36. Diagrama de operaciones.....	48
Figura 37. Diagrama de bloques para Robot Base.....	49
Figura 38. Diagrama de bloques para Parte Extraíble.....	50
Figura 39. Diagrama de Flujo General .....	51
Figura 40. Diagrama de flujo para Guíalo .....	52
Figura 41. Diagrama de flujo para Pásalo .....	53
Figura 42. Diagrama de flujo para Actúa rápido .....	54
Figura 43. Diagrama de flujo para Encuéntralo.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

	<i>Pág.</i>
<i>Tabla 1. Porcentaje de asistencia a educación inicial en el Perú .....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2. Porcentaje de asistencia a educación primaria en el Perú .....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 3. Comparación de robots educativos .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 4. Comparación de sensores de presencia .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 5. Comparación de motores.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 6. Comparación de sistemas embebidos.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 7. Matriz morfológica.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 8. Conceptos de solución.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 9. Evaluación Técnica.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 10. Evaluación Económica.....</i>	<i>43</i>



## INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo tecnológico ha influido significativamente en diversos ámbitos de la vida del hombre, uno de ellos: la educación. Países líderes en sistemas educativos involucran dispositivos tecnológicos en la enseñanza con el fin de desarrollar las habilidades de sus estudiantes en áreas como lógica, matemática, ciencias, programación, arte, entre otros.

La presente investigación propone como objetivo principal el diseño conceptual de un dispositivo mecatrónico para mejorar habilidades lógicas y motrices en niños de 5 a 8 años de edad. Dicho dispositivo se compone de dos partes: Robot Base y Parte Extraíble, comunicados de manera inalámbrica entre sí y hacia un dispositivo móvil para la interacción con el usuario.

La estructura del documento consta de 4 capítulos. El Capítulo 1 explica la problemática, define el alcance y los objetivos; así como también, la metodología de trabajo empleada, metodología basada en las normas VDI 2206 y VDI 2221. El Capítulo 2 muestra el estado de la tecnología en cuanto a modelos comerciales, tesis, sensores, actuadores y otros que sean de utilidad para el desarrollo de la solución conceptual. El capítulo 3 señala los requerimientos del sistema, la estructura de funciones, matriz morfológica, los tres conceptos de solución planteados y sus evaluaciones técnico-económicas. El Capítulo 4 explica con mayor detalle la solución óptima mostrando el diseño en 3D del dispositivo, los diagramas de operaciones, diagrama de bloques y diagrama de flujo. Por último, se presentan las conclusiones y bibliografía.

Se espera promover el uso de dispositivos tecnológicos como herramienta de enseñanza en niños de 5 a 8 años, específicamente para el desarrollo de habilidades lógicas y motrices. El dispositivo deberá ayudar al educador a hacer del aprendizaje una tarea sencilla y divertida en la que se involucre la tecnología.

# CAPÍTULO 1

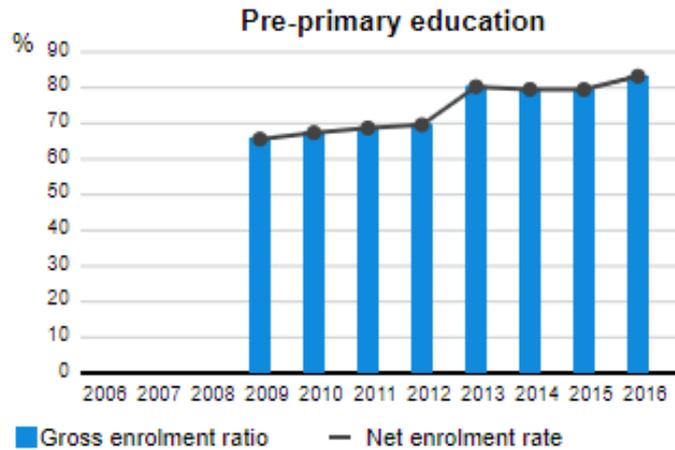
## ANTECEDENTES

En el presente capítulo se explicará la problemática en los primeros años de educación formal en el Perú. Se definirá el alcance del sistema, el objetivo general y los objetivos específicos; así como también, la metodología empleada para desarrollar una propuesta conceptual.

### 1.1. Problemática

Los primeros años de la educación de un niño son de vital importancia. Durante la educación pre-escolar, el niño o niña desarrolla un conjunto de habilidades biológicas, psicológicas y sociales que le servirán de base para una buena comprensión en los niveles educativos superiores. Al respecto, los investigadores R. Myer (1992), y J. Currie y D. Thomas (2000) han demostrado que las personas que presentan mejor rendimiento en el nivel superior son aquellas que previamente recibieron educación inicial. (Instituto Peruano de Economía, 2010)

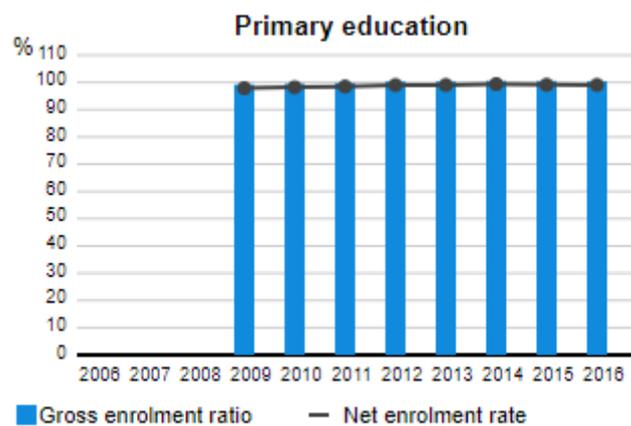
Uno de los países referentes en cuanto a sistemas educativos es Finlandia (Universia, 2018), donde la brecha de aprendizaje entre los estudiantes más débiles y los más fuertes es la más angosta en el mundo (Finland, 2018). Los aspectos que caracterizan al sistema educativo en Finlandia son: pedagogía basada en la investigación, formación de profesores de alta calidad, alto desarrollo de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) y una industria del juego en auge (Finland, 2018). Finlandia cuenta con una selección avanzada de tecnología para todos sus niveles educativos: Pre-primary (3-6 años), Primary (7-12 años), Secondary (13-18 años), Tertiary (19-23 años) (UNESCO Institute of Statistics, 2019). Además, el porcentaje de asistencia a la educación pre-primaria es alta y varía anualmente tal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1. Asistencia en la educación pre-primaria en Finlandia**

*Tomado de "Education and Literacy", por UNESCO Institute of Statistics, 2019*

En cuanto al nivel primario, la figura 2 muestra el gráfico estadístico sobre la asistencia elevada y casi constante en los diferentes años.



**Figura 2. Estadísticas sobre asistencia en la educación primaria en Finlandia**

*Tomado de "Education and Literacy", por UNESCO Institute of Statistics, 2019*

En el ámbito local, en Perú, la asistencia a educación inicial ha ido incrementando a través de los años, pasando de 70.3% en el 2010 a 89.9% en el 2016 tal como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.**

**Porcentaje de asistencia a educación inicial en el Perú**

Tasa neta de asistencia, educación inicial (% de población con edades 3-5 años)							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERÚ	70.3	72.6	74.6	78.8	81.3	80.9	89.9
<b>Sexo</b>							
Femenino	70.5	72.2	75.9	79.6	83.0	82.1	89.9
Masculino	70.0	72.9	73.4	78.1	79.6	79.9	90.0

*Tomado de “Tendencias”, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019*

En cuanto al nivel primario, la tabla 2 muestra los datos de porcentaje de asistencia.

**Tabla 2.**

**Porcentaje de asistencia a educación primaria en el Perú**

Tasa total de asistencia, edades 6-11 (% del total)							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PERÚ	97.9	98.1	97.4	98.8	98.8	97.4	93.4
<b>Sexo</b>							
Femenino	98.1	98.2	97.4	98.8	98.7	97.2	93.5
Masculino	97.8	98.1	97.3	98.8	98.8	97.5	93.4

*Tomado de “Tendencias”, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019*

Se puede observar que el porcentaje de niños con acceso a una educación en los niveles de inicial y primaria ha crecido en los últimos años. Sin embargo, los resultados de las evaluaciones del desempeño académico no son muy positivos.

El porcentaje de alumnos que logra un nivel de aprendizaje satisfactorio es bajo. La figura 3 muestra los logros de aprendizaje alcanzados por estudiantes de cuarto grado de primaria en el área de Matemática. Se puede apreciar que, en el 2018, solo el 30.7% del total de los estudiantes alcanzó el nivel “Satisfactorio”. (Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes MINEDU, 2018)



**Figura 3. Logros de aprendizaje de estudiantes de cuarto grado de primaria en el área de Matemática**

Tomado de “Informe Nacional ECE”, por Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes MINEDU, 2018

Al revisar el modelo educativo de Finlandia se identifica que un aspecto resaltante en la educación es el aprendizaje como proceso divertido, donde las actividades recreativas y la presencia de la tecnología en todos sus niveles son primordiales (Finland, 2018).

El juego es importante a lo largo de toda la vida, pero en especial en la educación infantil pues es la forma con la que el niño se comunica. Las actividades recreativas permiten desarrollar capacidades físicas, afectivas, promueven el desarrollo sensorial y mental, y son un agente socializador (Benitez Murillo, 2009).

Diversos estudiosos investigaron al juego en la educación. Jean Piaget sostiene que el juego potencia el desarrollo del niño porque a partir de él aprende reglas y conceptos de forma individual o grupal (Kitchener, 1986). Montessori propone una metodología en el que uno de sus pilares es que el niño aprenda a través del juego. Además, sostiene que el aprendizaje se da mediante la participación activa (serPadres, 2018). De esta manera, el juego es una herramienta útil para mejorar las habilidades propias de un niño en cuanto a aspectos cognitivos (aprendizaje, razonamiento, resolución de problemas), sociales, emocionales, físicos (motricidad gruesa y fina) y de lenguaje.

En relación al desarrollo del análisis lógico, Jean Piaget sostiene que este se da a través de la actividad sensorial y motriz, y comienza incluso antes de la adquisición del lenguaje (Kitchener, 1986). Concepciones sobre el desarrollo del pensamiento lógico involucran el

contacto con lo material y la ejecución de actividades para que el aprendizaje sea significativo (Paltan & Quilli).

El presente documento abarca el diseño conceptual de un dispositivo mecatrónico que sería empleado como una herramienta para el desarrollo de habilidades lógicas y motrices en niños de 5 a 8 años de edad. Como se mencionó anteriormente, el dispositivo deberá contribuir a hacer del aprendizaje un proceso sencillo y divertido en el que se involucre la tecnología.

### **1.2. Alcance**

La presente investigación abarca el desarrollo del diseño conceptual, diagramas de operaciones, bloques y flujo. Se incluye el modelo 3D del sistema en el que se muestran las características generales. El documento no desarrolla simulaciones ni la implementación de sistema propuesto.

### **1.3. Objetivos**

El objetivo principal del sistema es realizar el diseño conceptual de un dispositivo mecatrónico para mejorar habilidades de lógica y motrices en niños de 5 a 8 años de edad.

Los objetivos específicos planteados son:

- Definir el problema en la educación en niños en el Perú.
- Revisar el estado del arte donde se incluyan modelos existentes en el mercado y tesis que guarden relación con la problemática planteada
- Delimitar los requerimientos del sistema en base a normas vigentes aplicables para el dispositivo a diseñar
- Construir la estructura de funciones
- Construir la matriz morfológica donde se proponga soluciones para cada función de la estructura de funciones

- Proponer tres soluciones a la problemática en base a la matriz morfológica y elegir una de ellas luego de una evaluación técnico-económica
- Determinar los pasos a seguir por el usuario para el uso del sistema y organizarlo en un diagrama de operaciones.
- Determinar la lógica que se empleará en la programación y plasmarlo en un diagrama de flujo

#### **1.4. Metodología de trabajo**

En el desarrollo del presente proyecto se utilizarán las metodologías según las normas VDI 2206 y VDI 2221. A continuación, se menciona cómo se aplica dicha metodología.

- Definir el problema en el ámbito de la educación en niños en el Perú
- Plantear el objetivo general y los objetivos específicos a alcanzar
- Revisar el estado de la tecnología donde se incluyan modelos existentes en el mercado, tesis y otros que guarden relación con la problemática planteada
- Establecer las exigencias que requiere el diseño para resolver la problemática en base a normas de seguridad vigentes
- Determinar la estructura de funciones del sistema
- Realizar una matriz morfológica donde se presentan distintos principios de solución para cada función de la estructura de funciones
- Proponer conceptos de solución y encontrar el concepto óptimo en base a un análisis técnico-económico
- Realizar un diseño preliminar del sistema

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1. Estado del arte

Se presenta información relevante en relación a modelos comerciales, tesis y otros aspectos que podrían ser de utilidad para el desarrollo conceptual del dispositivo.

##### 2.1.1. Modelos comerciales

- Bee Bot

Es un robot de suelo programable para niños entre 3 y 7 años de edad (figura 4.a). Enseña sobre programación y lenguaje direccional. Como se observa en la figura 4.b, cuenta con 7 botones: avanzar, retroceder, girar derecha, girar izquierda, pausar, vaciar memoria e iniciar. La figura 5 muestra dichas funcionalidades.



a. Vista general



b. Botones

Figura 4. Robot Bee Bot

Tomado de NEXTEC EDUCATIVA, 2019



**Figura 5. Funciones por botón**

*Tomado de “Bee-Bot Guía del usuario”, por ISSU, 2016*

El robot cuenta con una memoria de secuencias que puede almacenar hasta 40 comandos para posteriormente ser reproducidos. Cabe mencionar que cada comando de movimiento (avanzar, ir hacia atrás) realiza un desplazamiento de 150 mm y el comando de pausa hace que el robot se detenga por 1 segundo.

Al presionar el botón GO, Bee-Bot realiza la secuencia de comandos programados haciendo una breve pausa entre cada uno de ellos.

En cuanto a la fuente de energía, el robot cuenta con una batería de polímero de litio (RO-BOTICA, 2016).

- Dash & Dot

Robot que potencia la toma de decisiones, resolución de problemas, pensamiento computacional, planificación y organización. Además, propicia el desarrollo de inteligencias múltiples al ser muy versátil y adaptable a diferentes áreas (Wondertec, s.f.). La figura 6 muestra a Dash (izquierda) y a Dot (derecha).

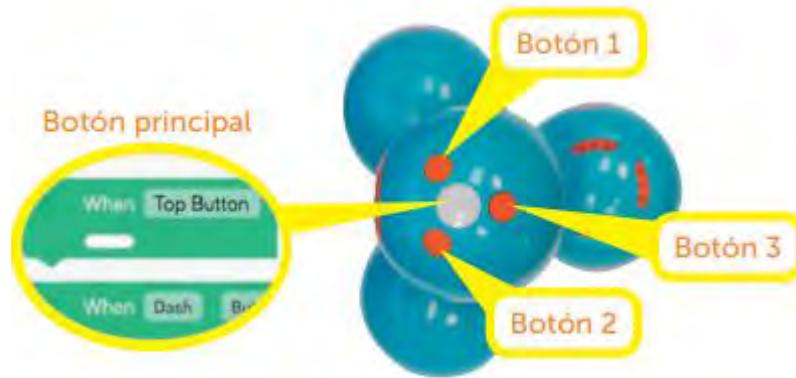


**Figura 6. Dash & Dot**

*Tomado de "Iniciarse con Dash & Dot", por Wonder Workshop, 2014.*

Dash cuenta con dos ruedas que permiten su desplazamiento. Puede avanzar, retroceder, girar a la derecha e izquierda. Su velocidad máxima de desplazamiento es de aproximadamente 1 m/s. Adicionalmente, este robot puede mover la cabeza y simular mirada hacia: arriba (25°), abajo (10°), izquierda (120°) y derecha (120°). En cuanto a sensores, Dash posee tres micrófonos que le permiten captar sonidos del exterior y simular movimientos de escucha, dos sensores de distancia infrarrojos delante y uno detrás para evitar golpes en el desplazamiento.

La interacción con el usuario se da por medio de aplicativos que permiten la ejecución de diferentes actividades entre las que están: programación por bloques, reproducción de rutas creadas. Para la primera actividad mencionada, cuenta con 4 botones programables mostrados en la figura 7.



**Figura 7. Botones programables de Dash**

*Tomado de "Iniciarse con Dash & Dot", por Wonder Workshop, 2014.*

En lo que respecta a Dot, este cuenta con doce luces tanto en el ojo como en las orejas, un micrófono para oír palmadas y voces, cuatro botones programables y un acelerómetro para detectar si es movido, agitado, lanzado o inclinado. Al igual que Dash, Dot interactúa con el usuario por medio de una aplicación. Las principales actividades a realizar con Dot se orientan a la enseñanza de programación.

- mBot

Es un kit STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) basado en Arduino y Scratch cuya finalidad es iniciar a los niños en temas de electrónica básica, programación y robótica.

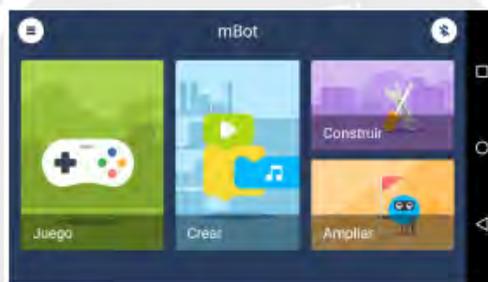
Este robot cuenta con los siguientes sensores: un sensor de luz, un botón, un sensor infrarrojo, un sensor ultrasónico y un sensor seguidor de línea. En lo que respecta a actuadores, cuenta con un buzzer, dos LEDs RGB, un transmisor IR y dos motores DC que permiten el desplazamiento a una rapidez máxima de 0.35 m/s (PC Factory, 2020). En la figura 8 se muestra a mBot ensamblado.



**Figura 8. mBot ensamblado**

*Tomado de "Makeblock mBot v1.1 Robot Kit", por ep-tec store, 2020.*

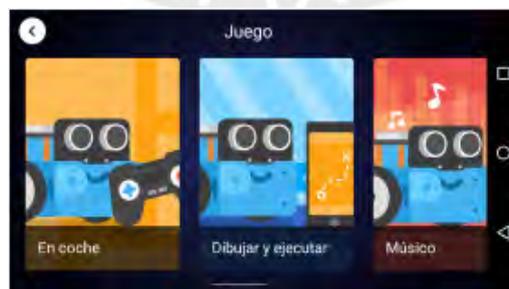
Este robot educativo es controlado y programado desde un móvil o Tablet por medio de un aplicativo. En la figura 9 se puede observar el menú principal con las secciones: Juego, Crear, Construir, Ampliar.



**Figura 9. Menú principal del aplicativo de mBot**

*Tomado de "Manual de usuario Rev. 1 Makeblock mbot", por PC Factory, 2020.*

Al seleccionar la opción "Juego", como se muestra en la figura 10, se visualizan las opciones: "En coche", "Dibujar y ejecutar", "Música".



**Figura 10. Opción "Juego"**

*Tomado de "Manual de usuario Rev. 1 Makeblock mbot", por PC Factory, 2020.*

“En coche” permite mover al robot con el mando analógico simulado en la aplicación. Adicionalmente, el usuario podrá disponer que el robot corra y de vueltas. “Dibujar y ejecutar”, como su nombre lo indica, permite dibujar un patrón de movimiento y que el robot lo recorra. Finalmente, con la opción “Música”, el robot reproducirá canciones pre-grabadas o alguna melodía ingresada con el piano del aplicativo. La figura 11 muestra las pantallas para cada una de las opciones explicadas.



**Figura 11. Pantallas para cada opción de “Juego”**

*Tomado de “Manual de usuario Rev. 1 Makeblock mbot”, por PC Factory, 2020.*

- COJI by WowWee

Robot para niños mayores de cuatro años para la enseñanza de fundamentos de codificación (figura 12). Interactúa con el usuario de dos maneras: por sí solo y haciendo uso de la aplicación COJI™. Esta última permite la interacción en los seis modos diferentes mostrados en la figura 13.



**Figura 12. Robot COJI**

*Tomado de “COJI Learn to code with a smile”, por WowWee, 2015.*



**Figura 13. Modos de interacción con COJI™**

*Tomado de "COJI Learn to code with a smile", por WowWee, 2015.*

En Macro Maze, el usuario guía a COJI para llegar a su destino por medio de las flechas direccionales que aparecen en la pantalla. A lo largo del camino, el usuario usa la lógica para superar los obstáculos que se presentan. COJI muestra en su pantalla los obstáculos e indicadores de fin de recorrido, estos acompañados por sonidos (WowWee, 2015).

- Learning Resources Code & Go Robot Mouse Activity Set

Ratón robot programable para niños mayores de 5 años (figura 14). La interacción es netamente física, sin el uso de algún aplicativo. Como se muestra en la figura 15, el set contiene al robot ratón Colby, una cuña de queso (objetivo del ratón), bloques como superficie del laberinto, barreras para el laberinto, túneles y tarjetas.

Para interactuar con el robot, el usuario deberá presionar los botones direccionales en el orden deseado y luego, para dar inicio al recorrido, presionar el

botón verde ubicado al medio. Si el orden ingresado es incorrecto o se desea otra secuencia, se presiona el botón amarillo (reinicio) y se reingresan las direcciones. (Learning Resources, 2019).



**Figura 14. Robot Ratón Colby**

*Tomado de "Code & Go® Robot Mouse Activity Set", por Learning Resources, 2020.*



**Figura 15. Set para interacción con Robot Ratón**

*Tomado de "Code & Go® Robot Mouse Activity Set", por Learning Resources, 2020.*

A continuación, en la tabla 3, se presenta la comparación de características importantes de los robots educativos presentados anteriormente.

**Tabla 3.**  
Comparación de robots educativos

<b>Característica</b>	<b>Dash</b>	<b>Bee-bot</b>	<b>mBot</b>	<b>COJI</b>	<b>Robot Ratón</b>
<b>Dimensiones</b>	170 x 183 x 162 mm	152 x 150 x 82 mm	170 x 130 x 90 mm (montado)	200 × 120 × 200 mm	100 x 40 x 70 mm
<b>Peso</b>	800 g	318 g	500 g	400 g	128 g
<b>Velocidad de desplazamiento máxima</b>	1000 mm/s	65 mm/s	770 mm/s	150 mm/s	100 mm/s
<b>Alimentación</b>	Batería Li-ion recargable	Batería de litio D.C. 3.7 V	Batería de litio de 3.7 V o 4 pilas AA	3 pilas AAA	3 pilas AAA

### 2.1.2. Tesis

“Módulo interactivo de desarrollo de habilidades psicomotrices para un infante entre 24 a 36 meses de edad” (León Coral, 2014)

Módulo para el desarrollo de habilidades psicomotrices compuesto de una pelota y una caja interactiva (figura 16). La interacción de este módulo con el usuario se puede realizar de dos formas: con la pelota únicamente, y con la caja y la pelota en conjunto. En la primera de estas, la pelota gira aleatoriamente encendiendo un haz de colores; luego de cierto tiempo, las luces se apagan y se encienden nuevamente. En la segunda forma de interacción, la pelota recorre los cuatro diferentes niveles de la caja hasta llegar al exterior. De acuerdo al nivel en el que se encuentre la pelota en su desplazamiento, la caja emitirá diferentes patrones de luces y sonidos.



**a. Pelota**



**b. Caja interactiva**

**Figura 16. Módulo Interactivo**

Tomado de “Módulo interactivo de desarrollo de habilidades psicomotrices para un infante entre 24 a 36 meses de edad”, por León Coral, 2014.

### 2.1.3. Sensores y actuadores

- **Sensores de presencia**

Los sensores más comunes de este tipo son: por contacto, capacitivos, fotoeléctricos reflectivos, fotoeléctricos de barrera y ultrasónicos.

A continuación, en la tabla 4, se muestra el principio de funcionamiento de cada uno, así como algunas ventajas y desventajas.

**Tabla 4.**  
**Comparación de sensores de presencia**

	<b>Sensor por contacto</b>	<b>Sensor capacitivo</b>	<b>Sensor fotoeléctrico reflectivo</b>	<b>Sensor fotoeléctrico de barrera</b>	<b>Sensor ultrasónico</b>
<b>PRINCIPIO</b>	Activación ante contacto con un objeto	Variación de capacitancia en el campo electroestático	Emisión y recepción de haz de luz reflejado por un objeto	Emisión y recepción de haz de luz desde un dispositivo a otro	Emisión y recepción de ondas de ultrasonido

**Continuación Tabla 4**  
**Comparación de sensores de presencia**

	<b>Sensor por contacto</b>	<b>Sensor capacitivo</b>	<b>Sensor fotoeléctrico reflectivo</b>	<b>Sensor fotoeléctrico de barrera</b>	<b>Sensor ultrasónico</b>
<b>VENTAJAS</b>	Baratos  Simples de utilizar	Contacto directo con el objeto no necesario  Permite detectar materiales distintos al metal	Contacto directo con el objeto no necesario  Fácil montaje	Contacto directo con el objeto no necesario  Alcance de hasta 60 metros con alta precisión en el sensado	Gran rango de medición  Detección no afectada por material ni color de objeto
<b>DESVENTAJAS</b>	Es necesario el contacto directo con el objeto	Alcance máximo de 60 mm  El valor de sensado depende de la constante dieléctrica del material	Alcance máximo de 1 m	Dificultad en la alineación del emisor y receptor	Baja precisión en el sensado

- **Motores**

Los motores más utilizados para aplicaciones pequeñas a medianas en tamaño son: motor paso a paso, servomotor y motor DC. La tabla 5 muestra la comparación de estos tres tipos de motores en cuanto a principio de funcionamiento, ventajas y desventajas.

**Tabla 5.**

**Comparación de motores**

	<b>Motor paso a paso</b>	<b>Servomotor</b>	<b>Motor DC</b>
<b>Principio</b>	Conversión de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares	Presencia de circuito de control y potenciómetro	Repulsión ejercida por polos magnéticos de un imán

**Continuación Tabla 5**  
**Comparación de motores**

	<b>Motor paso a paso</b>	<b>Servomotor</b>	<b>Motor DC</b>
<b>Ventajas</b>	Gran exactitud en posición y repetición de movimientos Duradero por no presentar contacto de escobillas	Velocidad y posición controlables Tamaño reducido	Velocidad constante Fácil control Grandes potencias
<b>Desventajas</b>	Requiere de un circuito de control	Baja velocidad de trabajo Costo elevado	Baja precisión en arranque y parada

- **Sistemas Embebidos**

Los sistemas embebidos que podrían resultar de utilidad son: microprocesador, microcontrolador. A continuación, en la tabla 6, se muestran las diferencias entre ambos en cuanto a costo, velocidad de operación y memorias.

**Tabla 6.**

**Comparación de sistemas embebidos**

	<b>Microprocesador</b>	<b>Microcontrolador</b>
<b>Costo</b>	Alto	Mucho menor al del microprocesador
<b>Velocidad de operación</b>	Rápida	Lenta en comparación con el microprocesador
<b>Memorias (RAM y ROM)</b>	Complementado por dispositivos externos	Incluidas en un circuito integrado

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO CONCEPTUAL

En el presente capítulo se detallarán los requerimientos o exigencias del dispositivo a diseñar. Además, se describirán las entradas y salidas de este y se propondrá una estructura de funciones que garantice el cumplimiento de la función principal. Se construirá una matriz morfológica en base a las funciones definidas previamente y se propondrán tres conceptos de solución. Luego de una evaluación técnico-económica, se elegirá la mejor solución.

#### 3.1 Requerimientos del sistema

Requerimientos físicos y mecánicos

- Función principal: mejorar las habilidades de lógica y motrices en niños de 5 a 8 años de edad.
- Geometría: las dimensiones máximas serán 25 x 15 x 20 cm, valores determinados por lo investigado en el estado del arte.
- Cinemática: debido a la investigación realizada en el estado del arte, se determina que la velocidad máxima de desplazamiento será 0.5 m/s.
- Fuerzas: la carcasa no soportará valores de fuerza mayores a la ejercida por el usuario al presionar los botones. El usuario no deberá apoyar su peso en el dispositivo.
- Seguridad: El sistema cumplirá con lo establecido en “A Guide to safety standards of toy-robots” (Mouroutsos & Mitka, 2012), investigación donde se extraen aspectos de las normas ISO 10218-1 y 10218-2 (normas para robots industriales) para aplicarlos en juguetes robot. Así, los actuadores con los que cuente el sistema estarán protegidos para evitar posibles cortes y las temperaturas de las superficies en contacto con el usuario serán las apropiadas de manera que no provoque quemaduras.

- Fabricación: los materiales con los que el usuario tenga contacto serán no tóxicos tal como se menciona en “A Guide to safety standards of toy-robots”.
- Transporte y ergonomía: debido a la información mostrada en el estado del arte, se determina que el peso máximo del sistema será de 1 kg.

#### Requerimientos electrónicos y eléctricos

- Energía: el sistema será alimentado con 220 VAC. Contará con un transformador para acondicionar la energía a la necesaria para el funcionamiento del robot.
- Electrónica: el sistema contará con sensores y actuadores conectados a un sistema embebido. También contará con una pantalla para visualizar indicadores.

#### Requerimientos de control

- Señales:
  - De entrada: aquellas ingresadas por el usuario (inicio, instrucciones de movimiento) y las obtenidas del entorno (presencia de objetos, luz, voz).
  - De salida: indicadores de actividades
- Control: se controlará que el desplazamiento del sistema sea en línea recta y no se desvíe. También se controlará que los giros se realicen con precisión.
- Software: Se implementará un programa en el controlador que procesará todas las señales para generar acciones de control y mostrar indicadores.

### **3.2.Determinación de estructura de funciones**

A continuación, se detallan las entradas y salidas del sistema con el fin de construir la estructura de funciones.

Las entradas al sistema son las siguientes:

- Usuario niño: esta entrada comprende las instrucciones de encendido, apagado, inicio, reinicio y movimiento.
- Entorno: se refiere a lo que se encuentra en el lugar donde se vaya a usar el sistema: objetos en el alrededor, luz de la habitación.
- Energía eléctrica: alimentación del sistema para el funcionamiento de los sensores, actuadores y controlador.

A la salida del sistema se obtiene:

- Indicadores de actividad: muestran el fin de la ejecución de movimientos y el inicio de alguna actividad.
- Indicador de batería: muestra el estado de la batería. Esta salida es útil para que el usuario sepa cuando recargarla.
- Energía mecánica: manifestada en el desplazamiento del sistema
- Energía sonora: producidos por los actuadores en funcionamiento

La información mencionada anteriormente es plasmada en la figura 17.

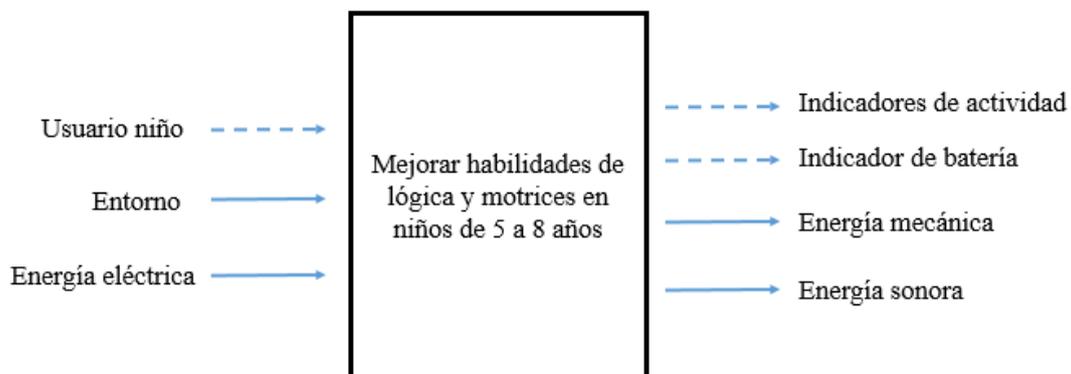


Figura 17. Caja negra del sistema

## **Estructura de funciones**

El dispositivo mecatrónico cumple con la función principal gracias a la interacción de sus subsistemas: subsistema de control, de energía, de sensores, de actuadores y mecánico.

A continuación, se explican las funciones de cada subsistema mencionado. Para una mejor comprensión, se muestra el análisis para las partes del dispositivo, “Robot base” y “Parte extraíble”, por separado.

### **Robot base**

#### Subsistema de control

- **Seleccionar movimiento:** permite al usuario elegir el tipo de movimiento que desea realizar: avance, retroceso, giro derecha, giro izquierda.
- **Controlar movimiento del robot:** genera las señales para accionar el movimiento del robot y la generación de sonido en base a: señal de movimiento seleccionado, señal obtenida de sensor sonido, señal obtenida de sensor la ubicación espacial del robot, señal obtenida de sensor la presencia de objetos.
- **Controlar nivel de batería:** genera la señal para accionar el indicador de batería, para esto recibe la señal del sensado de la batería.
- **Controlar generación de sonido:** recibe la señal del control de movimiento del robot y genera la señal para emitir sonido.
- **Procesar señal:** procesa las señales recibidas por “Parte extraíble” para controlar la generación de sonido y movimiento del robot.

#### Subsistema de energía

- **Acondicionar energía para control:** convierte la energía eléctrica para el control.

- Acondicionar energía para sensores: convierte la energía eléctrica para el adecuado funcionamiento de los sensores.
- Acondicionar energía para actuadores: convierte la energía eléctrica para el adecuado funcionamiento de los actuadores.

#### Subsistema de sensores

- Sensar movimiento del robot: permite monitorear el desplazamiento del robot.
- Sensar presencia de objetos: permite determinar si algún objeto se encuentra cerca para evitar chocar con él al desplazarse.
- Sensar batería: permite obtener el estado de carga de la batería.

#### Subsistema de actuadores

- Accionar movimiento del robot: permite el desplazamiento del robot.
- Generar sonido: permite la reproducción de sonidos de inicio y fin de actividad.
- Accionar indicador de batería: permite visualizar el estado de la batería en cuanto carga.

#### Subsistema mecánico

- Acoplar/desacoplar parte: función que permite que la parte extraíble permanezca con el robot base o se extraiga de este.
- Desplazar robot: se encarga de mover al robot base.
- Albergar/proteger componentes: función que aloja y protege los componentes electrónicos.

### **Parte extraíble**

#### Subsistema de control

- Procesar señal: procesa lo recibido por “Robot base” y genera señales para accionar iluminación y emitir sonido.

- Interpretar sensores: recibe como entrada las señales de sensor contacto, luz, sonido y movimiento de la parte desacoplada para determinar qué actividades se realizó con la parte extraíble.
- Controlar nivel de batería: genera la señal para accionar el indicador de batería, para esto recibe la señal del sensado de batería.

#### Subsistema de energía

- Acondicionar energía para control: convierte la energía para el control.
- Acondicionar energía para sensores: convierte la energía eléctrica para el funcionamiento adecuado de los sensores.
- Acondicionar energía para actuadores: convierte la energía para el funcionamiento adecuado de los actuadores.

#### Subsistema de sensores

- Sensor movimiento de parte extraíble: permite monitorear el tipo de movimiento que realiza el usuario con el dispositivo.
- Sensor sonido: permite detectar la voz del usuario.
- Sensor luz: permite detectar la intensidad luminosa al que la parte extraíble está expuesta.
- Sensor contacto: detecta si determinada parte fue presionada.
- Sensor batería: permite obtener el estado de la batería en cuanto carga.

#### Subsistema de actuadores

- Generar sonido: permite reproducir los sonidos de inicio y fin de actividad.
- Accionar iluminación: permite visualizar indicadores de fin o inicio de actividad de la parte extraíble.
- Accionar indicador de batería: permite visualizar el nivel de batería.

### Subsistema mecánico

- Albergar/proteger componentes: función que aloja y protege los componentes electrónicos.

El bloque que relaciona a “Robot base” con “Parte extraíble” es Enviar/recibir señal. Esta función los comunica y permite el intercambio de información.

La figura 18 muestra la Estructura de Funciones Global del sistema.



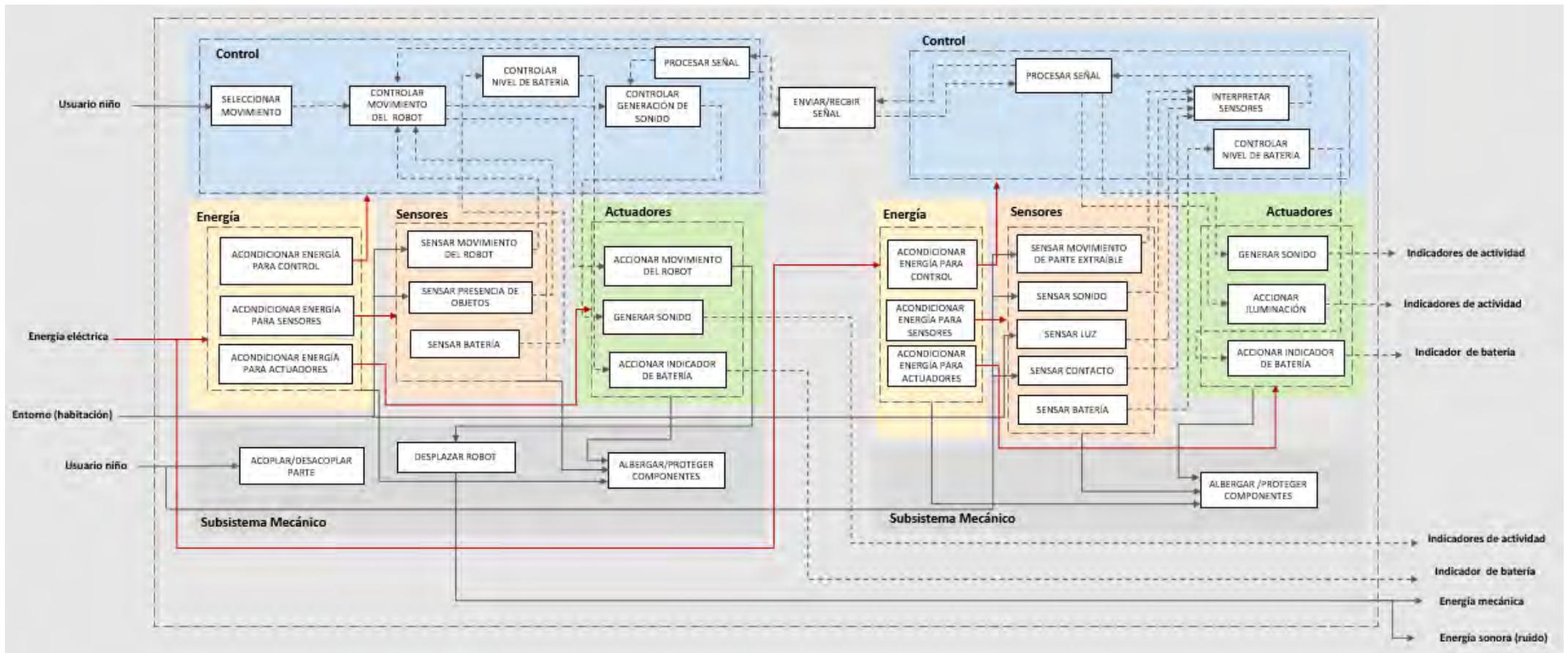


Figura 18. Estructura de Funciones Global

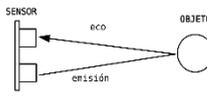
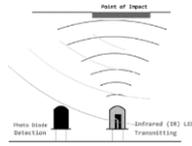
### 3.3. Matriz morfológica

Dadas las funciones descritas anteriormente, a continuación, se proponen tres alternativas de solución para cada una de ellas. La tabla 7 muestra la matriz morfológica dividida por subsistemas.

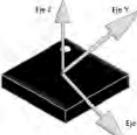
**Tabla 7.**  
**Matriz morfológica**

	Subsistema	Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>R</b> <b>O</b> <b>B</b> <b>O</b> <b>T</b>  <b>B</b> <b>A</b> <b>S</b> <b>E</b>	Control	Seleccionar movimiento	Botones 	Aplicativo 	Sonido 
		Controlar movimiento del robot base	Microcontrolador 	Microordenador 	
		Controlar nivel de batería			
		Controlar generación de sonido			
		Procesar señal			
Energía	Acondicionar energía	Regulador de voltaje DC 	Fuente conmutada 	Fuente regulada 	

Continuación Tabla 7  
Matriz morfológica

	Subsistema	Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
R O B O T  B A S E	Sensores	Sensar presencia de objetos	Ultrasonido 	Infrarrojo 	Contacto 
		Sensar movimiento del robot	Sensor inercial	GPS	
		Sensar batería		Divisor de voltaje	
	Actuadores	Accionar movimiento	Servomotor 	Motor DC 	Motor a pasos 
		Generar sonido	Buzzer 	Parlante 	
		Accionar indicador de batería	Pantalla 	Buzzer 	Luz led 

Continuación Tabla 7  
Matriz morfológica

	Subsistema	Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
R O B O T I C S	Mecánico	Desplazar	Rueda omnidireccional 	Rueda oruga 	Rueda tradicional 
		Acoplar/ Desacoplar	Enganche	Encaje	Presión
		Albergar/ proteger componentes	Prisma cuadrangular	Prisma pentagonal	Prisma triangular
E X T R A Í B L E	Control	Procesar señal	Microcontrolador 	Microordenador 	
		Interpretar sensores			
		Controlar nivel de batería			
E N E R G Í A	Energía	Acondicionar energía	Regulador de voltaje DC 	Fuente conmutada 	Fuente regulada 
		Sensores	Sensar movimiento de parte extraíble	Acelerómetro 	GPS 

Continuación Tabla 7  
Matriz morfológica

	Subsistema	Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
P A R T E	Sensores	Sensar sonido	Micrófono 		
		Sensar luz	Fotorresistor	Infrarrojo	
		Sensar contacto	Interruptor 	Sensor táctil capacitivo 	
		Sensar batería	Divisor de voltaje		
E X T R A Í B L E	Actuadores	Generar sonido	Buzzer 	Parlante 	
		Accionar iluminación	Luz led 	Neopixel 	Pantalla 
		Accionar indicador de batería	Pantalla 	Buzzer 	Luz led 
		Mecánico	Albergar/ proteger componentes	Prisma cuadrangular	Prisma pentagonal

### 3.4. Concepto solución del sistema

Dadas las alternativas para cada función, se elaboraron tres conceptos de solución. La tabla 8 muestra lo seleccionado para cada concepto.

**Tabla 8.**

**Conceptos de solución**

	<b>Subsistema</b>	<b>Función</b>	<b>Solución 1</b>	<b>Solución 2</b>	<b>Solución 3</b>
<b>R O B O T  B A S E</b>	<b>Control</b>	Seleccionar movimiento	Aplicativo	Aplicativo	Botones
		Controlar movimiento del robot base	Microcontrolador	Microordenador	Microcontrolador
		Controlar nivel de batería			
		Controlar generación de sonido			
		Procesar señal			
	<b>Energía</b>	Acondicionar energía	Fuente regulada	Fuente conmutada	Regulador de voltaje DC
	<b>Sensores</b>	Sensar presencia de objetos	Contacto	Infrarrojo	Infrarrojo
		Sensar batería	Divisor de voltaje	Divisor de voltaje	Divisor de voltaje
	<b>Actuadores</b>	Accionar movimiento	Servomotor	Motor DC	Motor DC
		Generar sonido	Parlante	Parlante	Buzzer
Accionar indicador de batería		Luz led	Buzzer	Luz led	

**Continuación Tabla 8**  
**Conceptos de solución**

	<b>Subsistema</b>	<b>Función</b>	<b>Solución 1</b>	<b>Solución 2</b>	<b>Solución 3</b>
<b>B</b> <b>A</b> <b>S</b> <b>E</b>	Mecánico	Desplazar	Rueda mecano	Rueda oruga	Rueda tradicional
		Acoplar/ Desacoplar	Presión	Gancho	Encaje
		Albergar/ proteger componentes	Prisma cuadrangular	Prisma cuadrangular	Prisma cuadrangular
	Control	Enviar/ recibir señal	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth
<b>P</b> <b>A</b> <b>R</b> <b>T</b> <b>E</b>  <b>E</b> <b>X</b>  <b>T</b> <b>R</b> <b>A</b> <b>Í</b> <b>B</b> <b>L</b> <b>E</b>	Control	Procesar señal	Microcontrolador	Microcontrolador	Microcontrolador
		Interpretar sensores			
		Controlar nivel de batería			
	Energía	Acondicionar energía	Fuente regulada	Fuente conmutada	Regulador de voltaje DC
Sensores	Sensar movimiento de parte desacoplada	Acelerómetro	GPS	Acelerómetro	
	Sensar sonido	Micrófono	Micrófono	Micrófono	
	Sensar luz	Fotorresistor	Fotorresistor	Fotorresistor	
	Sensar contacto	Interruptor	Interruptor	Interruptor	

**Continuación Tabla 8**  
**Conceptos de solución**

E X T R A Í B L E	Subsistema	Función	Solución 1	Solución 2	Solución 3
	Sensores	Sensar batería	Divisor de voltaje	Divisor de voltaje	Divisor de voltaje
	Actuadores	Generar sonido	Buzzer	Buzzer	Buzzer
		Accionar iluminación	Luz led	Neopixel	Luz led
		Accionar indicador de batería	Luz led	Buzzer	Luz led
	Mecánico	Albergar/ proteger componentes	Prisma cuadrangular	Prisma cuadrangular	Prisma cuadrangular

### **Solución 1**

El robot de la presente solución está conformado por 4 esferas: tres en la base y una encima de estas tres (figura 19). Cada esfera de la base cuenta con una rueda tipo omnidireccional para la traslación, así como un sensor de distancia para evitar los choques.

La cabeza del robot cuenta con un buzzer, luces a modo de “ojo” y un interruptor para encendido y apagado en la parte posterior (figura 19). La cabeza es extraíble, de manera que el usuario pueda jugar solo con esta parte independientemente. La figura 20 muestra la vista frontal del robot. La unión de la base y la cabeza se da por presión.

Las instrucciones para el movimiento serán administradas desde una aplicación, es por eso que el dispositivo presentado no cuenta con botones físicos. Las habilidades lógicas serán

promovidas mediante la reproducción y creación de rutas, y las habilidades motrices por medio de actividades propuestas en la aplicación con el uso de la parte extraíble.

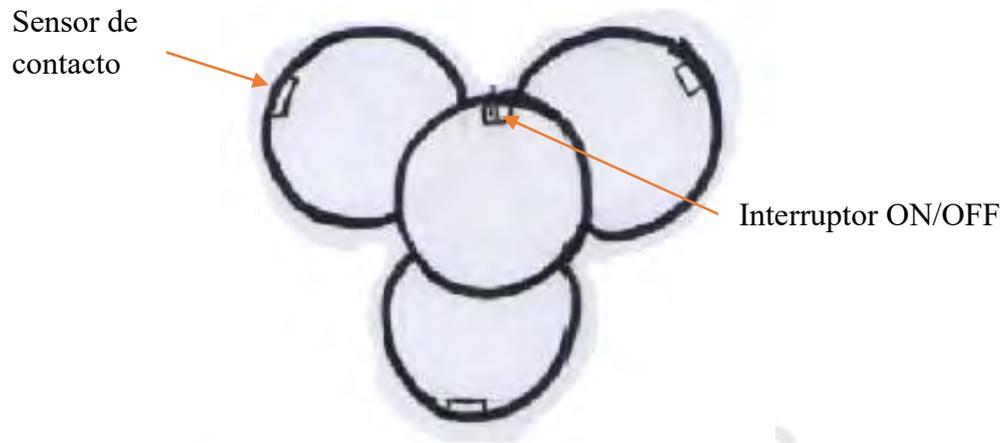


Figura 19. Vista superior de Solución 1

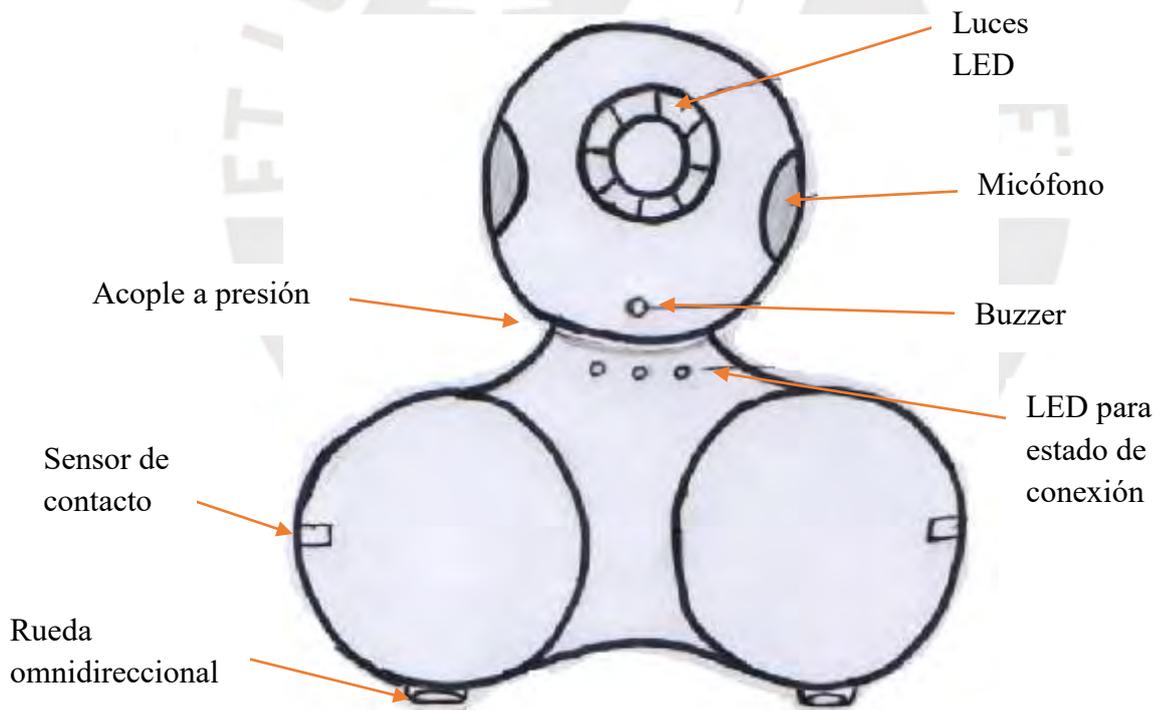


Figura 20. Vista frontal de Solución 1

## Solución 2

La geometría de la presente solución es cúbica (figura 21), cuya cara frontal contiene: una pantalla, un sensor de distancia, luces que muestran el estado de la conexión Bluetooth y un parlante. El robot se mueve mediante ruedas tipo oruga (figura 22). La instrucción de movimiento será enviada por una aplicación, es por esto que esta solución no presenta botones físicos.

La cara superior presenta una especie de compuerta que, al ser abierta, permite extraer un robot esférico pequeño (figura 23). Este cuenta con un sensor de contacto, un buzzer, 3 luces para mostrar el estado de la conexión Bluetooth y un interruptor de encendido en la parte posterior.

La interacción con el robot esférico se dará también mediante una aplicación. Las acciones que el usuario deberá ejecutar para avanzar en los juegos del aplicativo son: presionar el botón, agitar, dar la vuelta en el mismo sitio, gritar.

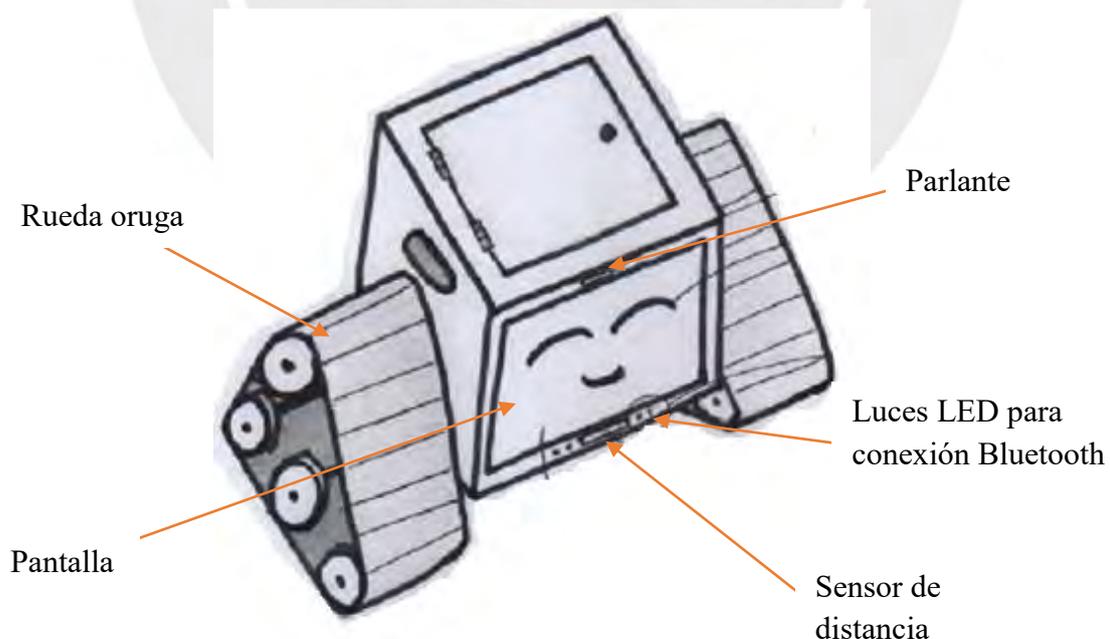


Figura 21. Esquema de Solución 2



Figura 22. Vista lateral de Solución 2

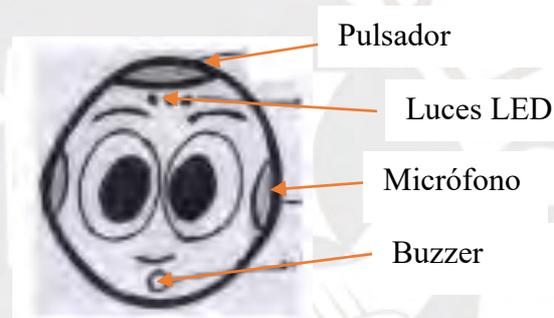
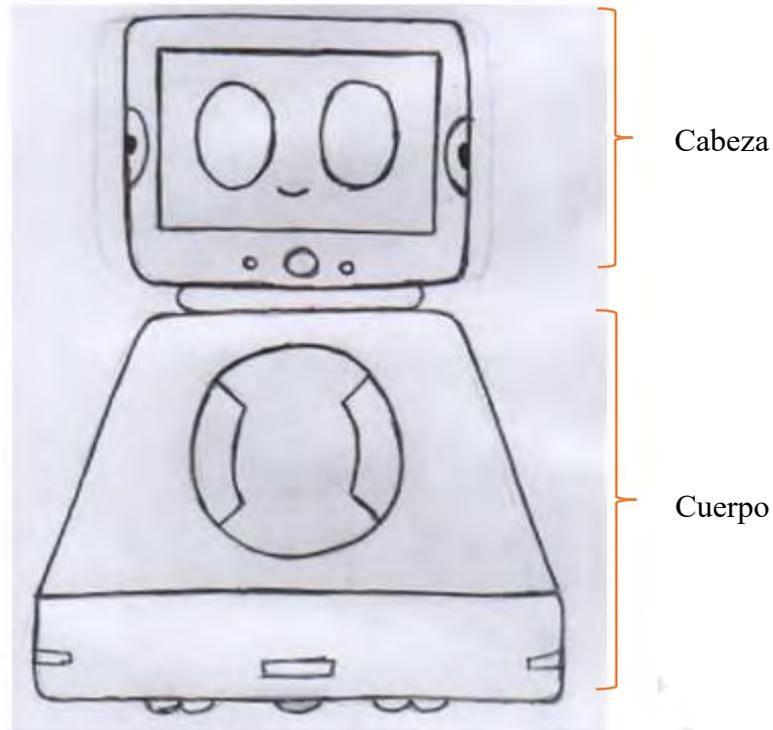


Figura 23. Parte Extraíble

### Solución 3

El dispositivo está compuesto por un cabeza y un cuerpo (figura 24). El robot se desplaza por medio de dos ruedas simples, cada una accionada por un motor DC.



**Figura 24. Esquema general de Solución 3**

El cuerpo consta de dos niveles, tal como se muestra en la figura 25. En el nivel inferior se encuentran 4 sensores de distancia para evitar choques durante el desplazamiento y 2 motores DC. En el nivel superior se encuentran la batería, el microcontrolador, otros sensores y una cavidad cúbica, lugar donde se ubica Parte Extraíble. En la figura 26 se muestra la base del cuerpo.

La cabeza cuenta con 1 buzzer, 2 LEDs (uno para indicar cuando la batería está baja y el otro para indicar el estado de la conexión Bluetooth), una pantalla y 5 botones en la parte superior (figura 27). Estos botones permiten administrar las señales de desplazamiento: avanzar, retroceder, girar a la derecha en 90°, girar a la izquierda en 90° y empezar el movimiento.

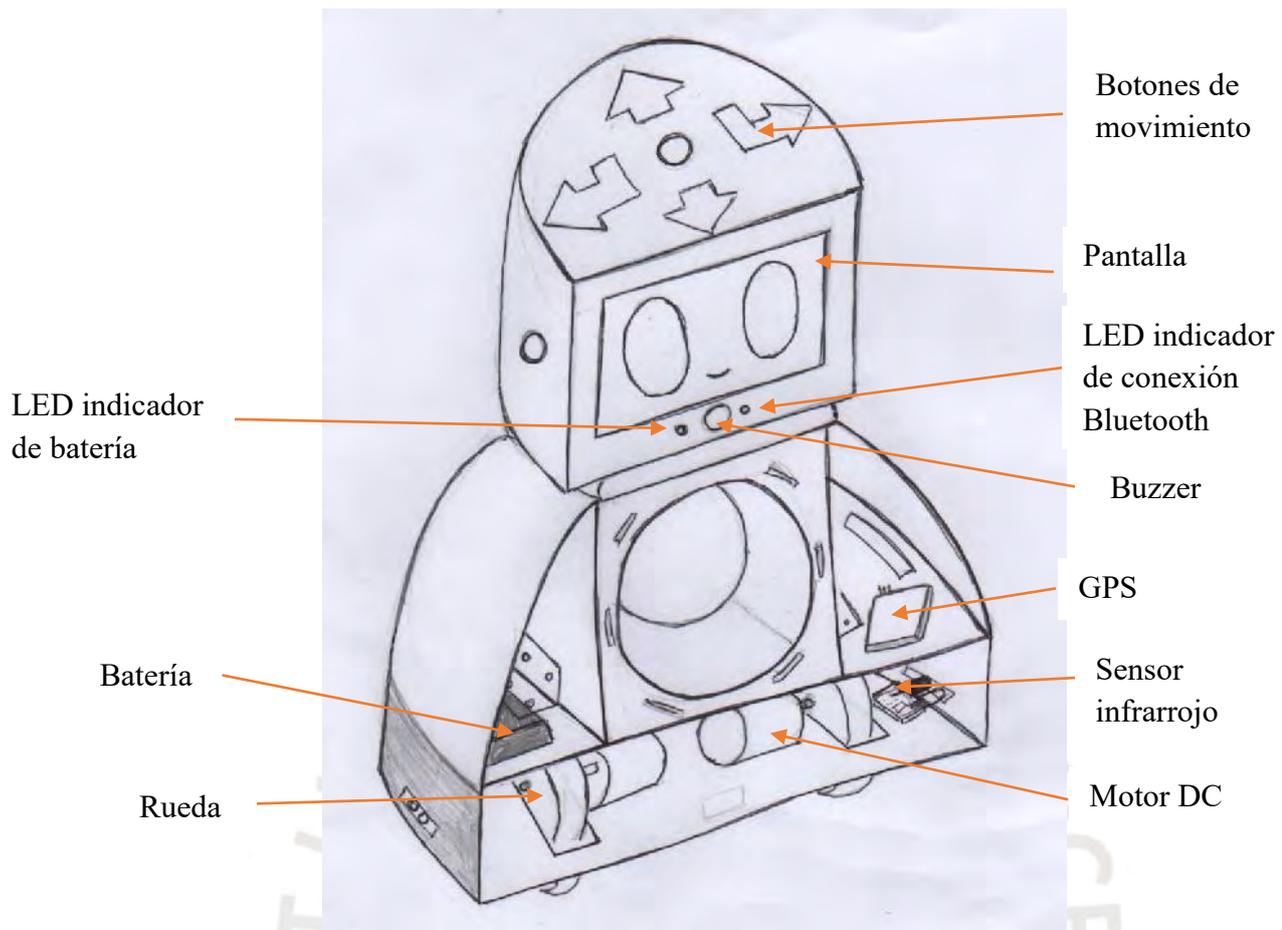


Figura 25. Detalle de Solución 3

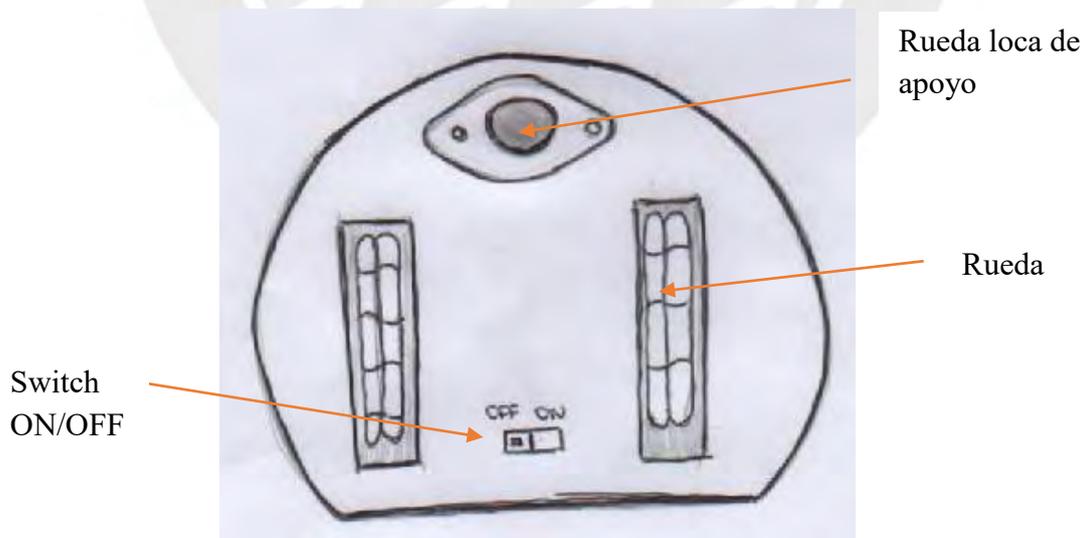
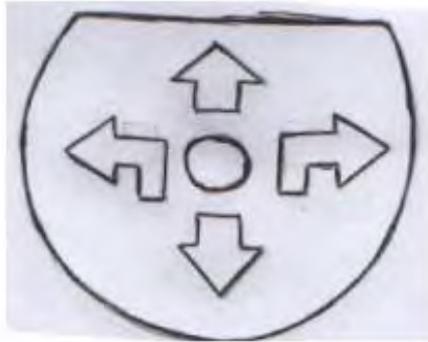
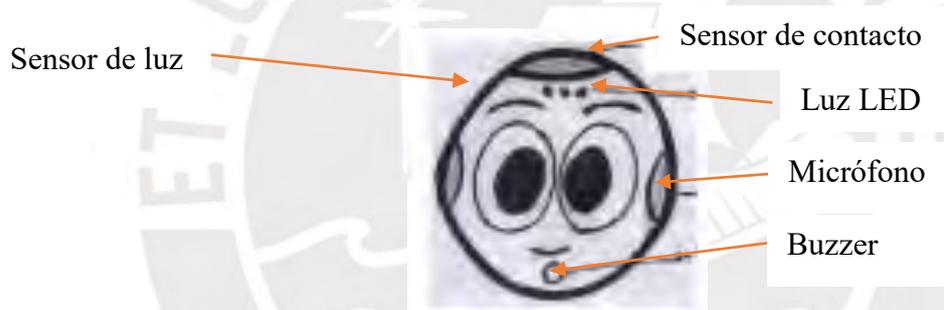


Figura 26. Base de cuerpo

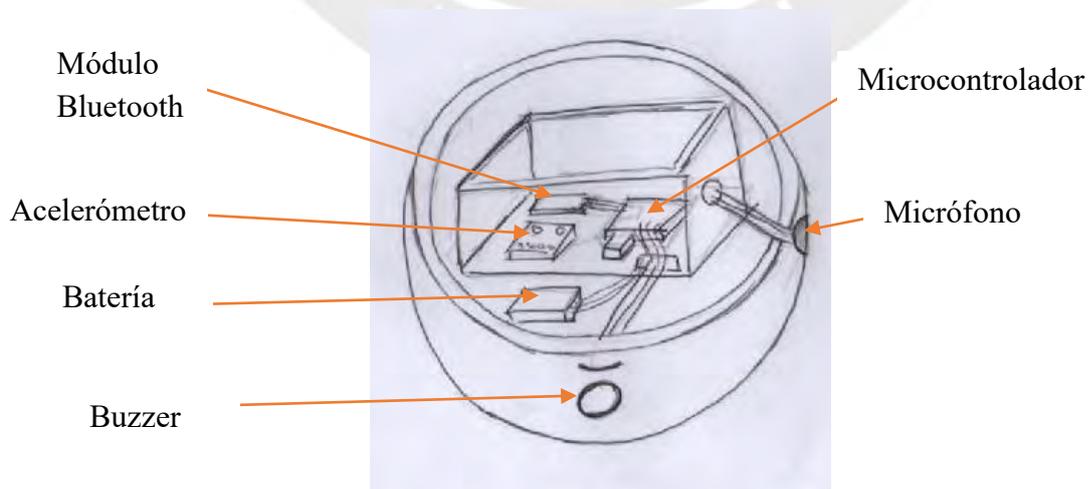


**Figura 27. Botones de desplazamiento**

La parte extraíble, ubicada en el interior del cuerpo, es un dispositivo esférico (figura 28). Este es extraído al retirar la tapa ubicada en la parte frontal. Cuenta con un botón, un parlante, una luz LED para mostrar el estado de la conexión Bluetooth, un sensor de intensidad luminosa y un acelerómetro (figura 29).



**Figura 28. Esquema general de Parte Extraíble**



**Figura 29. Detalle de Parte Extraíble**

La forma de interacción del usuario con el robot base será mediante los botones de desplazamiento y una aplicación. El usuario presionará la secuencia de movimientos que desee y al culminar dará inicio al movimiento con el botón circular del medio. Si el usuario quisiera borrar la secuencia de movimientos, deberá mantener presionado el botón de inicio durante tres segundos.

El usuario podrá interactuar con la parte extraíble mediante una aplicación. Las acciones que se reconocerán en los juegos serán: gritar, agitar, girar alrededor de un eje, esconder.

### **3.5.Evaluación de concepto solución**

Se realizó la evaluación técnico-económica para cada concepto de solución en base a la recomendación VDI 2225.

En cuanto lo técnico, los criterios determinados y los pesos asignados para cada uno son los siguientes:

- **Función principal:** peso de 10 debido al objetivo principal de la investigación. Dicho objetivo es diseñar un dispositivo que promueva el desarrollo de habilidades lógicas y motrices en niños de 5 a 8 años.
- **Forma:** peso de 7 porque, al ser un dispositivo para niños, el exterior debe ser llamativo.
- **Seguridad:** peso de 8 dado que los usuarios son niños entre 5 y 8 años. A dicha edad, los niños pueden no ser tan conscientes de los riesgos y evitarlos por sí mismos.
- **Fabricación:** peso de 3 porque es importante considerar la facilidad en la fabricación del diseño, esto según la forma del dispositivo.
- **Tamaño:** peso de 4 porque es importante que pueda ser transportado con facilidad por el usuario niño.

- Uso de recursos: peso de 3 debido a que es importante considerar la cantidad de energía que el dispositivo podría necesitar de acuerdo a sus funcionalidades. Esto influiría en selección de la fuente de alimentación.

La tabla 9 muestra la evaluación técnica de los tres conceptos de solución.

**Tabla 9.**

**Evaluación Técnica**

<b>EVALUACIÓN DE CONCEPTOS DE SOLUCIÓN</b>										
<b>Valor Técnico Xi</b>										
Proyecto: DISEÑO PRELIMINAR DE DISPOSITIVO MECATRÓNICO PARA MEJORAR HABILIDADES DE LÓGICA Y MOTRICES EN NIÑOS DE 5 A 8 AÑOS DE EDAD										
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de Valores según VDI 2225)										
0 = No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)										
g: Peso ponderado y se da en función a la importancia de los criterios de evaluación										
Criterios de evaluación para diseño en fase de concepción o proyecto										
Variantes de concepto/Proyecto			SOL 1		SOL 2		SOL 3		SOL IDEAL	
N	Criterio de Evaluación	G	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP
1	Función principal	10	2	20	2	20	3	30	4	40
2	Forma	7	3	21	2	14	3	21	4	28
3	Seguridad	8	3	24	2	16	3	24	4	32
4	Fabricación	3	2	6	3	9	3	9	4	12
5	Tamaño	4	2	8	3	12	2	8	4	16
6	Uso de recursos (energía)	3	2	6	3	9	2	6	4	12
Puntaje Máximo				85		80		98		140
Valor Técnico Xi			0.61		0.57		0.70			1

En cuanto lo económico, los criterios determinados y los pesos asignados para cada uno son los siguientes:

- Costo de fabricación: ponderado con peso de 5 debido a que es importante considerar los materiales adecuados, así como también colores llamativos según el diseño.

- Costo de mantenimiento: ponderado con peso de 2 debido a la consideración del cambio o reemplazo de alguna pieza malograda.

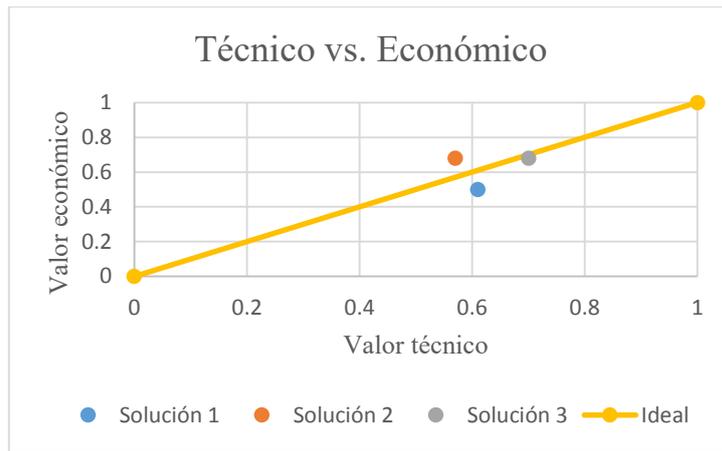
La tabla 10 muestra la evaluación económica de los tres conceptos de solución.

**Tabla 10.**

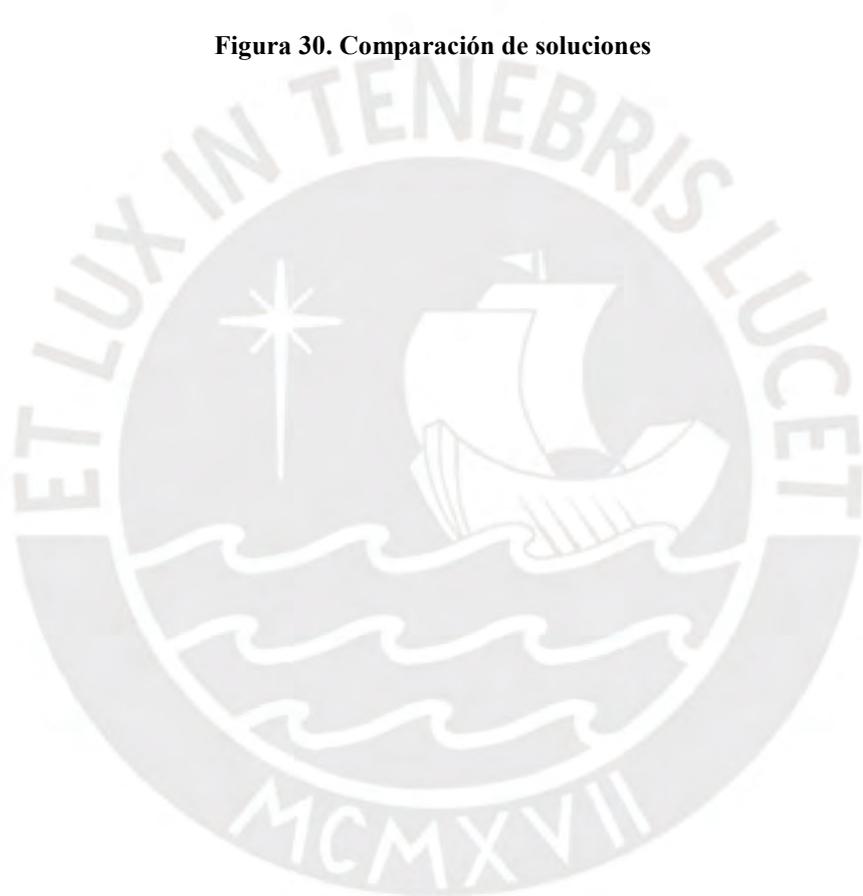
**Evaluación Económica**

<b>EVALUACIÓN DE CONCEPTOS DE SOLUCIÓN</b>											
<b>Valor Técnico Yi</b>											
Proyecto: DISEÑO DE SISTEMA MECATRÓNICO PARA MEJORA DE HABILIDADES DE LÓGICA, PROGRAMACIÓN Y MOTRICIDAD EN NIÑOS DE 5 A 8 AÑOS											
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de Valores según VDI 2225)											
0 = No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)											
g: Peso ponderado y se da en función a la importancia de los criterios de evaluación											
Criterios de evaluación para diseño en fase de concepción o proyecto											
Variantes de concepto/Proyecto			SOL 1			SOL 2		SOL 3		SOL IDEAL	
N	Criterio de Evaluación	G	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP	
1	Costo de fabricación	5	2	10	3	15	3	15	4	20	
2	Costo de mantenimiento	2	2	4	2	4	2	4	4	8	
Puntaje Máximo		13		14		19		19		28	
Valor Técnico Yi			0.50		0.68		0.68			1	

Con los resultados de las evaluaciones, se elaboró la figura 30. En esta se pueden observar las soluciones 1, 2 y 3, de las cuales la más cercana a lo ideal es la mejor: Solución 3.



**Figura 30. Comparación de soluciones**



## CAPÍTULO 4

### DISEÑO PRELIMINAR

En este último capítulo se detallará la solución óptima resultante de la evaluación técnico-económica. Se mostrará el diseño 3D del dispositivo, los diagramas de operaciones, diagrama de bloques y diagrama de flujo.

#### 4.1. Detalle de solución óptima

De acuerdo a la explicación brindada anteriormente, las figuras 31 y 32 muestran el modelo en 3D del Robot Base; las figuras 33 y 34, el de Parte Extraíble.

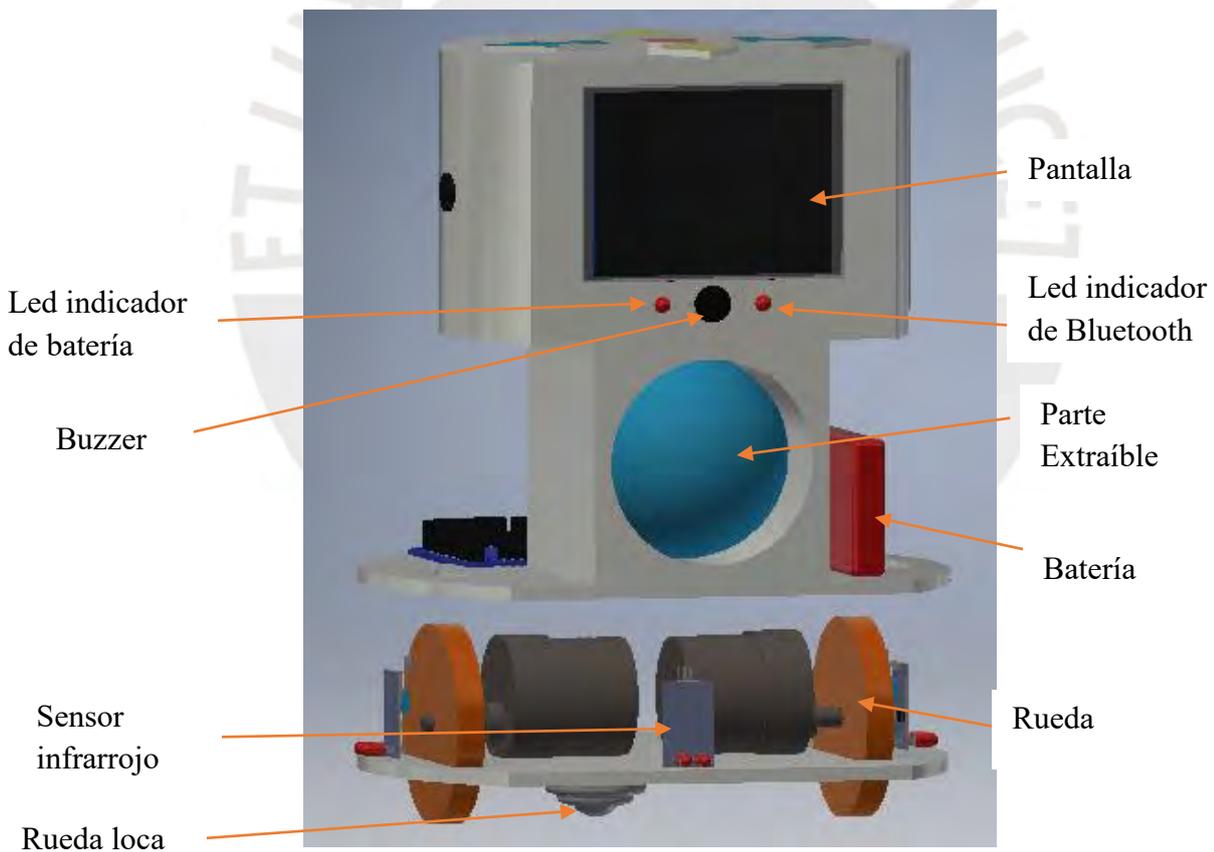
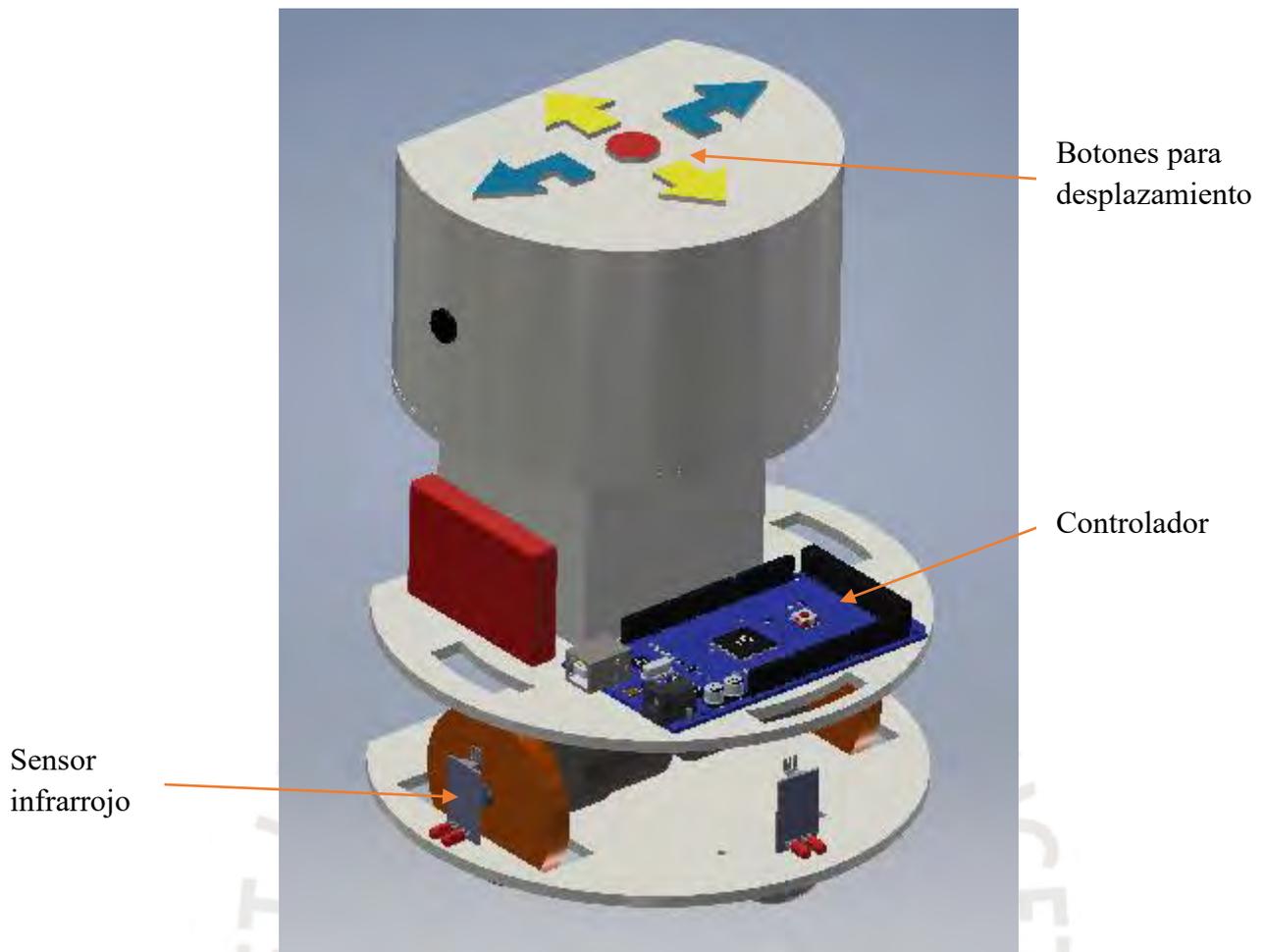
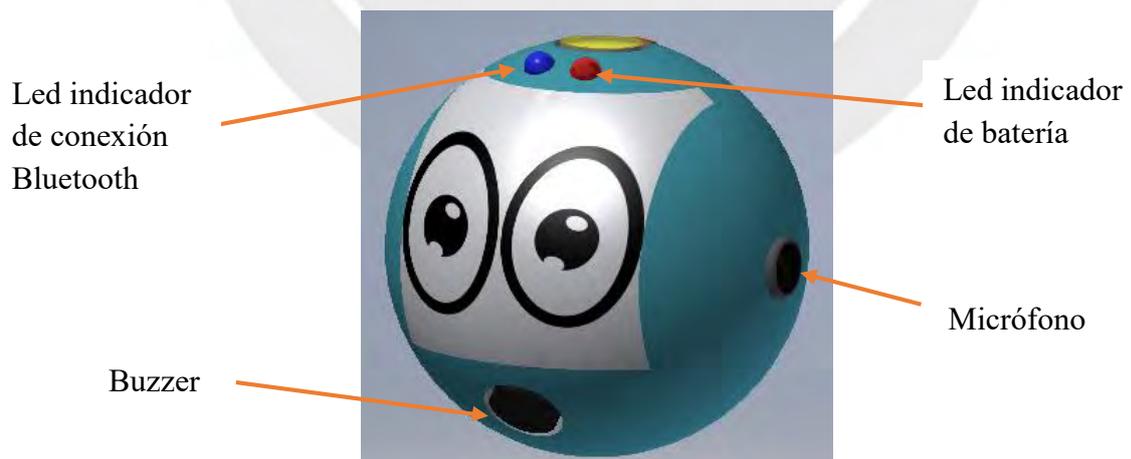


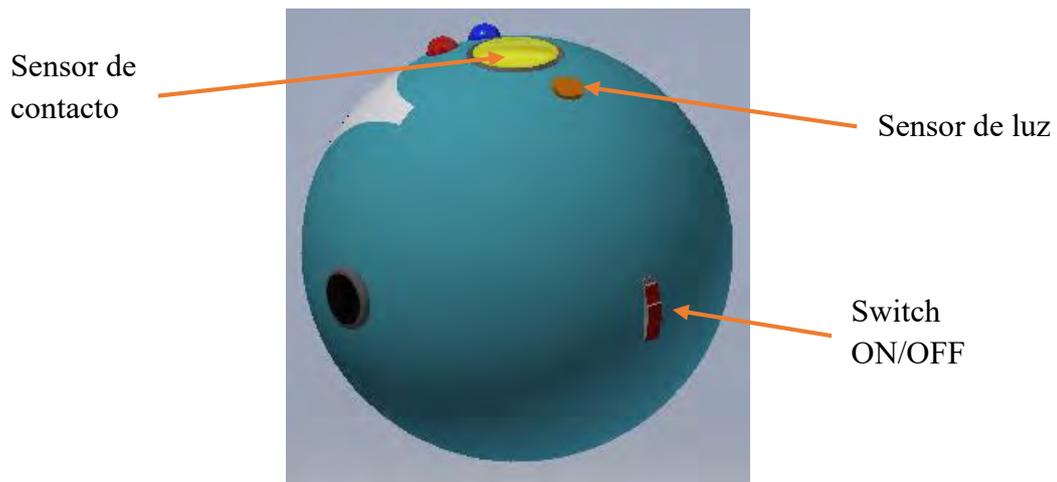
Figura 31. Vista frontal de Robot Base



**Figura 32. Vista posterior de Robot Base**



**Figura 33. Vista frontal de Parte Extraible**



**Figura 34. Vista posterior de Parte Extraíble**

La aplicación por la cual el usuario interactuará con Parte extraíble contará con cuatro juegos: “Guíalo”, “Pásalo”, “Actúa rápido”, “Encuétralo”. El menú principal se muestra en la figura 35.



**Figura 35. Menú Principal de aplicación**

“Guíalo”: permite trasladar a Robot Base, esto se realiza usando los botones direccionales. El recorrido es mostrado en la pantalla de la aplicación.

“Pásalo”: en este juego grupal, Parte Extraíble es pasado entre los participantes hasta que emita un sonido después de un tiempo aleatorio mayor a 15 segundos. El niño que tenga la pelota en ese momento será el que pierda.

“Actúa rápido”: en esta actividad, Parte Extraíble emitirá frases como “Presiona”, “Grita”, “Agita”, “Gira”. Las frases serán reproducidas de manera aleatoria. El jugador pierde si ejecuta una acción diferente a la indicada o si tarda más del tiempo permitido en responder. Los puntajes se mostrarán en la aplicación. Cada vez que se logre un nuevo record, Robot Base dará dos vueltas sobre su sitio y emitirá un sonido.

“Encuétralo”: el jugador deberá esconder a Parte Extraíble y otro jugador deberá buscarlo. Cuando lo encuentre, Parte Extraíble emitirá un sonido para indicar el fin del juego y Robot Base girará sobre su sitio emitiendo un sonido.

#### 4.2. Diagrama de operaciones

A continuación, se presenta la secuencia de pasos a seguir por el usuario del dispositivo plasmado en el diagrama de operaciones (figura 36).

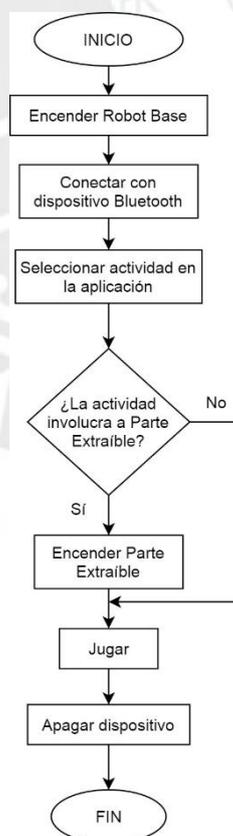


Figura 36. Diagrama de operaciones

### 4.3. Diagrama de bloques

El diagrama de bloques muestra la forma de interacción de los componentes en el dispositivo. Se realizó un diagrama para Robot Base y otro para Parte Extraíble. Cabe volver a mencionar que estos se comunicarán mediante un módulo Bluetooth. La figura 37 muestra el diagrama de bloques para Robot Base y la figura 38, para Parte Extraíble.

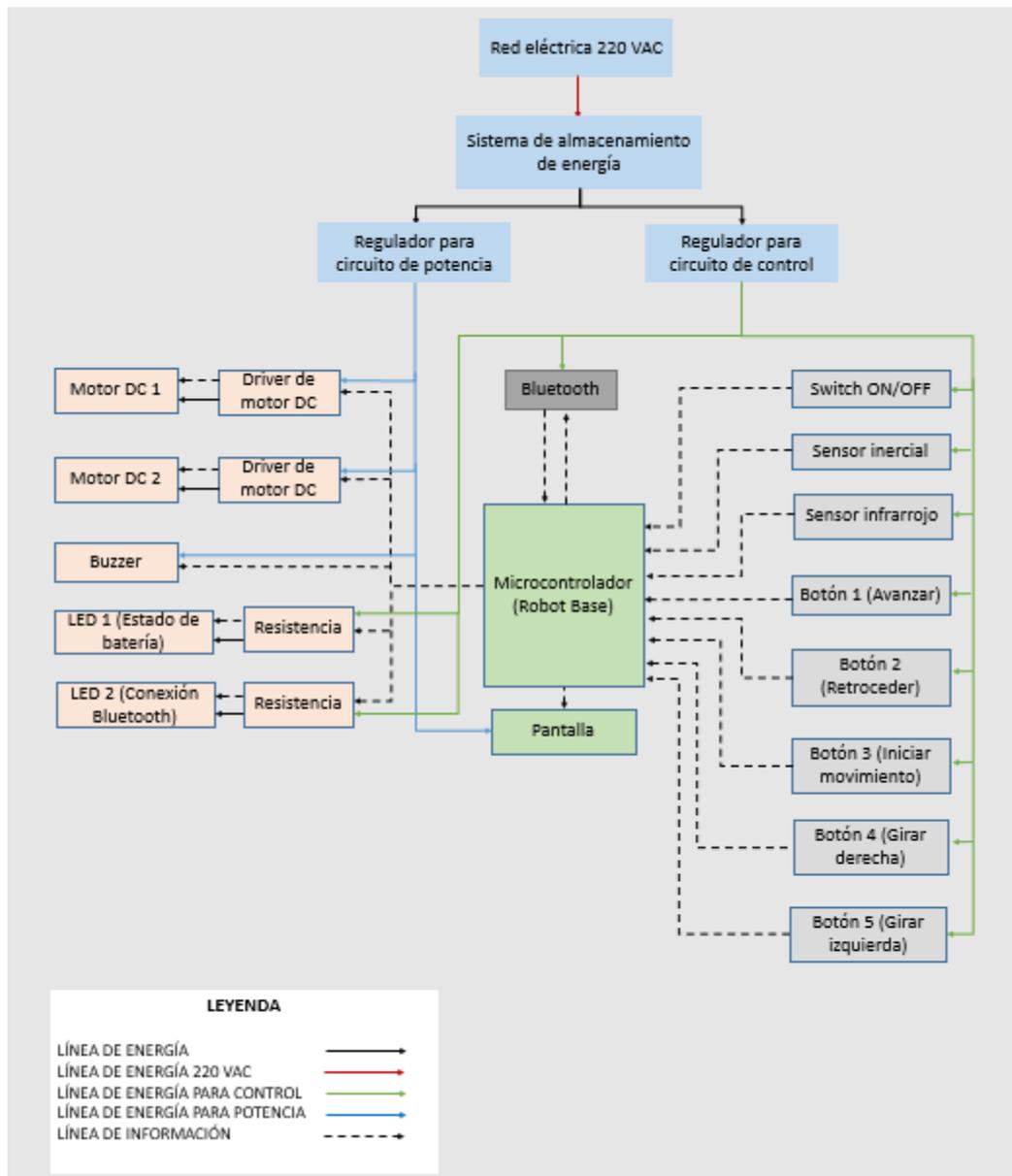


Figura 37. Diagrama de bloques para Robot Base

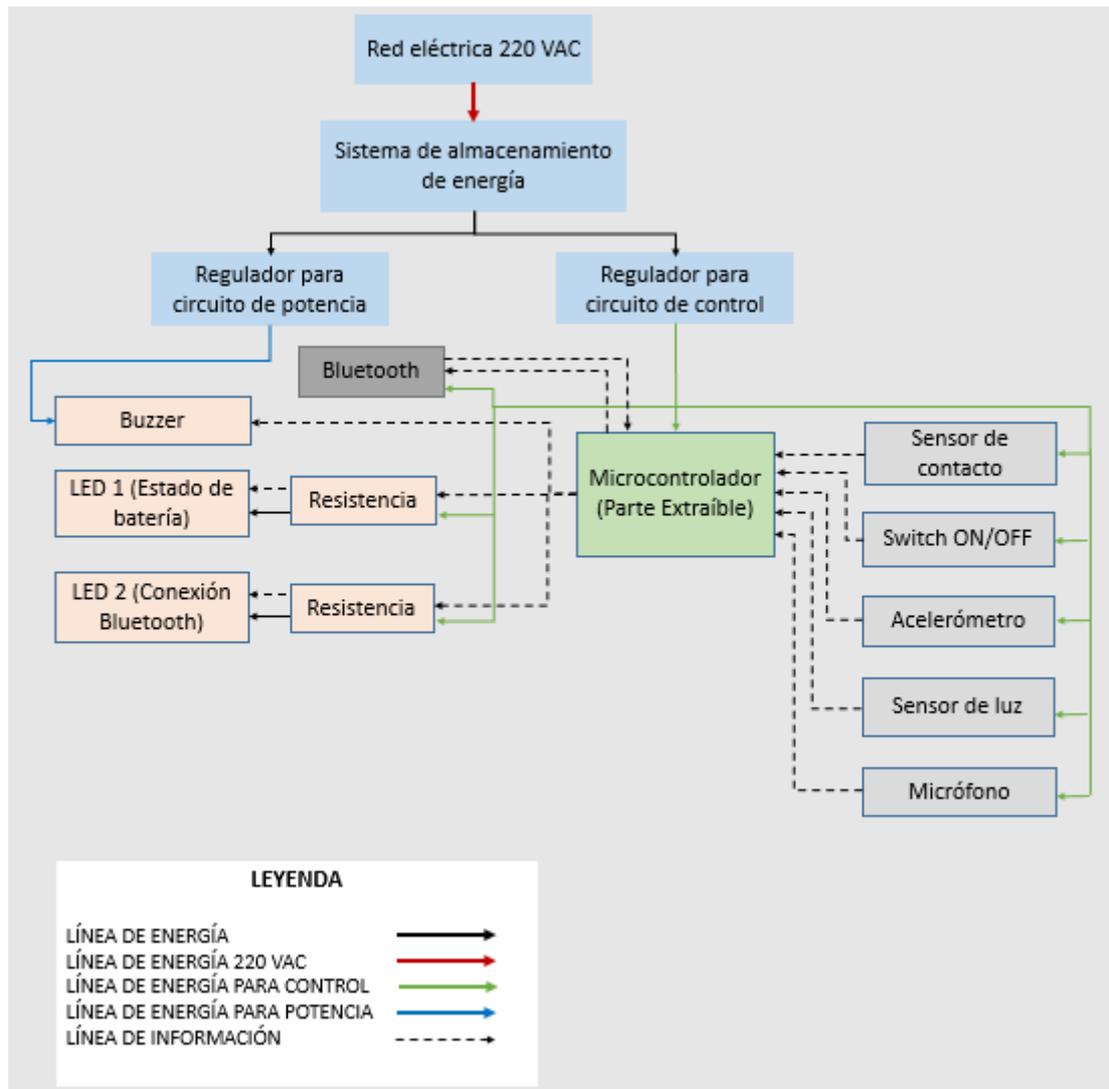
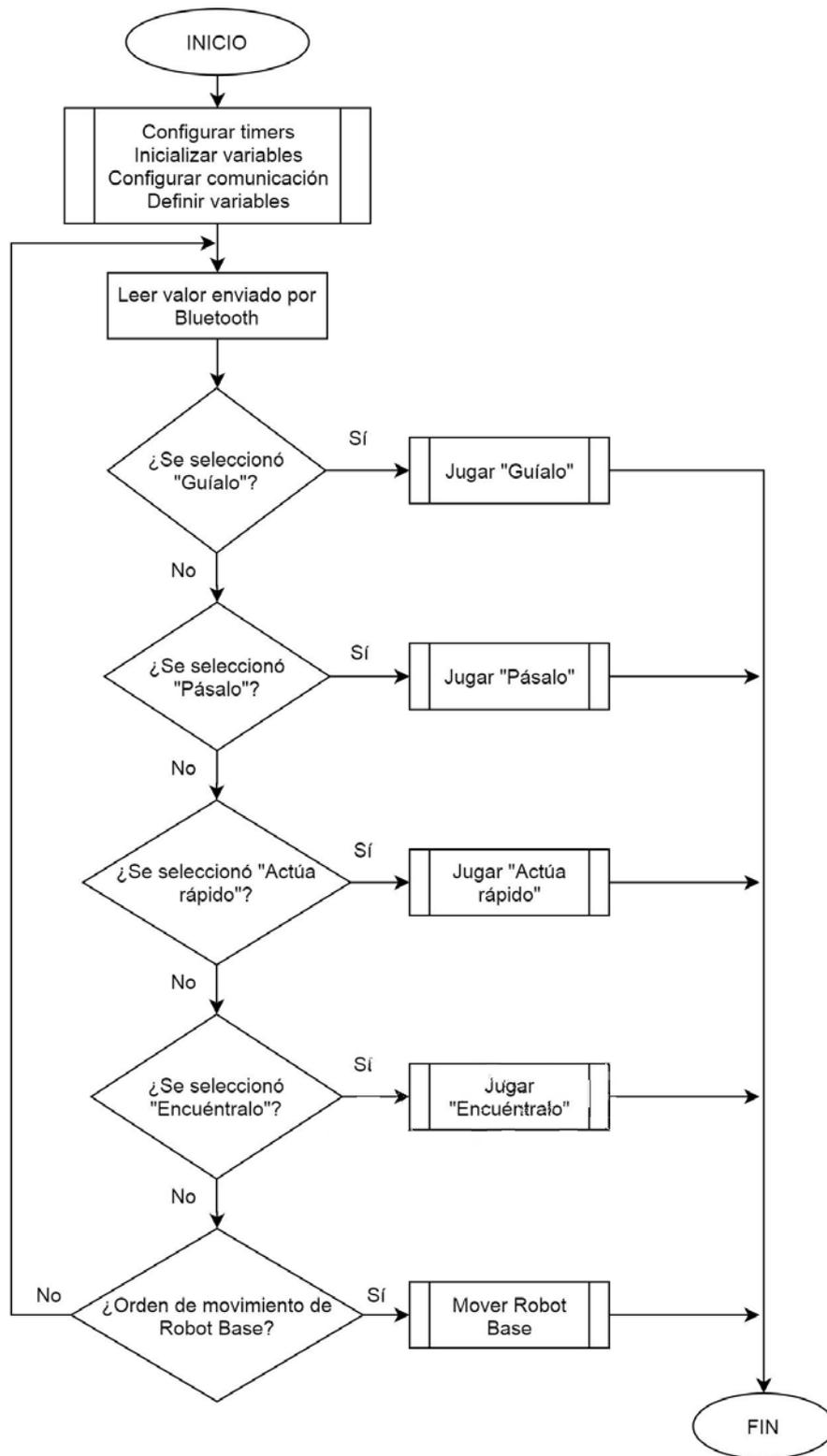


Figura 38. Diagrama de bloques para Parte Extraíble

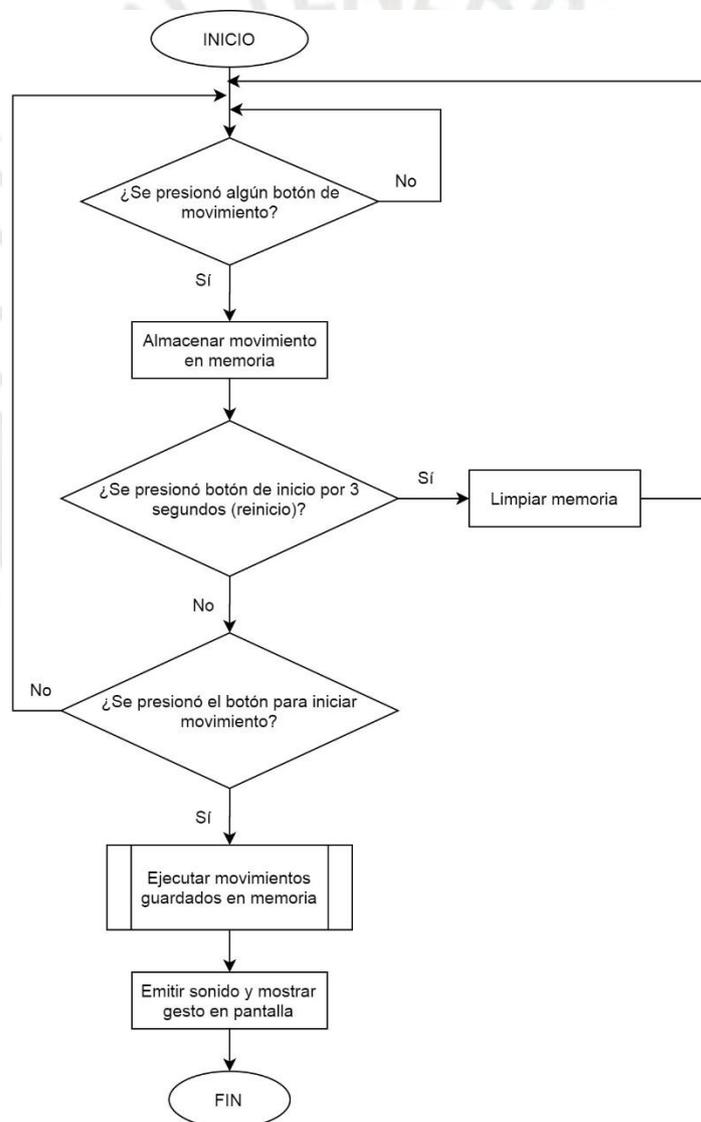
#### 4.4. Diagrama de flujo

A continuación, se presentan los diagramas de flujo general y de cada actividad. Lo que se realiza primero para el funcionamiento del dispositivo es la definición e inicialización de las variables, se configuran los timers y la comunicación (Bluetooth). Luego, se espera a que el usuario seleccione alguna de las cuatro actividades de la aplicación para finalmente ejecutar la seleccionada (figura 39).



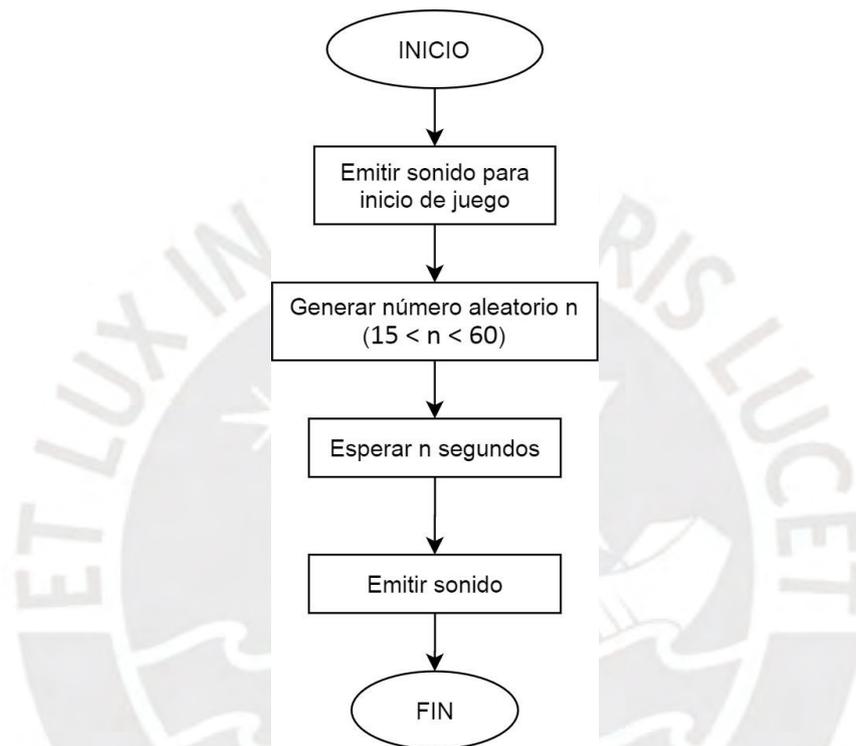
**Figura 39. Diagrama de Flujo General**

En caso se haya seleccionado “Guíalo”, el usuario deberá ingresar una secuencia de movimientos por medio de los botones para que, al presionar el botón de inicio (botón circular ubicado entre las flechas para avanzar y retroceder), se ejecuten los movimientos guardados en la memoria. Si el usuario ingresó de manera errónea la secuencia de movimientos, presionará el botón de inicio durante 3 segundos; con esto se borrarán la memoria y podrá ingresar la nueva secuencia. Cuando los movimientos hayan sido ejecutados por Robot Base, se emitirá un sonido para indicar el fin de la tarea y se mostrará en la pantalla un gesto de “ojos” que expresen alegría. El diagrama de flujo para esta función se muestra en la figura 40.



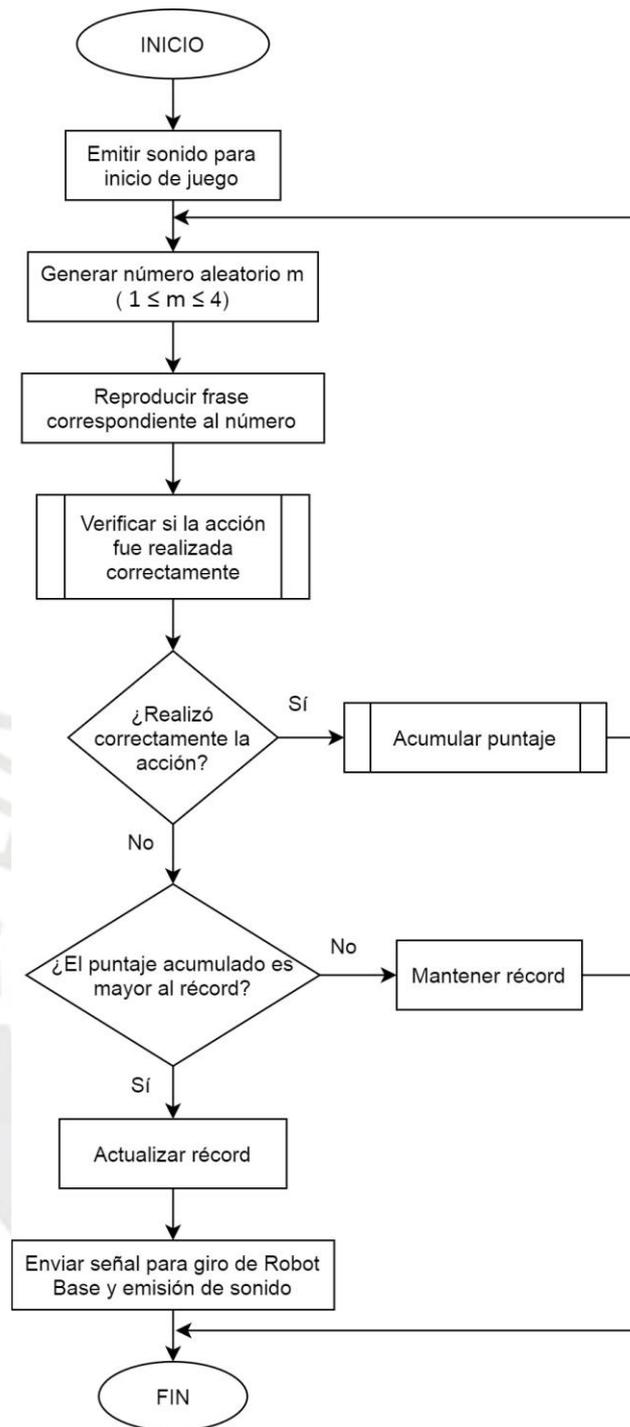
**Figura 40. Diagrama de flujo para Guíalo**

Si se seleccionó “Pásalo”, primero se emitirá un sonido para indicar el inicio del juego. Luego, se generará un número aleatorio entre 15 y 60. Este número es la cantidad de segundos de espera hasta la emisión de un sonido (diferente al primero) para detener el juego. Cabe volver a mencionar que, en este punto, la persona que se quede con el dispositivo será la que pierda. A continuación, en la figura 41 se muestra el diagrama correspondiente.



**Figura 41. Diagrama de flujo para Pásalo**

Si se seleccionó “Actúa rápido”, primero se emitirá un sonido para indicar el inicio del juego. Luego, se generará un número aleatorio del 1 al 4. Cada uno de estos números representa una acción: “Presiona”, “Grita”, “Agita”, “Gira”. Posteriormente, se reproducirá la frase correspondiente al número generado. Luego, se verificará si la acción se realizó. En caso que no hay sido realizada, finalizará el juego. De lo contrario, se acumulará el puntaje y se ordenará realizar otra acción. Esto se repite hasta que el usuario falle lo que significa el final del juego. Si el jugador marcó un nuevo record, Robot Base girará dos veces sobre su sitio y emitirá un sonido. El diagrama de flujo para “Actúa Rápido” se muestra en la figura 42.



**Figura 42. Diagrama de flujo para Actúa rápido**

Si se seleccionó el juego “Encuétralo”, primero se esperará un minuto a que el usuario esconda a Parte Extraíble. Es importante mencionar que, para detectar dicha condición, el sensor de luz deberá ser cubierto. Una vez transcurrido el tiempo, se empezará a medir la intensidad de luz hasta que el valor sentido indique que el robot fue encontrado. Al ocurrir,

Parte Extraíble emitirá un sonido para indicar el fin del juego y Robot Base girará sobre su sitio mientras genera un sonido. La figura 43 muestra el diagrama de flujo.

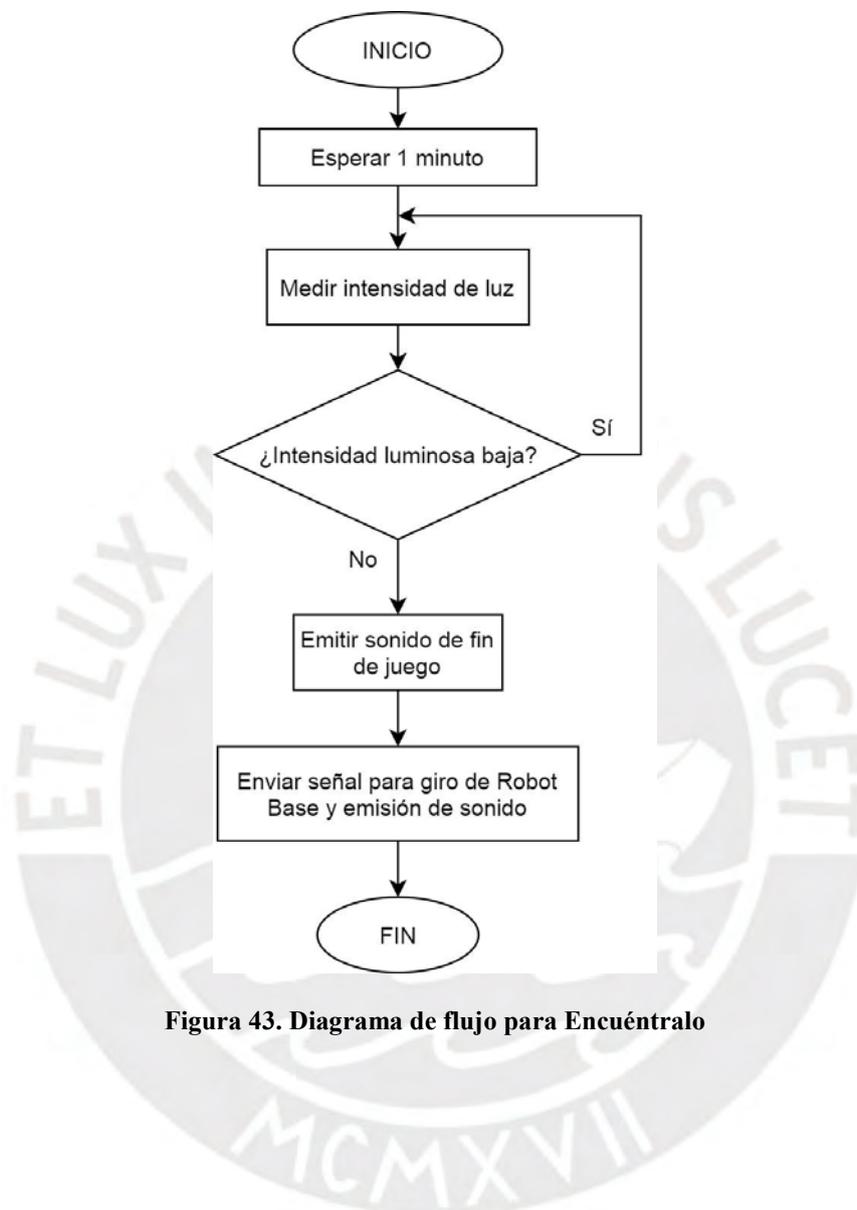


Figura 43. Diagrama de flujo para Encuétralo

## CONCLUSIONES

- En la presente investigación se reconoció la importancia del juego como herramienta para el aprendizaje durante los primeros años de edad. Tomando esto en consideración, se planteó diseñar una solución tecnológica para promover el desarrollo de habilidades lógicas y motrices.
- Se logró realizar el diseño conceptual de un dispositivo mecatrónico que desarrolle habilidades de lógica y motrices en niños de 5 a 8 años de edad, siendo sus partes: Robot Base y Parte Extraíble. Para esto se utilizó metodología basada en las normas VDI 2206 y VDI 2221, donde se propuso tres soluciones y, tras una evaluación, se eligió la mejor.
- El dispositivo mecatrónico diseñado fomenta las habilidades anteriormente mencionadas por medio de las actividades: “Guíalo”, “Pásalo”, “Actúa rápido” y “Encuétralo”, permitiendo además la interacción con otros niños.
- Los requerimientos del dispositivo fueron establecidos de acuerdo a lo investigado en el estado del arte. Se tomaron en cuenta normativas adaptadas para la aplicación de juguetes robot dado que no existen normas específicas para dicho fin.
- Se desarrollaron diagramas de operaciones, diagramas de flujo y diagramas de bloques para Robot Base y Parte Extraíble.

## BIBLIOGRAFÍA

- Apredizajes, O. d. (2016). *MINEDU*. Recuperado el 12 de 06 de 2019, de <http://umc.minedu.gob.pe/resultados-de-evaluacion-pisa-2015/>
- Atlantistelecom*. (s.f.). Recuperado el 10 de 06 de 2019, de [https://www.atlantistelecom.com/es/downloads2/02\\_que\\_es\\_mbot.pdf](https://www.atlantistelecom.com/es/downloads2/02_que_es_mbot.pdf)
- Benitez Murillo, M. I. (16 de 03 de 2009). Recuperado el 06 de 05 de 2019
- Cantó, J. C. (13 de Julio de 2018). *bilib*. Recuperado el 22 de Setiembre de 2019, de <https://www.bilib.es/actualidad/blog/noticia/articulo/los-5-robots-estrella-de-la-robotica-educativa/>
- Compañía Levantina de Reductores. (2020). *CLR*. Recuperado el 4 de Agosto de 2019, de <https://clr.es/blog/es/motor-paso-a-paso-cuando-utilizarlo/>
- CONADIS. (2016). *Informe Temático N° 5: "Situación de las Personas con Discapacidad Auditiva en el Perú"*. Lima.
- Finland, E. (2018). Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://www.educationfinland.fi/why-finland>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (25 de 04 de 2019). *ESCALE*. Recuperado el 10 de 06 de 2019, de [http://escale.minedu.gob.pe/ueetendencias2016?p\\_auth=VJr1MVKd&p\\_p\\_id=TendenciasActualPortlet2016\\_WAR\\_tendencias2016portlet\\_INSTANCE\\_t6xG&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=3&\\_TendenciasActualPort](http://escale.minedu.gob.pe/ueetendencias2016?p_auth=VJr1MVKd&p_p_id=TendenciasActualPortlet2016_WAR_tendencias2016portlet_INSTANCE_t6xG&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=3&_TendenciasActualPort)
- Instituto Peruano de Economía. (2010). *IPE*. Recuperado el 8 de 06 de 2019, de <https://www.ipe.org.pe/portal/pablito-presente/>
- Juegos Robótica. (s.f.). *JuegosRobotica.es*. Recuperado el 18 de Julio de 2019, de <https://juegosrobotica.es/robots-para-ninos/>
- Kinsey, W. (21 de Julio de 2017). *Puro Motores*. Recuperado el 28 de Setiembre de 2019, de <https://www.puromotores.com/13174967/que-tipo-de-motor-se-encuentra-en-un-taladro-inalambrico>

- Kitchener, R. (1986). *Piaget's Theory of Knowledge*. Yale University Press.
- Learning Resources. (2019). *Code & Go Robot Mouse*.
- Learning Resources. (2020). *Code & Go® Robot Mouse Activity Set*. Obtenido de <https://www.learningresources.com/code-gor-robot-mouse-activity-set>
- León Coral, R. F. (2014). Módulo interactivo de desarrollo de habilidades psicomotrices para un infante entre 24 a 36 meses de edad. Lima.
- Lupaca Flores, M. A. (2019). *Tostadora Automática para granos de quinua mediante aire caliente*. Tesis de bachillerato, Lima.
- MINEDU. (2013). *ESTUDIO DE EDUCACIÓN INICIAL: UN ACERCAMIENTO A LOS APRENDIZAJES DE LAS NIÑAS Y LOS NIÑOS DE CINCO AÑOS DE EDAD Informe Breve de Resultados*. Lima.
- Mouroutsos, G., & Mitka, E. (2012). A Guide to safety standards of toy-robots.
- NEXTEC EDUCATIVA. (2019). *NEXTEC*. Obtenido de <https://nextec-edu.com/es/robotica/455-robot-educativo-bee-bot.html>
- Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes MINEDU. (2018). Informe Nacional ECE. 4-6. Recuperado el 12 de 06 de 2019, de <http://umc.minedu.gob.pe/resultados-ece-2018/>
- Paltan, G., & Quilli, K. (s.f.). *Pensamiento Lógico*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Parada Pardo, E. (20 de Setiembre de 2015). *LUNEGATE*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2020, de <http://www.lunegate.net/2015/09/dot-and-dash-los-robots-para-que.html#.YBuQi3YzbIV>
- PC Factory. (2020). *DOCPLAYER*. Obtenido de <https://docplayer.es/59839561-Manual-de-usuario-rev-1-makeblock-mbot.html>
- RO-BOTICA. (01 de 05 de 2016). *ISSUU*. Recuperado el 15 de 05 de 2019, de <https://issuu.com/ro-botica/docs/bee-bot-guia-usuario>
- ROBOTIX. (s.f.). *ROBOTIX Hands-on Learning*. Recuperado el 22 de Setiembre de 2019, de <https://www.robotix.es/es/robots-educativos-ninos-lego>

*serPadres*. (2018). Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://www.serpadres.es/1-2-anos/educacion-estimulacion/fotos/6-pilares-del-metodo-montessori/autonomia>

Tributaria, S. N. (2015). Índice de volumen exportado del sector agropecuario. *Instituto Nacional de Estadísticas e Informática*.

UNESCO Institute of Statistics. (2019). *Education and Literacy*. Recuperado el 05 de 06 de 2019, de <http://uis.unesco.org/en/country/fi?theme=education-and-literacy>

Universia. (11 de 05 de 2018). Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://noticias.universia.edu.pe/educacion/noticia/2018/05/11/1159500/cuales-mejores-sistemas-educativos-mundo.html>

Universidad Peruana Cayetano Heredia. (29 de Abril de 2019). Recuperado el 12 de Enero de 2020, de <https://faedu.cayetano.edu.pe/noticias/1785-la-educacion-inicial-en-el-peru>

Velazquez, C. (27 de Junio de 2019). *Entramar Tecnología Educativa Digital*. Recuperado el 13 de Julio de 2020

Wonder Workshop. (2014). *Iniciarse con Dash & Dot*. Vicens Vives.

*Wondertec*. (s.f.). Recuperado el 06 de 05 de 2019, de <https://www.wondertec.com.mx/dash-dot/especs-dash/>

WowWee. (2015). *COJI Learn to code with a smile*. Canada.