



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TEMA:

**“ROBOT EDUCATIVO PARA NIÑOS DE 5 A 9 AÑOS ENFOCADO
EN EL APRENDIZAJE DE OPERACIONES MATEMÁTICAS
BÁSICAS”**

Trabajo de grado previo a la obtención de título de Ingeniero en Mecatrónica

Línea de investigación: Producción industrial y tecnología sostenible

Autor:

Steven Andrés Fuentes Soto

Director:

PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio

Asesor:

MSc. Luz María Tobar Subía Contenido

Ibarra – Ecuador 2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004195606		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Fuentes Soto Steven Andrés		
DIRECCIÓN:	Ibarra – Imbabura		
EMAIL:	safuentess@utn.edu.ec estevenfuentes11@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELÉFONO MÓVIL:	0990633681

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“ROBOT EDUCATIVO PARA NIÑOS DE 5 A 9 AÑOS ENFOCADO EN EL APRENDIZAJE DE OPERACIONES MATEMÁTICAS BÁSICAS”
AUTOR (ES):	Fuentes Soto Steven Andrés
FECHA: DD/MM/AAAA	04/09/2025
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
DIRECTOR:	PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 4 días del mes de septiembre de 2025

EL AUTOR:

(f) 

Steven Andrés Fuentes Soto



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 5 de agosto de 2025

PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) 

PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio
C.C.: 1758387383



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “ROBOT EDUCATIVO PARA NIÑOS DE 5 A 9 AÑOS ENFOCADO EN EL APRENDIZAJE DE OPERACIONES MATEMÁTICAS BÁSICAS” elaborado por STEVEN ANDRÉS FUENTES SOTO, previo a la obtención del título de INGENIERO EN MECATRÓNICA, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f) 

PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio
C.C.: 1758387383

(f) 

MsC. Luz María Tobar Subia Contento
C.C.: 1002444204

DEDICATORIA

A mis amados padres, Jaime Fuentes y Aura Soto, que con su amor, sacrificio y enseñanzas han sido el cimiento de mi vida. A ustedes, que me inculcaron el valor del esfuerzo y la importancia de soñar en grande y a nunca rendirme. Cada paso que he dado en este camino ha sido iluminado por su apoyo incondicional y su fe inquebrantable en mí. Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, que me han enseñado a enfrentar los desafíos con determinación y esperanza. Gracias por cada consejo, por cada abrazo en los momentos difíciles y por ser siempre mi refugio y guía.

A mi hermana Estefanía, cuyo ejemplo de fortaleza y dedicación ha sido una fuente de inspiración constante. A mi hermano Geremmy, con quien he compartido tantas risas y que ha sido un compañero inigualable en este viaje.

Y especialmente, a mi hermanito pequeño James, cuya inocencia, amor y alegría han sido mi mayor motivación. Por ti, he luchado con más fuerza, queriendo ser el ejemplo de hermano mayor que mereces. Cada una de tus sonrisas y tus abrazos me recordó que este esfuerzo vale la pena. Este logro también es para ti, con la esperanza de que, al crecer, veas en mí una prueba de que los sueños pueden alcanzarse con trabajo y amor.

A todos ustedes, gracias por ser mi luz, mi fuerza y mi mayor razón para seguir adelante. Este logro es tan suyo como mío.

Con mucho amor,

Steven Andrés Fuentes Soto

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, por su invaluable apoyo, tanto moral como económico, durante todo este proceso. Su confianza y respaldo han sido fundamentales para alcanzar este logro.

Extiendo mi gratitud a mi tutora, la Ing. Brizeida Gámez PhD, por su orientación, paciencia y compromiso en cada etapa del desarrollo de este proyecto. Sus conocimientos y sugerencias fueron esenciales para culminar este trabajo con éxito.

Finalmente, a mis docentes y compañeros de la Universidad Técnica del Norte, quienes con sus enseñanzas, apoyo y compañerismo hicieron de este proceso una experiencia enriquecedora.

A todos ustedes, gracias por ser parte fundamental de este camino.

Steven Andrés Fuentes Soto

RESUMEN

Se presenta el diseño, desarrollo e implementación de un robot educativo enfocado en la enseñanza de operaciones matemáticas básicas, dirigido a niños de 5 a 9 años en entornos escolares del Ecuador. La iniciativa del trabajo responde a la problemática de la discalculia, una dificultad en la comprensión y ejecución de operaciones matemáticas que puede generar desinterés académico y limitar las posibilidades futuras de los estudiantes en áreas relacionadas. Para obtener el modelo final del sistema se utilizaron metodologías interactivas y lúdicas que fomentan las habilidades matemáticas, ofreciendo una herramienta innovadora para que exista un incremento en la motivación y satisfacción de los estudiantes. El robot utiliza una metodología didáctica orientada a despertar el interés y motivación de los estudiantes, promoviendo un aprendizaje dinámico y adaptado al nivel cognitivo por edades. El sistema desarrollado integra un Arduino MEGA y una pantalla NEXTION que se comunican serialmente. Para la programación del robot educativo se utilizó “Arduino IDE” el cual se encargaba de generar las operaciones matemáticas, además se utilizó el Software “Nextion Editor” para construir una interfaz gráfica interactiva para la resolución de ejercicios matemáticos básicos; excluyendo la división debido a su complejidad para el rango de edad propuesto. La validación del robot educativo y sus pruebas de funcionamiento se llevaron a cabo dentro de un entorno educativo, dando como resultado una mejora en la actitud y desempeño de los estudiantes al momento de aprender operaciones matemáticas básicas.

Palabras clave: operaciones matemáticas, robot educativo, pantalla táctil, robot educativo, interfaz gráfica.

ABSTRACT

The design, development and implementation of an educational robot focused on the teaching of basic mathematical operations, aimed at children from 5 to 9 years old in school environments in Ecuador, is presented. The work initiative responds to the problem of dyscalculia, a difficulty in the comprehension and execution of mathematical operations that can generate academic disinterest and limit the future possibilities of students in related areas. To obtain the final model of the system, interactive and playful methodologies were used to promote mathematical skills, offering an innovative tool to increase students' motivation and satisfaction. The robot uses a didactic methodology oriented to awaken the interest and motivation of the students, promoting a dynamic learning and adapted to the cognitive level by age. The developed system integrates an Arduino MEGA and a NEXTION screen that communicate serially. For the programming of the educational robot was used “Arduino IDE” which was responsible for generating the mathematical operations, in addition the software “Nextion Editor” was used to build an interactive graphical interface for solving basic mathematical exercises, excluding the division due to its complexity for the proposed age range. The validation of the educational robot and its operation tests were carried out within an educational environment, resulting in an improvement in the attitude and performance of students when learning basic mathematical operations.

Keywords: mathematical operations, educational robot, touch screen, educational robot, graphical interface.

INDICE DE CONTENIDOS

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	ii
2. CONSTANCIAS.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iv
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
INDICE DE CONTENIDOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 General.....	3
1.2.2 Específicos.....	3
1.3 Alcance y delimitación	3
1.4 Justificación	4

CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL.....	5
2.1 Antecedentes.....	5
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Impacto de la robótica.....	9
2.2.2 Técnicas de aprendizaje.....	10
2.2.2.1 Técnicas de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas.....	10
2.2.2.2 Técnicas de aprendizaje mediante la robótica.....	13
2.2.3 Robótica educativa.....	14
2.2.3.1 Características de un robot educativo.....	14
2.2.3.2 Robots educativos comerciales.....	15
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO.....	18
3.1 Modelo de la investigación.....	18
3.2 Diseño de la Investigación.....	18
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	23
4.1 Requerimientos del dispositivo a diseñar.....	23
4.2 Planteamiento de alternativas de solución.....	24
4.2.1 Primera alternativa de solución.....	24
4.2.2 Segunda alternativa de solución.....	26
4.3 Selección de la mejor alternativa de solución.....	27
4.3.1 Ponderación de criterios.....	27

4.3.2	Ponderación de soluciones respecto a cada criterio.....	28
4.3.3	Ponderación final.....	29
4.4	Especificaciones del sistema diseñado.....	30
4.4.1	Pantalla Nextion NX4827T043	31
4.4.2	Arduino MEGA 2560 - R3	32
4.4.3	Módulo de carga y descarga BMS 2S	34
4.4.4	Batería de Litio 18650	35
4.4.5	Parlante	36
4.4.6	Módulo Convertidor HCW-P715	37
4.4.7	Modulo DFPlayer Mini	38
4.5	Esquema electrónico del robot.....	39
4.6	Consumo de componentes electrónicos	41
4.7	Programación del robot.....	41
4.7.1	Diagrama de flujo	42
4.7.2	Programación en Nextion Editor	43
4.7.2.1	Estructura de Páginas.....	43
4.7.2.2	Configuración de Componentes	47
4.7.2.3	Componentes Globales y Comunicación.....	49
4.7.3	Código de Programación Arduino.....	49
4.7.3.1	Inclusión de Librerías	49

4.7.3.2	Comunicación Serial.....	50
4.7.3.3	Declaración de Objetos de Nextion.....	50
4.7.3.4	Funciones en Arduino IDE.....	51
4.8	Construcción y ensamblaje	52
4.9	Costo de implementación del robot educativo.....	55
4.10	Pruebas de Funcionamiento.....	56
4.11	Resultados Obtenidos.....	59
	CONCLUSIONES.....	62
	RECOMENDACIONES	63
	REFERENCIAS	64
	ANEXOS.....	71
A.	CÓDIGO DEL ROBOT EDUCATIVO.....	71
B.	MANUAL DE USUARIO	72
C.	EVALUACIONES	73
D.	PLANOS DE PARTE Y CONJUNTO.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Respuestas de la encuesta: (a) ¿Tiene complicaciones en el aprendizaje de las matemáticas?, (b) ¿Qué es lo que más se le dificulta en matemáticas?	2
Fig. 2.2 (a) Interfaz de programación VPL, (b) Vista frontal del robot Thymio.	6
Fig. 2.3 Robot sumo ensamblado.	6
Fig. 2.4 ReFiBot con una carcasa elaborada de tres materiales distintos (aluminio, madera y plástico reciclado).	7
Fig. 2.5 Modelo de juego didáctico: tablero mutijugar.	11
Fig. 4.1 Vista isométrica explosionada de la primera alternativa de solución.	25
Fig. 4.2 Vista isométrica explosionada de la primera alternativa de solución.	26
Fig. 4.3 Vista isométrica explosionada de la solución propuesta.....	30
Fig. 4.4 Pantalla Nextion NX4827T043.....	32
Fig. 4.5 Representación del microcontrolador Arduino MEGA	33
Fig. 4.6 Representación del módulo de carga BMS 2S y sus conexiones.....	34
Fig. 4.7 Batería de Litio 18650.....	35
Fig. 4.8 Parlante del sistema 3W	36
Fig. 4.9 Representación gráfica del módulo reductor de voltaje.....	37
Fig. 4.10 PINOUT del módulo DFPlayer Mini.....	38
Fig. 4.11 Esquema de conexiones del robot educativo.	39
Fig. 4.12 Diagrama esquemático del robot educativo	40
Fig. 4.13 Diagrama de Flujo.....	42
Fig. 4.14 Páginas de la interfaz del robot educativo.	43

Fig. 4.15 Interfaz de inicio / page0.....	44
Fig. 4.16 Interfaz de selección operación / page1	45
Fig. 4.17 Interfaz de selección de nivel / page2.	45
Fig. 4.18 Interfaz de la operación suma / page3.....	46
Fig. 4.19 Interfaz de la operación resta / page6.....	46
Fig. 4.20 Interfaz de la operación multiplicación / page9	47
Fig. 4.21 Interfaz de nivel completado suma / page4.....	47
Fig. 4.22 Comandos para la comunicación con la pantalla	49
Fig. 4.23 Librerías añadidas en Arduino IDE.	49
Fig. 4.24 <i>Comunicación serial de la pantalla y el DFPlayer Mini</i>	50
Fig. 4.25 Declaración como objetos a los componentes de Nextion en Arduino IDE	50
Fig. 4.26 Función Suma en Arduino IDE.....	51
Fig. 4.27 Ajustes de impresión de la carcasa del robot educativo.....	52
Fig. 4.28 Entorno de ajustes de impresión 3D de la carcasa del robot.....	53
Fig. 4.29 Montaje componentes electrónicos a la carcasa del robot.	53
Fig. 4.30 Cableado del robot educativo.....	54
Fig. 4.31 Robot Educativo Final	54
Fig. 4.32 Niño de 5 años de edad haciendo uso del dispositivo.....	56
Fig. 4.33 Niño de 6 años de edad haciendo uso del dispositivo.....	57
Fig. 4.34 Niño de 7 años de edad haciendo uso del dispositivo.....	57
Fig. 4.35 Niña de 8 años de edad haciendo uso del dispositivo.	58
Fig. 4.36 Niña de 9 años de edad haciendo uso del dispositivo.	58
Fig. 4.37 Licenciada evaluando al niño.....	60
Fig. 4.38 Rúbrica de evaluación.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de investigación-acción.	13
Tabla 2.2 Robots educativos comerciales.....	15
Tabla 4.1 Elementos que componen la primera alternativa de solución.	25
Tabla 4.2 Elementos que componen la segunda alternativa de solución.....	26
Tabla 4.3 Asignación de la nomenclatura a cada criterio a considerar.	27
Tabla 4.4 Comparación de criterios con su ponderación.....	27
Tabla 4.5 Ponderación de alternativas respecto al criterio 1.	28
Tabla 4.6 Ponderación de alternativas respecto al criterio 2.	28
Tabla 4.7 Ponderación de alternativas respecto al criterio 3.	28
Tabla 4.8 Ponderación de alternativas respecto al criterio 4.	29
Tabla 4.9 Ponderación de alternativas respecto al criterio 5.	29
Tabla 4.10 Ponderación final de los criterios respecto a cada solución.	29
Tabla 4.11 Lista de componentes de la solución propuesta.....	31
Tabla 4.12 Especificaciones de la Pantalla Nextion NX4827T043.....	32
Tabla 4.13 Especificaciones del Arduino MEGA	33
Tabla 4.14 Especificaciones del módulo de carga BMS 2S.	34
Tabla 4.15 Especificaciones de la batería de Litio 18650	35
Tabla 4.16 Características del Parlante o Altavoz de 3W	36
Tabla 4.17 Características del reductor de voltaje.....	37
Tabla 4.18 Características del módulo DFPlayer Mini	38
Tabla 4.19 Lista de funcionalidad de cada página.....	44

Tabla 4.20 Configuración de cada componente(fragmento).	48
Tabla 4.21 Costo de todos los elementos del robot educativo.....	55

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La robótica tiene el potencial necesario para transformar las prácticas laborales, por lo que a medida que se aumenten las interacciones entre los robots y las personas su impacto será cada vez mayor. Constantemente, se presentan avances tecnológicos en los procesos de robotización, en los que las mayores preocupaciones vienen dadas por los altos índices de desempleo y de las obligaciones de los trabajadores frente a las posibles agresiones por parte de un robot [1].

La robótica podría generar beneficios no solo en el sector industrial; sino también en entornos educativos, con el enfoque de estimular a los niños a prestar una mayor atención. Es por ello que, aprender con robots desde una edad temprana podría ser productivo para el aprendizaje de los niños, cuando los docentes tiendan a enseñar contenidos escolares que relacionados con las matemáticas. La robótica no sólo mejora el aprendizaje mediante una mayor motivación y satisfacción, sino que, proporciona y desarrolla diferentes habilidades que los estudiantes necesitan ahora y en el futuro[2].

Un estudio de caso realizado en la Unidad Educativa Santa María de la Esperanza ubicada en la provincia de Azuay-Ecuador, demostró que una de las principales problemáticas que hoy en día sigue existiendo en el país, es el bajo rendimiento académico que tienen los estudiantes en edades tempranas en el área de matemáticas.

En el periodo lectivo 2018 – 2019, aplicaron una encuesta con el objetivo de determinar qué tan grave es el bajo rendimiento académico en las matemáticas. El estudio reportó que, de un total de 25 estudiantes de tercero de básica, el 30% dominaba los aprendizajes; el 20% alcanzaba; y el 50% estaba próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos[3].

En la Fig. 1.1 se muestran las gráficas resultantes a dos preguntas relacionadas con el aprendizaje de las matemáticas en niños de educación básica.

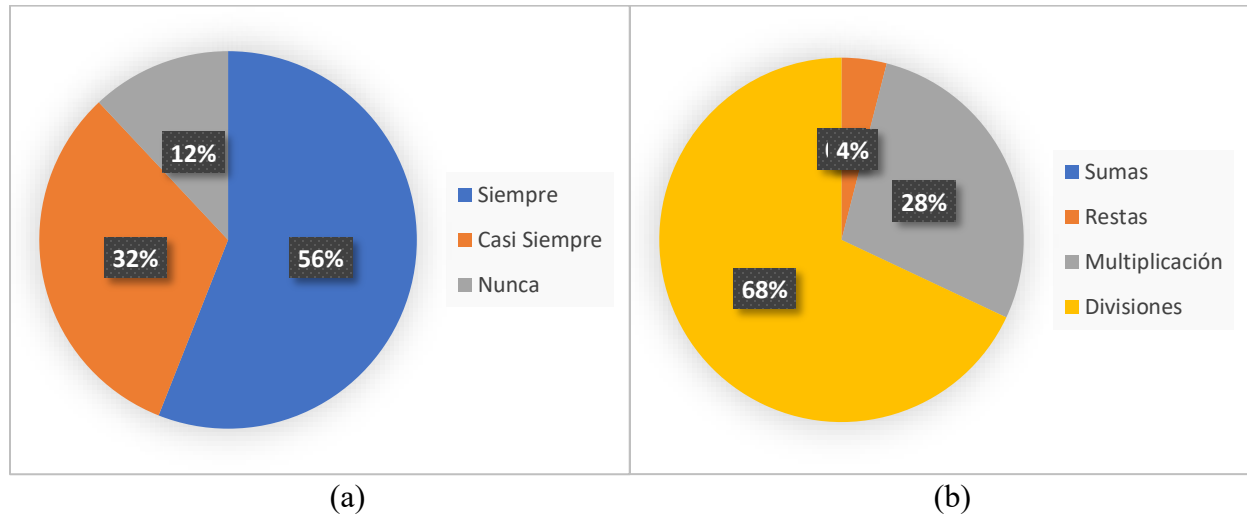


Fig. 1.1 Respuestas de la encuesta: (a) ¿Tiene complicaciones en el aprendizaje de las matemáticas?, (b) ¿Qué es lo que más se le dificulta en matemáticas? [3].

Las respuestas evidencian las dificultades que tienen los encuestados en operaciones básicas. Esto demuestra que existen carencias en el rendimiento académico, por ende, cada entorno educativo del país debería fomentar el desarrollo de actividades lúdicas, como lo es el uso de la robótica educativa que puede estimular procesos cognitivos que ayudarían a mejorar el nivel de aprendizaje escolar, evitando así, la pérdida de interés por parte de los niños al momento de estudiar [3].

Por otra parte, el problema relacionado con la deficiencia en el aprendizaje se le conoce como la discalculia, que es la dificultad que tiene un niño para comprender, aprender y realizar operaciones matemáticas basadas en números. A este problema se puede adicionar que, los niños que presentan esta dificultad en operaciones numéricas podrían llegar a perder el interés total en el área, lo que podría ocasionar conflictos durante toda su vida académica y por ende el estudiante no podría encaminarse a escoger una carrera universitaria que conlleve el estudio de las matemáticas [4].

Dado lo anterior, desde de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, propone el desarrollo de un robot educativo para niños de 5 a 9 años enfocado al aprendizaje de operaciones matemáticas básicas.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Desarrollar un robot educativo para la enseñanza de operaciones matemáticas básicas, dirigido a niños de 5 a 9 años en entornos escolares del Ecuador.

1.2.2 Específicos

- Evaluar el enfoque educativo matemático en el sistema ecuatoriano, los modelos mundiales en el campo de la robótica y los elementos para el desarrollo de un robot educativo.
- Diseñar un sistema robótico fácil de comprender para los niños, orientado al aprendizaje de operaciones básicas matemáticas.
- Implementar un lenguaje de programación intuitivo para los movimientos del robot educativo.
- Validar el robot educativo mediante pruebas piloto en entornos educativos.

1.3 Alcance y delimitación

Con la presente investigación se pretende diseñar un sistema robótico dirigido a la práctica de operaciones básicas matemáticas. El robot se construirá y se implementará un lenguaje de programación intuitivo y manejable por niños a partir de los 5 años. Finalmente, se llevarán a cabo las pruebas de funcionamiento del prototipo en un entorno escolar.

1.4 Justificación

El desarrollo de la presente investigación se fundamenta en los siguientes ámbitos:

En el aspecto económico, se pretende desarrollar un dispositivo económico a manera que las escuelas puedan contar con esta herramienta que ayudaría a mejorar la educación de los niños en el Ecuador. Además, las instituciones educativas podrían adoptar el uso de dispositivos o kits robóticos en sus programas curriculares, lo que aumentaría su demanda en el mercado.

En el aspecto social, con la realización de este tipo de dispositivos que ayudan a mejorar el nivel de aprendizaje, la robótica podría cambiar la naturaleza de trabajo de los docentes; ya que, al invertir en un robot educativo, estaríamos preparando a las futuras generaciones a afrontar el mercado laboral competitivo y tecnológico que existe actualmente y que con el pasar de los años seguiría evolucionando. Además, un robot revelaría las capacidades intelectuales que pueden llegar a tener los niños por querer aprender algo nuevo y que les llame la atención.

En el ámbito de la educación en el Ecuador, el implementar un robot educativo dentro de un entorno escolar, permitiría a los docentes obtener una mejora significativa en el área de cálculo, que podría ser aún más positivo que los métodos educativos tradicionales. Dentro del rango de edad de 5 a 9 años, los niños tienen mentes flexibles y se encuentran en la etapa de estimular su desarrollo cognitivo, por lo que un robot educativo podría ser una herramienta efectiva para que el aprendizaje que impliquen números.

CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

En el presente trabajo de integración curricular se realizó una investigación documental fundamentada en diez artículos científicos teóricos y de campo, cuya finalidad es la de comprender de mejor manera el tema de investigación planteado y a comprender la razón su estudio.

Se presentó en un estudio justificado, el potencial que puede tener la robótica educativa en la educación matemática. La estrategia que desarrollaron fue realizar una búsqueda por palabras clave en la base de datos ISI Web of Science, en donde pudieron encontrar tres criterios de inclusión sobre la utilización de robots. Al análisis que pudieron llegar con la ayuda de diversos artículos pedagógicos, dio como resultado que la robótica generalmente desempeña un papel positivo en la educación matemática, pero en algunos casos, el aprendizaje en matemáticas de los niños no mejora significativamente [5].

Por otra parte, se desarrolló una tesis que buscaba lograr la alineación instructiva en el contexto de la robótica educativa (véase la Fig. 2.1). Para ello, evaluó la viabilidad del diseño mediante 3 estudios piloto y se guardaron los resultados, en donde, todos los grupos completaron con éxito la actividad y la valoración general fue predominantemente positiva, dando como resultado que los participantes valoraron esta actividad como una forma lúdica y motivadora de descubrir el robot Thymio y su interfaz de programación VPL (Virtual Programming Lab) [6].



(a)

(b)

Fig. 2.2 (a) Interfaz de programación VPL, (b) Vista frontal del robot Thymio [6].

Adicionalmente, se conoce sobre el desarrollo de un robot con partes removibles como material didáctico, con la finalidad de facilitar el proceso de aprendizaje en conceptos de electrónica y programación en Arduino (véase la Fig. 2.2). Los softwares que utilizaron para la parte de diseño fueron AutoCAD y SolidEdge. Además, el elemento de control (Arduino), ayudaron a manipular eficazmente los sensores y actuadores que componen el robot. Los resultados de este estudio establecen la importancia de diseñar y construir materiales educativos que pueden ser idóneos para la enseñanza-aprendizaje de los niños [7].



Fig. 2.3 Robot sumo ensamblado [7].

En un artículo de investigación redactado, un robot educativo con un software de código abierto aumentaba el conocimiento técnico en la robótica (véase la Fig. 2.3). Por ello, hicieron que este robot con componentes electrónicos disponibles en el mercado sea de apoyo a estudiantes primerizos que quieran aprender sobre las limitaciones y el comportamiento del robot. Los resultados afirmaron que la utilización de un robot educativo aumenta el entusiasmo hacia el tema por aprender los principios básicos de la robótica [8].

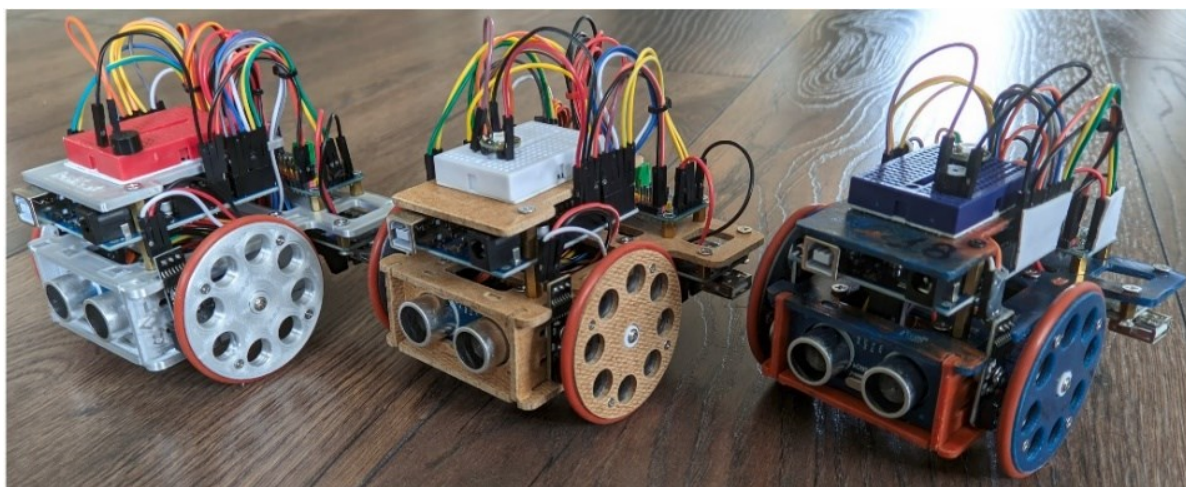


Fig. 2.4 ReFiBot con una carcasa elaborada de tres materiales distintos (aluminio, madera y plástico reciclado) [8].

Otra investigación sobre robots móviles de código abierto para el desarrollo de aplicaciones educativas y de investigación, desarrollaron una arquitectura móvil con un sistema de sensores que proporciona libre movimiento y navegación en cinemática inversa de circuito cerrado, reduciendo significativamente las vibraciones en el sistema y también reduciendo la magnitud de las aceleraciones [9].

Así mismo, un artículo examina el impacto de la integración de robots en cursos de matemáticas de docentes en los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Para los profesores sin experiencia en programación, una forma de promover la integración de la programación es utilizar un entorno de programación visual donde la programación se pueda realizar utilizando una variedad de

bloques gráficos. En conclusión, estos procesos de aprendizaje no están claros, pero dependen de la interacción entre profesores y estudiantes, por tanto, no pueden predecirse ni controlarse con anticipación [10].

De igual forma, de un artículo sobre el compromiso que tienen los niños en edades tempranas al interactuar con un robot social, dio como resultado que los niños muestran un mayor compromiso conductual con un docente que con instructor robótico. Para lo cual de 35 niños se determinó los dominios conductuales, emocionales y verbales al comunicarse con el robot [11].

Por otra parte, un artículo en relación con la introducción de la robótica en entornos educativos menciona la finalidad de ampliar las posibilidades pedagógicas en niños, para ello, el artículo baso sus resultados en dos casos de estudio realizados en escuelas primarias y secundarias. Dicho estudio les permitió identificar los temas más relevantes para repensar la pedagogía de la Robótica Educativa [12].

En cuanto a lo que respecta a la educación robótica en edades tempranas, un artículo señala que un robot mejora las habilidades de programación e inspira a los niños en futuras ambiciones profesionales. En este artículo se realizó la comparación de una intervención realizada en un entorno educativa para mejorar la comprensión de la robótica. Este estudio mejoró la percepción de los estudiantes sobre el diseño de un robot, además de mejorar las habilidades de programación en el contexto de la robótica [13].

Además del artículo anterior, en un artículo acerca de la integración robótica en la educación primaria, se indicó que debe existir un pre-test y el post-test al usar robots en el aula. Durante la prueba que evaluaron, un grupo de alumnos de segundo curso de primaria utilizó por primera vez diferentes recursos y materiales robóticos como Lego WeDo y Blue-Bot. Con este taller realizado

se llegó a un resultado final, donde el uso pedagógico de los robots y la formación de los profesores permiten la formación académica para afrontar los retos del futuro [14].

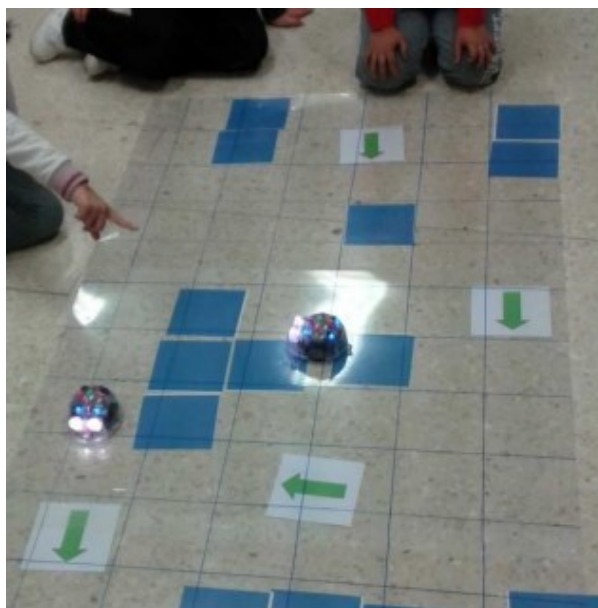


Fig. 2.1 Pruebas de funcionamiento con niños mediante Blue – Bot [14].

2.2 Bases Teóricas

En esta sección, se exhibe la pertinente revisión bibliográfica de artículos teóricos y científicos que va desde la composición que debe tener el robot, las respectivas características para su correcto funcionamiento, la programación a implementar y las técnicas de aprendizaje se van a aplicar.

2.2.1 Impacto de la robótica

La robótica ha evolucionado desde sus aplicaciones industriales hacia entornos educativos, convirtiéndose en una herramienta clave para el desarrollo de habilidades cognitivas y técnicas en estudiantes. Tal como se plantea en [15], su integración desde etapas tempranas fortalece competencias como la resolución de problemas, el pensamiento lógico y la creatividad. Esta tecnología permite vincular conceptos abstractos con aplicaciones concretas, facilitando el aprendizaje significativo.

Asimismo, el hablar de robótica hoy en día es la gran novedad dentro de nuestra sociedad y abarca los conceptos STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), cuyo objetivo es promover la integración de estas disciplinas mediante experiencias activas [16].

2.2.2 Técnicas de aprendizaje

Así mismo, se presentan las diferentes técnicas usadas por los docentes al momento de enseñar operaciones matemáticas básicas, dichas técnicas tienen la finalidad de que los estudiantes reaccionen con mayor facilidad a la resolución de problemas.

2.2.2.1 Técnicas de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas

Conforme pasan los años, las matemáticas han sido percibidas como la materia más complicada por los estudiantes en cursos superiores, lo que ha generado rechazo por lograr un aprendizaje significativo. Para ello se debe desarrollar estrategias de enseñanza desde edades tempranas y el lograr cambiar esas perspectivas negativas es un reto para todos los docentes [17].

La técnica de aprendizaje ocupada en las instituciones de cada país es dada por el Ministerio de Educación. A continuación, en 4 fases se presentan las etapas que siguen la mayoría de los docentes para mejorar la enseñanza en operaciones básicas.

Fase diagnóstica: Esta fase se encarga de conocer las dificultades que tienen los niños en el área matemática. Para ello, se puede emplear una actividad llamada “la cápsula del tiempo”, la cual consiste en que los alumnos escriban una carta a su “yo del futuro”, donde deban escribir las expectativas que le genera la asignatura en base a lo aprendido el año anterior [17].

Fase de planificación: A partir de los resultados arrojados por la fase diagnóstica, se diseñan secuencias didácticas que incluyen talleres, juegos y evaluaciones. Las primeras operaciones en instruirse deben ser la adición y sustracción, luego la multiplicación, y, por último, la división. Para

establecer estos contenidos durante un periodo lectivo, se debe crear unidades de aprendizaje, y a partir de las mismas elaborar planificaciones que previamente son descritas por el Ministerio de Educación [17].

Fase de implementación: Esta es la fase que más tiempo conlleva en realizarse, donde se deben ejecutar todas las actividades en base a la secuencia didáctica planificada; mismas que deberán llevarse a cabo por lo menos dos días a la semana.

Los talleres consisten en hacer juegos didácticos (véase la Fig. 2.5) que conlleven la retroalimentación de una operación en específico y permita consolidar dichos conocimientos. Algunos de estos juegos pueden ser: dominó a la americana, la tabla de multijugar, el operandi andante, rompecabezas de la división, entre otros [17].

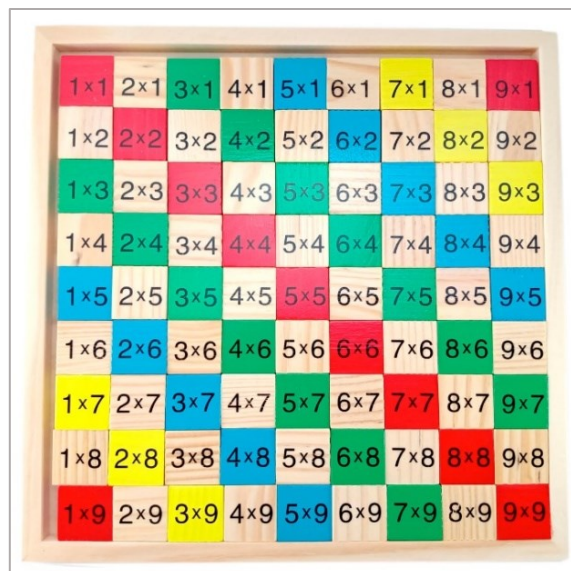


Fig. 2.5 Modelo de juego didáctico: tablero multijugar [17].

Fase de evaluación: En la última etapa se aplica una evaluación final a los estudiantes tomando en cuenta ejercicios similares a las actividades desarrolladas durante la fase de implementación.

Finalmente, el docente generará un informe de evaluación, en el cual se redacte las expectativas cumplidas y las deficiencias que tuvo cada niño durante el periodo académico [17].

Por otra parte, aunque no es muy bien visto, el uso de la tecnología también es un recurso que puede ayudar mejorar el nivel de aprendizaje de los estudiantes, al permitirles un enfoque práctico que aumentará su conocimiento en operaciones matemáticas básicas. Para que la técnica de aprendizaje sea efectiva es necesario que las instituciones educativas en el Ecuador apliquen los siguientes procesos:

- a) Crear y administrar encuestas tanto para docentes y estudiantes sobre la implementación de la tecnología en la malla curricular.
- b) Cree y administre una prueba previa y posterior sobre las operaciones básicas
- c) Incorporar la tecnología en evaluaciones de instrucción y talleres didácticos.
- d) Volver a enseñar las operaciones matemáticas usando computadoras, calculadoras y otros dispositivos tecnológicos [18].

Cada uno de estos puntos tienen como propósito mejorar las habilidades numéricas en el campo de las matemáticas, mas no que los estudiantes dependan de ella.

Y para poder cumplir estos procesos, cada institución educativa debe seguir un plan de investigación-acción como el presentado en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Plan de investigación-acción [18].

¿Cuándo?	Estrategias	¿Por qué?
Primer Mes	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar encuestas a estudiantes y docentes. • Administrar una prueba previa de operaciones matemáticas básicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar cómo perciben los estudiantes y docentes las habilidades matemáticas. • Determinar las habilidades matemáticas de los estudiantes.
Segundo, Tercer y Cuarto Mes	<ul style="list-style-type: none"> • Volver a enseñar operaciones matemáticas básicas • Incorporar dispositivos tecnológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para reforzar las habilidades en operaciones básicas. • Par permitir a los estudiantes la oportunidad de practicar las habilidades ya aprendidas
Quinto Mes	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar una prueba posterior a los estudiantes. • Administrar habilidades matemáticas básicas después de la prueba. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar cómo se perciben las habilidades después del plan de intervención. • Determinar el crecimiento en el desarrollo de operaciones básicas después de la intervención.

2.2.2.2 Técnicas de aprendizaje mediante la robótica

Las metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos se potencian con el uso de robots en el aula. Los estudiantes comprenden mejor los conceptos cuando construyen artefactos tangibles que representan sus ideas. La programación y manipulación de robots fomenta la autonomía, el razonamiento lógico y el aprendizaje reflexivo[19].

Además, los robots proporcionan retroalimentación inmediata, lo que contribuye al ajuste de estrategias cognitivas y a la autorregulación del aprendizaje. Estas características favorecen el desarrollo de competencias transversales en el estudiante[20].

2.2.3 Robótica educativa

La Robótica Educativa es un nuevo sistema de enseñanza que puede explotar las capacidades creativas de los niños hoy en día. Este método busca que los estudiantes puedan adaptarse a los procesos productivos de la actualidad, además de fomentar el trabajo colaborativo. La planificación de clases incorporando robótica la debería realizar un profesor perfectamente capacitado, con la finalidad de que el alumno pueda desarrollar una experiencia práctica y aplicada en programación, ingeniería y resolución de problemas[21].

La integración de STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en la malla educativa, busca abordar la creciente demanda de profesionales en campos relacionados con la tecnología, y fomentar el interés en estos robots en entornos educativos. Los robots STEM suelen utilizar entornos de programación amigables e intuitivos, asimismo la mayoría de los robots suelen estar diseñados de manera modular, lo que significa que los estudiantes pueden montar y desmontar los componentes permitiéndoles comprender de mejor manera su estructura y su funcionamiento interno. En conclusión, la robótica educativa puede ser un método de enseñanza efectiva que permitiría desarrollar habilidades STEM para estudiantes primerizos [22].

2.2.3.1 Características de un robot educativo



Un robot diseñado con fines pedagógicos debe presentar propiedades que aseguren su funcionalidad y seguridad en el entorno educativo. Estas características incluyen facilidad de ensamblaje y programación, interfaces intuitivas, compatibilidad con sensores y actuadores, diseño modular y adaptabilidad a la edad de los usuarios [23].

Estas condiciones favorecen su incorporación como una herramienta flexible dentro del currículo, posibilitando distintos niveles de complejidad según el nivel académico.

2.2.3.2 Robots educativos comerciales

Existen varios robots educativos en el mercado que se pueden utilizar para enseñar matemáticas y otras disciplinas STEM. A continuación, se presentan algunos ejemplos de los robots educativos comerciales más populares para la enseñanza de las matemáticas:

Tabla 2.2 Robots educativos comerciales

Nombre	Esquema	Descripción	Costo
<p>Cubetto</p>	 <p><i>Modelo del robot Cubetto[24]</i></p>	<p>Cubetto es un robot educativo que utiliza un lenguaje de programación táctil para niños pequeños mediante fichas. Usa un panel de control y bloques de codificación donde los niños pueden programar a Cubetto para que siga caminos específicos[24].</p>	<p>\$ 245, 06</p>
<p>Osmo - Coding Awbie</p>	 <p><i>Modelo del robot Osmo[25]</i></p>	<p>Osmo es un sistema de juego interactivo que utiliza realidad aumentada. Coding Awbie es un juego del ecosistema Osmo que enseña conceptos de programación y lógica que pueden mejorar indirectamente las habilidades matemáticas y de resolución de problemas[25].</p>	<p>\$72,90</p>

**Sphero
SPRK+**



*Modelo del robot Sphero
SPRK+[26]*

Sphero SPRK+ es un balón robótico programable que puede ser utilizado para enseñar conceptos de geometría y matemáticas mientras los estudiantes programan la esfera para realizar diversas acciones[26].

\$45,99

**Dash
(Wonder
Workshop)**



Modelo del robot Dash[27]

Dash es un robot educativo diseñado para enseñar programación y habilidades STEM. Utilizan una variedad de aplicaciones y accesorios para que los estudiantes pueden programar el robot con la finalidad de resolver problemas y realizar acciones específicas mientras aprenden matemáticas.[27].

\$179,99

**LEGO
Mindstorms**



*Modelo del robot LEGO
Mindstorms[28]*

Es una plataforma de robótica educativa que permite a los estudiantes construir y programar robots utilizando bloques LEGO y un software de programación visual. Se puede utilizar para enseñar matemáticas a través de proyectos y desafíos prácticos.[28].

\$435,09

**Cozmo
(Anki)**



*Modelo del robot
Cozmo[29]*

Cozmo es un robot interactivo que utiliza inteligencia artificial, aunque no está diseñado específicamente para enseñar matemáticas, se puede programar para realizar una variedad de actividades relacionadas con conceptos matemáticos, como contar, trazar patrones, entre otros[29].

\$39,99

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Modelo de la investigación

En el presente trabajo de integración curricular se emplea una investigación documental debido a que recopila y procesa información científica o técnica de diversos artículos, libros, trabajos de investigación, entre otros [30]. La investigación igualmente es de campo por lo cual se deben realizar encuestas dirigidas a un docente, además de realizar una experimentación confirmatoria con los niños de una institución educativa [31].

Por otra parte, la investigación también es de tipo descriptiva ya que recolecta la información mediante la observación, encuestas y experimentación. Dicha información debe ser verídica, estos resultados son de tipo cualitativo y cuantitativo, y ayudan a un análisis estadístico de datos [32].

Adicionalmente, la investigación del presente trabajo es aplicada ya que pretende validar la implementación del robot educativo, cumpliendo los objetivos específicos y dando solución al problema planteado. De igual manera se desarrolla una investigación experimental que se enfoca en la realización del robot educativo mediante la materialización de conocimientos derivados de la investigación aplicada previamente [33]

3.2 Diseño de la Investigación

Para desenvolver el presente trabajo de investigación fue indispensable el desarrollo de diferentes actividades organizadas en fases, con la finalidad de acatar los objetivos específicos planteados. Se optará un enfoque mixto tanto cuantitativo como cualitativo donde se evaluará el impacto del manejo del robot educativo en el aprendizaje de operaciones matemáticas básicas en niños de 5 a 9 años.

3.2.1. Fase 1: Identificación y evaluación de los parámetros.

Durante esta fase se investigan las técnicas de aprendizaje que normalmente utilizan los docentes para enseñar operaciones básicas, además de realizar una encuesta que determine las necesidades y características que debe cumplir el robot educativo para la enseñanza de operaciones matemáticas básicas.

Actividad 1.1: Investigación de antecedentes; el propósito de esta actividad es adquirir información de artículos de investigación sobre el desarrollo de robots educativos y su implementación en entornos educativos.

Actividad 1.2: Búsqueda de información sobre las técnicas de aprendizaje de los docentes; mediante esta actividad se realizó una búsqueda definida con la finalidad de conocer las técnicas de aprendizaje usadas por docentes para la enseñanza de operaciones matemáticas básicas.

Actividad 1.3: Evaluación de robots educativos comerciales; esta actividad permitió evaluar a los robots educativos existentes en el mercado, además de reconocer las diferentes características que pueden tener, así como el precio, tamaño y funcionamiento.

Actividad 1.4: Elaboración de una encuesta; el propósito de esta actividad es elaborar una encuesta dirigida a docentes especializados en la enseñanza en niños, acerca de los requerimientos y características que debe tener un robot educativo.

3.2.2. Fase 2: Diseño y construcción del sistema robótico.

Mediante En esta fase se procede a realizar el modelado 3D del prototipo del dispositivo cumpliendo una serie de requisitos y necesidades, que permitan la estimulación de los niños por aprender las operaciones matemáticas básicas. Se propone un diseño de robot que sea lo suficientemente accesible e intuitivo.

Actividad 2.1: Determinación de los requerimientos del robot educativo; esta actividad tiene el propósito de establecer cuáles son los parámetros necesarios para el desarrollo del robot educativo.

Actividad 2.2: Planteamiento de alternativas de solución; se plantea la viabilidad de dos posibles soluciones al problema propuesto en base a los requerimientos determinados, esto se hace con el propósito de que los niños puedan comprender el funcionamiento del sistema.

Actividad 2.3: Selección de la mejor solución; la mejor solución seleccionada se basó en las diferentes alternativas descritas anteriormente, con la finalidad de cumplir los requerimientos establecidos. Además, la mejor solución será la que sea más factible y ayudará a que los niños puedan comprender el funcionamiento del robot de manera intuitiva.

Actividad 2.4: Modelado 3D de la estructura del robot; determinado el bosquejo y sus requerimientos, se procedió a diseñar el modelo 3D en el software (SolidWorks) de cada una de las piezas que conformarán la estructura del robot educativo, además se realizó el levantamiento de planos donde se especifican las dimensiones del robot.

Actividad 2.5: Selección de materiales; durante esta actividad se realizó un listado de materiales que debe tener el robot. Para la parte electrónica, primeramente, se seleccionó el controlador adecuado para cumplir el propósito del robot.

Actividad 2.6: Construcción de la estructura del robot; se llevó a cabo la construcción de la carcasa del robot mediante impresión 3D. La estructura puede variar en base a los componentes electrónicos que implementemos en la siguiente fase.

3.2.3. Fase 3: Implementación de un lenguaje de programación y montaje.

En esta fase se procede con la adquisición de los elementos necesarios para la construcción y programación del robot, considerando la disponibilidad de los materiales dentro del mercado, los detalles técnicos de los componentes electrónicos y el costo de estos.

Actividad 3.1: Programación del controlador; durante esta actividad se buscó programar el controlador en base a las funcionalidades que deseábamos implementar en el robot. Además de seleccionar un lenguaje de programación que cumpliera con los parámetros de los componentes electrónicos.

Actividad 3.2: Pruebas de funcionamiento electrónico; en esta actividad se realizó pruebas de funcionamiento a cada uno de los componentes.

Actividad 3.3: Ensamble de componentes electrónicos; esta actividad consistió en ensamblar cada uno de los componentes de la parte mecánica con la parte electrónica del robot.

3.2.4. Fase 4: Validación del robot.

Finalmente, en esta fase se realizaron pruebas de funcionamiento en un entorno educativo, donde se determinó que el robot si cumple con el alcance propuesto. Así mismo, se corrigen errores que puedan presentarse y se ajustan diferentes parámetros que garanticen un buen funcionamiento.

Actividad 4.1: Pruebas de funcionamiento; el propósito de emplear esta actividad es dar a conocer el robot educativo dentro de un entorno escolar, para así poder evaluar su funcionalidad mediante pruebas piloto en niños de 5 a 9 años de edad.

Actividad 4.2: Corrección de errores en el funcionamiento; en esta actividad se solucionan los respectivos inconvenientes que se presentaron dentro del funcionamiento y se realizan los ajustes respectivos al robot.

Actividad 4.3: Presentación final; se procedió con la redacción del informe final del trabajo de integración curricular detallando todo el proceso, en dicho documento debe constar la firma de aprobación del tutor y asesor de haber completado el 100%.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo, se presentan los criterios, restricciones y alternativas de solución que va a tener el robot para dar una solución funcional al problema. Para ello, se plantea la solución más viable y factible para el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas en niños de 5 a 9 años. Además, se detallan cada uno de los elementos seleccionados para el prototipo del robot, antes de su adquisición y construcción. Finalmente, se describen los resultados obtenidos dentro de un entorno escolar.

4.1 Requerimientos del dispositivo a diseñar

A continuación, basado en una encuesta realizada a docentes implicados en la pedagogía en niños de edades tempranas, se determinan los requerimientos y características que debe tener el robot educativo. Además, se plantean las limitaciones a considerar para el diseño del dispositivo y las condiciones que se deben cumplir para el funcionamiento. Seguidamente, se presentan las especificaciones consideradas para el diseño del robot.

Adaptabilidad: El robot educativo debe realizar operaciones matemáticas básicas, como la suma, la resta y la multiplicación de manera interactiva e intuitiva. La división no formará parte del dispositivo, de acuerdo con las directrices del Ministerio de Educación para el rango de edad propuesto, que abarca un rango de edad de 5 a 9 años.

Costo: El robot debe tener un costo bajo y accesible, de manera que pueda integrarse como material didáctico dentro de instituciones educativas.

Material: El robot deber ser elaborado con materiales ligeros.

Peso: Debe tener un peso adecuado para que los niños lo puedan manipular y mover fácilmente.

Estética: El robot debe ser llamativo con colores atractivos a la vista de los niños.

Funcionalidad: El lenguaje de programación a usar debe ser intuitivo y simple para que los niños puedan entender el funcionamiento del robot.

Resistencia: El material debe ser resistente a posibles impactos dentro del entorno escolar.

Seguridad: Se debe garantizar la seguridad de los niños al momento de usar el robot educativo.

Mantenimiento: Se debe tener fácil acceso a los componentes electrónicos y debe ser desmontable en caso de sufrir alguna avería en la parte interna del robot.

4.2 Planteamiento de alternativas de solución

Partiendo de la problemática existente y poniendo en consideración las especificaciones descritas anteriormente para el diseño, se proponen dos alternativas de solución viables que cumplen las necesidades planteadas.

4.2.1 Primera alternativa de solución

Se trata de un robot pequeño, portable y con pantalla táctil para evitar el uso de botones físicos para el ingreso de datos (véase la Fig. 4.1) El funcionamiento se basa en la comunicación serial entre un Arduino Mega (3) y la pantalla Nextion (1). La estructura está conformada por un tren superior (2), un tren inferior (4), además de poseer una carcasa (6) para proteger y asegurar la pantalla. En el torso del robot (5) se ubican todos los componentes electrónicos necesarios de una manera ordenada. En la Fig. 4.1 se muestran los elementos necesarios en una vista explosionada para mi primera alternativa de solución.

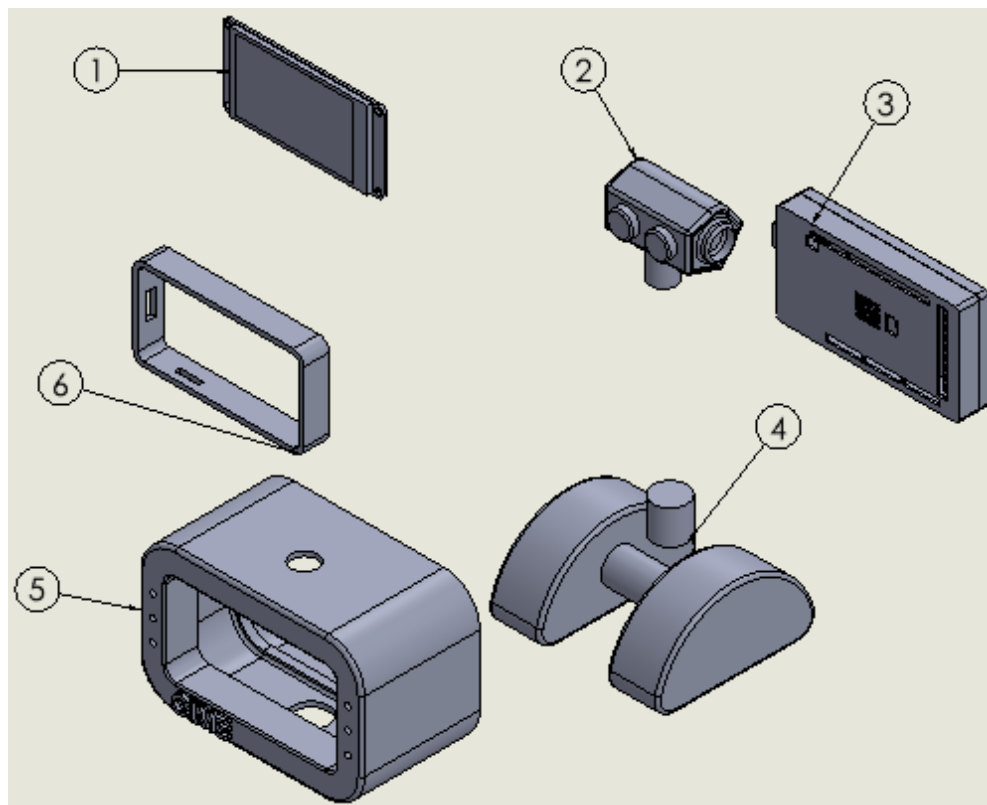


Fig. 4.1 Vista isométrica explosionada de la primera alternativa de solución.

En la Tabla 4.1 se detallan los elementos que componen la solución propuesta.

Tabla 4.1 Elementos que componen la primera alternativa de solución.

Número de elementos	Descripción	Cantidad
1	Pantalla Nextion HMI de 3.2" NX4024T032.	1
2	Parte superior del robot.	1
3	Microcontrolador Arduino UNO.	1
4	Parte inferior del robot.	1
5	Torso del robot.	1
6	Carcasa de protección para la pantalla	1

4.2.2 Segunda alternativa de solución

En este caso, el funcionamiento cambia y se usa el Arduino MEGA (3) y una pantalla Nextion (1) con un tamaño más grande con respecto a la anterior solución. La estructura sigue conformada por una parte superior (2) y una parte inferior (5). En el torso del robot (4) se ubicarán todos los componentes electrónicos necesarios de una manera ordenada. En la Fig. 4.2 se muestran los elementos necesarios de mi segunda alternativa de solución.

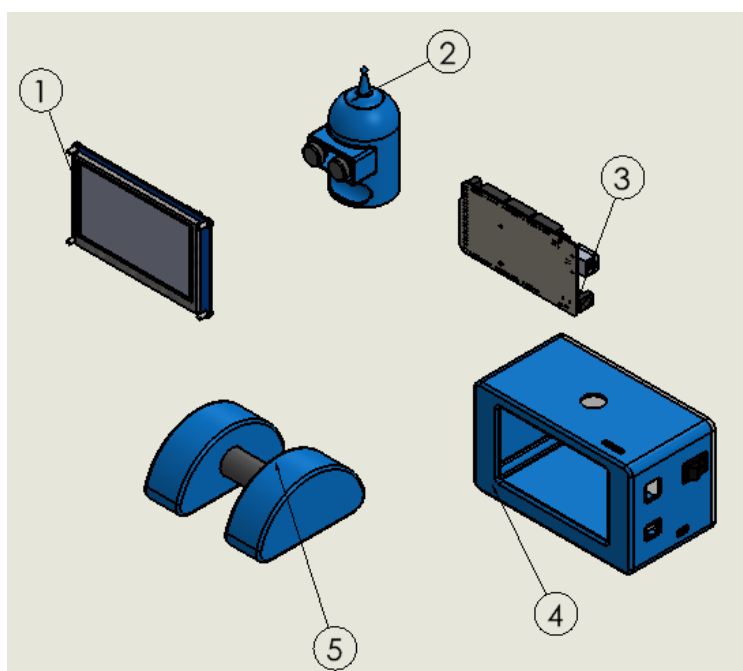


Fig. 4.2 Vista isométrica explosionada de la primera alternativa de solución.

En la Tabla 4.2 se detallan los elementos que componen la solución propuesta.

Tabla 4.2 Elementos que componen la segunda alternativa de solución.

Número de elementos	Descripción	Cantidad
1	Pantalla Nextion HMI de 4,3" NX4827T043.	1
2	Parte superior del robot.	1
3	Microcontrolador Arduino MEGA.	1

4	Parte inferior del robot.	1
5	Parte media del robot.	1

4.3 Selección de la mejor alternativa de solución

Con el objetivo de elegir la mejor opción de solución para el robot, se utiliza el método de ponderación de los criterios, para lo cual es imprescindible comenzar asignando la nomenclatura en base a los principales requerimientos (véase la Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Asignación de la nomenclatura a cada criterio a considerar.

Nomenclatura	Criterio
C1	Costo
C2	Seguridad
C3	Peso
C4	Estética
C5	Funcionalidad

4.3.1 Ponderación de criterios

Este método permite comparar varios criterios y establecer un orden de importancia para cada uno, para ello asignamos un valor entre 1 y 5; con el propósito de analizarlos de manera subsecuente (ver Tabla 4.4).

Tabla 4.4 Comparación de criterios con su ponderación.

C1	C2	C3	C4	C5	N.º de veces	Orden de Importancia	Ponderación de criterios
C1	C2	C1	C1	C5	2	3ero	3
C2		C2	C2	C2	4	1ero	5
C3			C3	C5	1	4to	2

C4	C5	0	5to	1
C5		3	2do	4

4.3.2 Ponderación de soluciones respecto a cada criterio

A continuación, se realiza un proceso con el objetivo de ponderar las dos alternativas de solución planteadas anteriormente e identificar la alternativa que mejor se ajuste a los criterios establecidos (ver Tabla 4.5 a la Tabla 4.9).

Tabla 4.5 Ponderación de alternativas respecto al criterio 1.

C1	S1	S2	N.º de veces	Orden de Importancia	de Ponderación
S1		S1	1	1ero	2
S2			0	2do	1

Tabla 4.6 Ponderación de alternativas respecto al criterio 2.

C2	S1	S2	N.º de veces	Orden de Importancia	de Ponderación
S1		S2	0	2do	1
S2			1	1ero	2

Tabla 4.7 Ponderación de alternativas respecto al criterio 3.

C3	S1	S2	N.º de veces	Orden de Importancia	de Ponderación
S1		S1	1	1ero	2
S2			0	2do	1

Tabla 4.8 Ponderación de alternativas respecto al criterio 4.

C4	S1	S2	N.º de veces	Orden de Importancia	de Ponderación
S1		S2	0	2do	1
S2			1	1ero	2

Tabla 4.9 Ponderación de alternativas respecto al criterio 5.

C5	S1	S2	N.º de veces	Orden de Importancia	de Ponderación
S1		S2	0	2do	1
S2			1	1ero	2

4.3.3 Ponderación final

Una vez ponderadas las alternativas de solución respecto a cada criterio, es posible analizar los pesos finales de cada uno. En la Tabla 4.10 es posible comparar ambas soluciones y definir cuál de las dos es la óptima para el desarrollo del robot educativo

Tabla 4.10 Ponderación final de los criterios respecto a cada solución.

Criterios	Solución 1		Solución2	
PCx	P1Cx	PCx * P1Cx	P2Cx	PCx * P2Cx
3	2	6	1	3
5	1	5	2	10
2	2	4	1	2
1	1	1	2	2
4	1	4	2	8
Sumatoria	20		25	

Ya con los resultados obtenidos, podemos concluir que la Alternativa 2 es más apropiada que la Alternativa 1 al obtener una ponderación mayor.

4.4 Especificaciones del sistema diseñado

A continuación, se presentan a detalle todos los componentes que integran la alternativa de solución propuesta para el diseño del robot educativo, orientado al aprendizaje de operaciones matemáticas básicas en niños de entre 5 y 9 años. La Fig. 4.3 ilustra los elementos que conforman el dispositivo, mientras que la Tabla 4.11 se enumeran y se detallan los componentes seleccionados para la solución. Los planos de parte y de conjunto se encuentran al final del documento en **ANEXO D**.

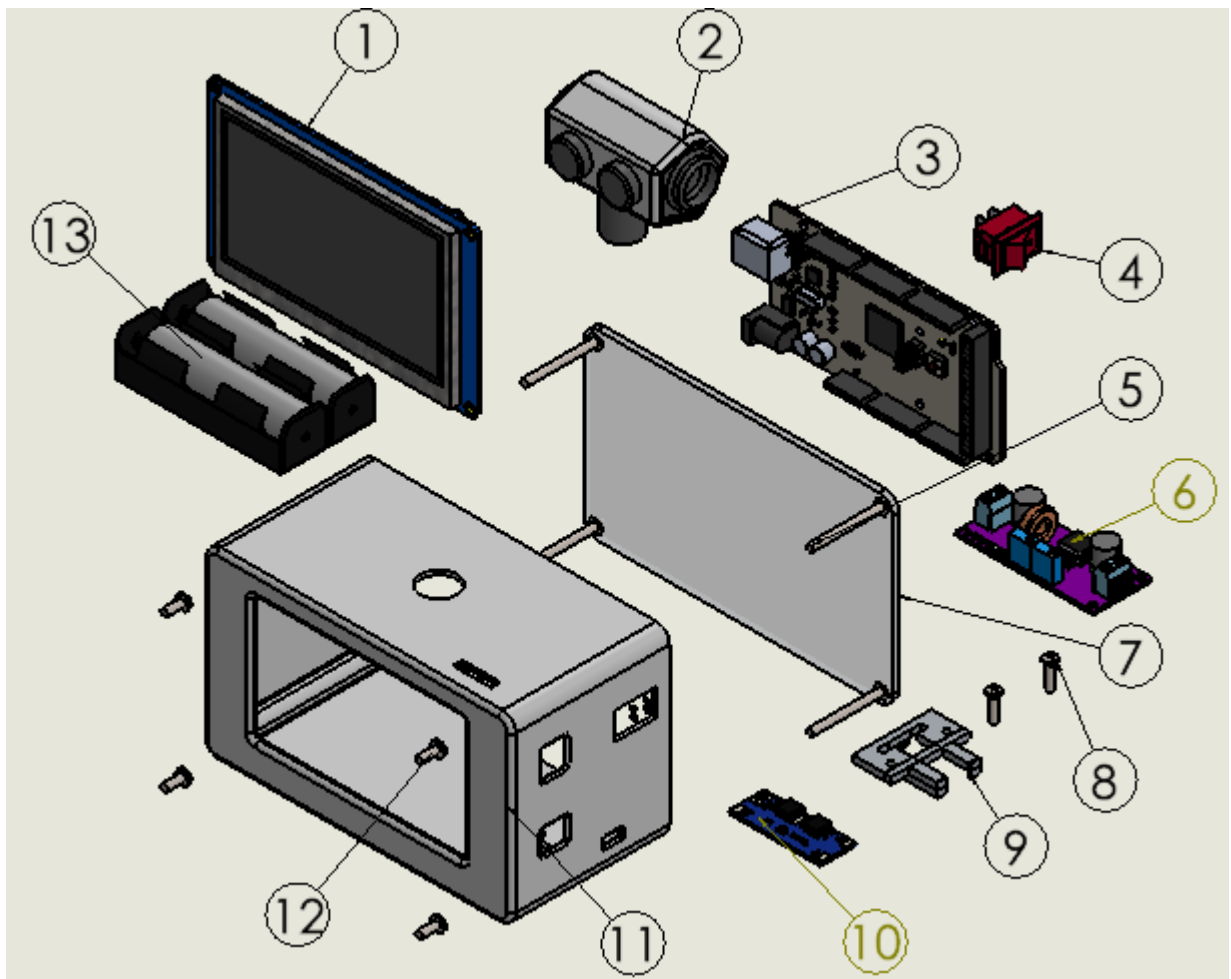


Fig. 4.3 Vista isométrica explosionada de la solución propuesta

Tabla 4.11 Lista de componentes de la solución propuesta.

Número	Descripción	Cantidad	Material
1	Pantalla Nextion HMI de 4,3" NX4827T043.	1	
2	Carcasa Superior del robot	1	PLA
3	Arduino Mega 2560 R3	1	
4	Mini Switch Interruptor On - Off	1	
5	Tornillos M4 de 30 mm de largo	4	
6	Módulo DC-DC Step-Down HCW-P715	1	
7	Tapa de la parte intermedia del robot	1	PLA
8	Tornillos M3 de 15 mm de largo	2	
9	Carcasa del módulo de carga	1	PLA
10	Módulo de carga BMS 2S	1	
11	Carcasa parte intermedia del robot	1	PLA
12	Tornillo M3 de 10 mm de largo	8	
13	Baterías de Litio 3,7 V – 1800mAh	2	

4.4.1 Pantalla Nextion NX4827T043

Las pantallas Nextion son una solución integral de interfaz hombre-máquina (HMI) que facilita la interacción entre una persona y un proceso, se destaca como una alternativa a las tradicionales pantallas LED y LCD [34]. A través del software *Nextion Editor* se diseñó y personalizó la interfaz funcional que tiene la pantalla para su funcionamiento (véase la Fig. 4.4). En la Tabla 4.12 se describen las características que tiene la pantalla Nextion NX4827T043.



Fig. 4.4 Pantalla Nextion NX4827T043 [34]

Tabla 4.12 Especificaciones de la Pantalla Nextion NX4827T043 [34]

Características	Descripción
Tamaño	4,3”
Resolución	480 x 272 pixel
Memoria RAM	3584 byte
Peso	93,8 g
Voltaje de operación	4,75 V – 7 V
Corriente de operación	250 mA
Corriente modo sleep	15 mA
Micro SD Card	8 a 32 GB (Formato FAT32)

4.4.2 Arduino MEGA 2560 - R3

El microcontrolador Arduino MEGA permite el control de todos los componentes electrónicos que integran el robot educativo. Esta placa será la encargada de procesar la información receptada por las instrucciones dadas por el niño al digitar sobre la pantalla, y posteriormente, plasmar dicha

información mediante acciones en la interfaz de la pantalla. En la Fig. 4.5 se observa una representación del controlador del robot y en la Tabla 4.13 se describen sus especificaciones.



Fig. 4.5 Representación del microcontrolador Arduino MEGA [35]

Tabla 4.13 Especificaciones del Arduino MEGA [35]

Especificaciones	Descripción detallada
Voltaje de operación	5 VDC
Voltaje de entrada	7 – 12 VDC
Pines de E/S digitales	54 (15 proporcionan salida PWM)
Pines de salidas analógicas	16
Corriente de DC por pin de E/S	40 mA
Dimensiones	101,52 mm x 53,3 mm
SRAM / EEPROM	8 KB / 256 KB
Velocidad	16 MHz

4.4.3 Módulo de carga y descarga BMS 2S

Este módulo de carga BMS HX-2S (Battery Management System) es perfecto para cargar dos baterías de litio en serie que es la fuente de alimentación para el robot educativo. Este módulo cuenta con protección contra cortocircuitos. La carga y descarga es compartida donde B+ se conecta al ánodo de la batería, B- se conecta al cátodo de la batería y BM se conecta en los puntos de unión de las baterías. En la Fig. 4.6 se observa una representación del módulo de carga del robot y en la Tabla 4.14 se describen sus especificaciones.

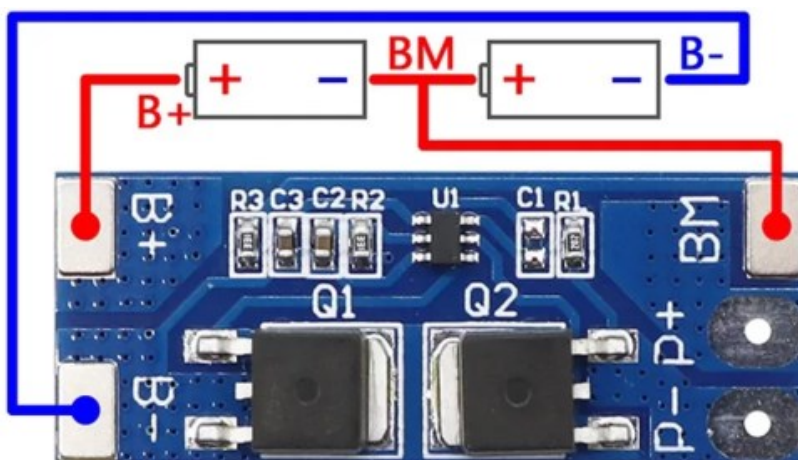


Fig. 4.6 Representación del módulo de carga BMS 2S y sus conexiones [36].

Tabla 4.14 Especificaciones del módulo de carga BMS 2S [36].

Especificaciones	Descripción detallada
Voltaje de carga	4,25 V – 4,35 V
Voltaje de descarga	2,5 V – 3,0 V
Corriente máxima de funcionamiento	8 A
Resistencia	Menos de 300 mOhms
Vida Útil	Más de 50000 horas

4.4.4 Batería de Litio 18650

Son los elementos que cumplen el papel de ser una fuente de la alimentación para nuestro sistema, haciendo que el robot sea portable. Las dos baterías (véase la Fig. 4.7) abastecen la corriente necesaria que requiere el microcontrolador y la pantalla táctil para su óptimo funcionamiento. En la Tabla 4.15 se detallan las características que tienen las baterías implementadas.



Fig. 4.7 Batería de Litio 18650 [37]

Tabla 4.15 Especificaciones de la batería de Litio 18650 [37]

Especificaciones	Detalles
Voltaje nominal	3,7 V
Capacidad normal	2000 mAh
Recargable	Si
Peso	50 g

4.4.5 Parlante

El parlante es de suma importancia y será el encargado de reproducir sonidos e instrucciones para que el minijuego de las operaciones matemáticas básicas llegue a ser dinámico con los niños. El generar sonidos al realizar ciertas acciones, permiten estimular a los niños al momento de realizar los ejercicios de forma correcta y el que también puedan saber cuándo el resultado es incorrecto. El parlante a usar se puede ver en la Fig. 4.8 y sus características en la Tabla 4.16 :



Fig. 4.8 Parlante del sistema 3W[38]

Tabla 4.16 Características del Parlante o Altavoz de 3W [38]

Especificaciones	Detalles
Salida de potencia	3W
Impedancia	4 ohm
Tamaño	1”

4.4.6 Módulo Convertidor HCW-P715

Este módulo es el encargado de convertir o reducir el voltaje DC de entrada de las baterías y proporcionar un voltaje DC estable de 5V, este módulo fue diseñado para proporcionar una salida de bajo voltaje estable con alta corriente, siendo ideal para alimentar los componentes electrónicos. En la Fig. 4.9 se observa una representación del módulo de carga del robot y en la Tabla 4.17 se describen sus especificaciones.



Fig. 4.10 Representación gráfica del módulo reductor de voltaje[39].

Tabla 4.18 Características del reductor de voltaje[39].

Especificaciones	Detalles
Voltaje de entrada DC	9 V – 36 V
Voltaje de salida DC	5 V
Corriente de salida para 9V	5 A – 30 W

4.4.7 Módulo DFPlayer Mini

Este módulo es una pequeña placa que actúa como un mini reproductor de audios en formato .mp3, cuenta con un amplificador integrado con una salida simplificada directamente al altavoz. Su funcionamiento se basa en una comunicación serial (TX, RX) con el Arduino Mega en este caso.

A continuación en la Fig. 4.11 se encuentran los pines del módulo y en la Tabla 4.19 se muestran sus características para un correcto funcionamiento[40].

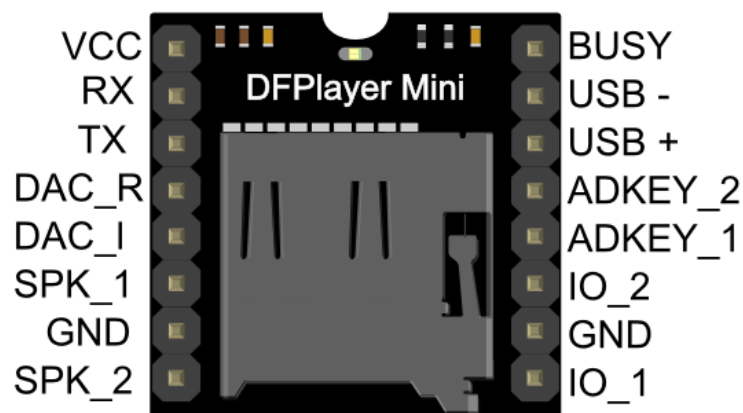


Fig. 4.11 PINOUT del módulo DFPlayer Mini [40]

Tabla 4.20 Características del módulo DFPlayer Mini

Especificaciones	Detalles
Voltaje de funcionamiento	3,2 – 5 V
Salida DAC	24 bits – rango de 90dB
Formato archivos	.mp3
Micro SD Card	8 – 32 GB
Compatibilidad	Archivos FAT16 y FAT32

4.5 Esquema electrónico del robot

Con la lista de componentes electrónicos del sistema, se procede a realizar el diagrama de conexiones que tiene el robot educativo para que funcione de manera óptima.

En la Fig. 4.12 se muestra el esquema de conexiones y en la Fig. 4.13 se muestra el diagrama esquemático que tiene el robot educativo, es importante recalcar que el robot tiene autoalimentación lo que permite que el sistema sea portable.

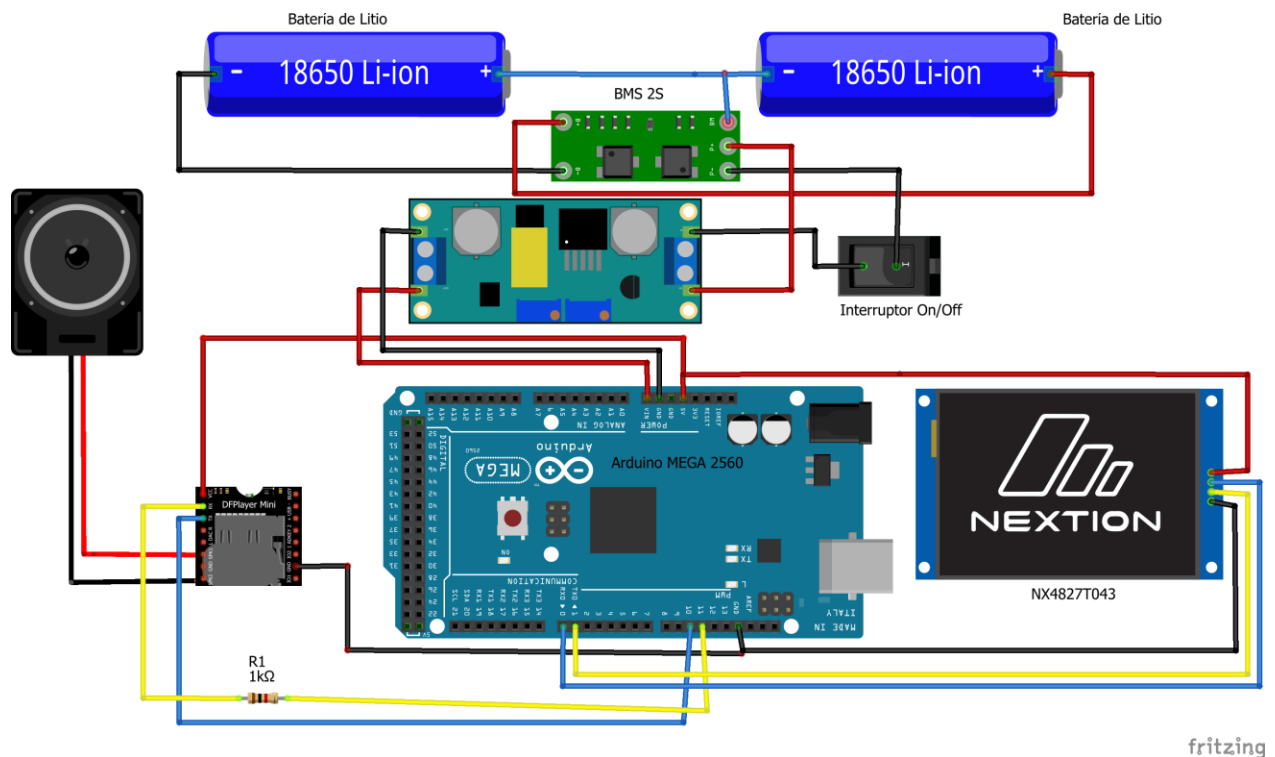


Fig. 4.14 Esquema de conexiones del robot educativo.

4.6 Consumo de componentes electrónicos

Antes de empezar a construir y ensamblar el robot, es importante conocer el consumo y la duración que tienen las baterías cuando el robot educativo se encuentra en funcionamiento. Considerando las especificaciones del fabricante, obtenemos los siguientes datos:

- Pantalla Nextion 4,3” con una corriente de operación aproximada de **250 mA**.
- Arduino Mega con una corriente de operación aproximada de **120 mA**.
- DFPlayer Mini cuando se activa tiene una corriente de operación aproximada de **150 mA**.

El consumo total estimado de nuestro robot educativo es:

$$\text{consumoTotal} \approx 250 \text{ mA} + 120 \text{ mA} + 150 \text{ mA}$$

$$\text{consumoTotal} \approx \mathbf{520 \text{ mA}}$$

El robot educativo posee dos baterías de litio de 2000 mAh cada una, están conectadas en serie, lo que significa que el voltaje se duplica(7,4V), pero la capacidad en mAh se mantiene en los 2000mAh. A continuación, se muestra el tiempo de duración estimada de las baterías.

$$\text{tiempoDuración} \approx \frac{2000 \text{ mAh}}{520 \text{ mA}}$$

$$\text{tiempoDuración} \approx \mathbf{3,85 \text{ horas}}$$

En base al resultado obtenido, se concluye que las baterías al estar completamente cargadas deben durar aproximadamente 3,85 horas antes de agotarse, dependiendo del uso del robot.

4.7 Programación del robot

La programación es la parte fundamental del robot educativo para su funcionamiento, para ello es necesario usar las librerías adecuadas y poseer una estructura ordenada dentro del código.

4.7.1 Diagrama de flujo

El elaborar un diagrama de flujo antes de comenzar con la programación, permite tener una visión más clara del programa a desarrollar. En la Fig. 4.16 se encuentra a detalle cada acción que tiene nuestro programa en un diagrama de flujo.

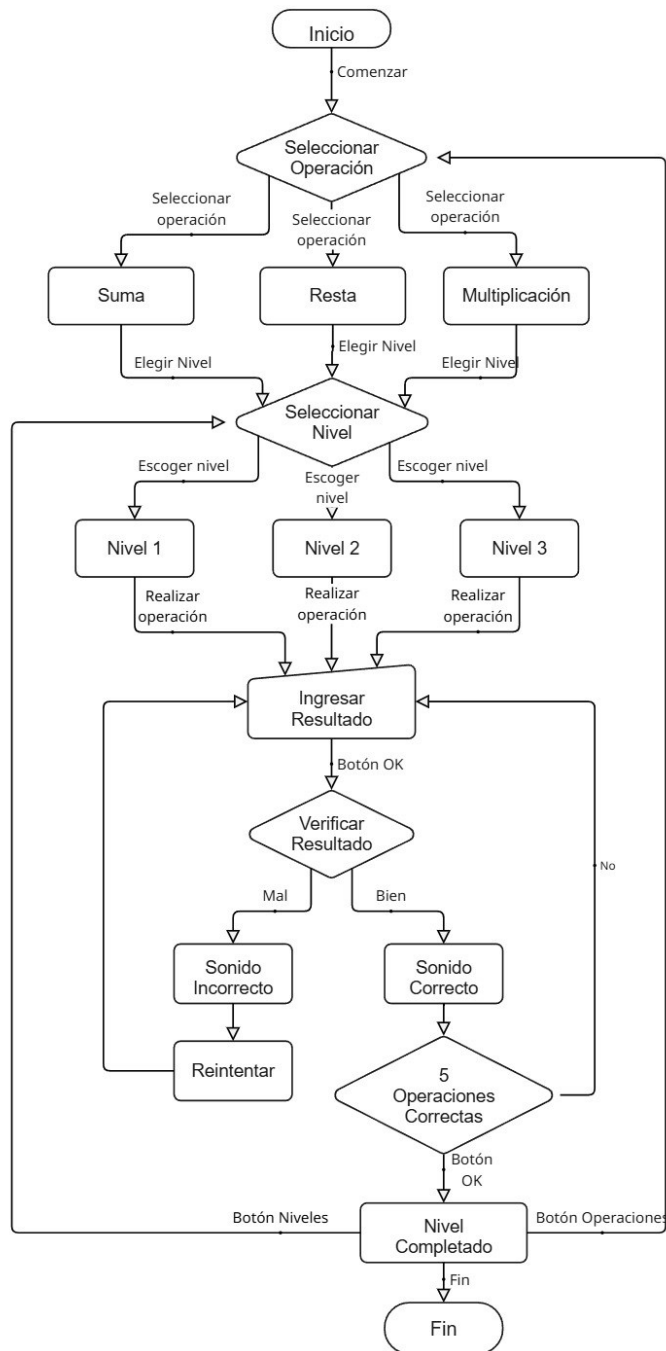


Fig. 4.17 Diagrama de Flujo del funcionamiento del robot educativo

4.7.2 Programación en Nextion Editor

Dentro del software Nextion Editor se crearon diversas paginas interactivas que corresponden a los distintos niveles del juego de las operaciones matemáticas básicas. Se utilizaron elementos visuales como botones y campos de texto actualizables. Cada componente fue programado para transmitir información al Arduino Mega a través de comandos por comunicación serial. La interfaz fue optimizada para ofrecer una experiencia intuitiva y ágil, adecuada para el uso infantil. A continuación se presenta el cómo se configuró la interfaz orientada al aprendizaje de operaciones matemáticas básicas en niños de 5 a 9 años.

4.7.2.1 Estructura de Páginas

En el proyecto se utilizaron 10 páginas para la interfaz del robot educativo, organizadas por función y operación matemática. En la Fig. 4.18 se observan las páginas utilizadas en la interfaz de Nextion Editor y en la Tabla 4.21 se observa el ID, el nombre y la funcionalidad que tuvo cada página dentro de la interfaz.

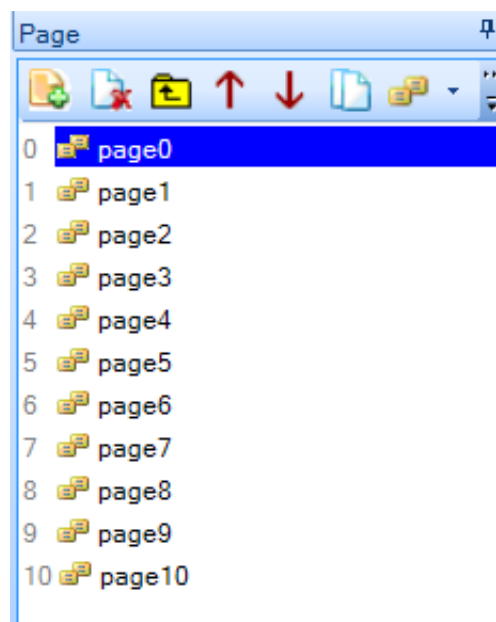


Fig. 4.19 Páginas de la interfaz del robot educativo.

Tabla 4.22 Lista de funcionalidad de cada página.

ID Página	Nombre página	Función Principal
0	page0	Pantalla de bienvenida
1	page1	Selección de operaciones matemáticas
2	page2	Selección de nivel para suma
3	page3	Ejercicios de suma
4	page4	Pantalla de nivel completado (suma)
5	page5	Selección de nivel para resta
6	page6	Ejercicios de resta
7	page7	Pantalla de nivel completado (resta)
8	page8	Selección de nivel para multiplicación
9	page9	Ejercicios de multiplicación
10	page10	Pantalla de nivel completado (multiplicación)

En la Fig. 4.20 se observa la interfaz de inicio del minijuego de las operaciones matemáticas básicas realizada en Nextion Editor.



Fig. 4.21 Interfaz de inicio / page0

En la Fig. 4.22 se observa la interfaz de selección de operaciones matemáticas básicas (suma, resta y multiplicación).

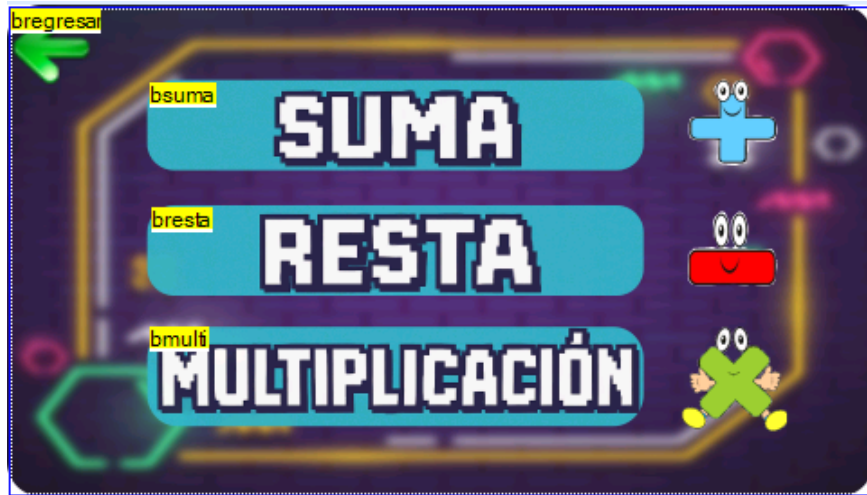


Fig. 4.23 Interfaz de selección operación / page1

En la Fig. 4.24 se observa la interfaz de selección de niveles de la suma. Se creó una página de selección para cada operación (page2 – page5 – page8).



Fig. 4.25 Interfaz de selección de nivel / page2.

En la Fig. 4.26 se observa la interfaz para la resolución de forma vertical de la operación suma. Utiliza atributos tipo texto que son: tsumando1, tsumando2, tsumatotal.



Fig. 4.27 Interfaz de la operación suma / page3

En la Fig. 4.28 se observa la interfaz para la resolución de forma vertical de la operación resta.

Utiliza atributos tipo texto que son: tminuendo, tsustraendo, tdiferencia.



Fig. 4.29 Interfaz de la operación resta / page6

En la Fig. 4.30 se observa la interfaz para la resolución de forma vertical de la operación multiplicación. Utiliza atributos tipo texto que son: tmultiplicando, tmultiplicador, tproducto.



Fig. 4.31 Interfaz de la operación multiplicación / page9

En la Fig. 4.32 se observa la interfaz de nivel completado de la suma. Se creó una página de nivel completado para cada operación (page4 – page7 – page10).



Fig. 4.33 Interfaz de nivel completado suma / page4

4.7.2.2 Configuración de Componentes

Cada página de la interfaz contiene botones (Button) y campos de texto (Text). Cada componente tiene los siguientes atributos para su funcionamiento y comunicación con el Arduino:

- **ID de Página:** Identificador de la página donde se encuentra el componente.
- **ID de Componente:** Identificador único del componente dentro de la página.

- **objname:** Nombre asignado al componente para su identificación dentro del código.
- **vscope:** Puede ser de tipo local o global. El componente debe estar en alcance global para poder comunicarse con el controlador.

A continuación en la Tabla 4.23, se presenta una parte como ejemplo de los datos que se debe tomar en cuenta de cada componente, para luego poder programar ordenadamente en el entorno de Arduino IDE.

Tabla 4.24 Configuración de cada componente(fragmento).

ID Página	ID Componente	objname	Tipo	vscope
1	1	bsuma	Button	local
1	2	bresta	Button	local
1	3	bmulti	Button	local
2	2	bnivel1sum	Button	global
2	3	bnivel2sum	Button	global
2	4	bnivel3sum	Button	global
3	3	b0	Button	global
3	11	b9	Button	global
3	12	bborrar	Button	global
3	13	tsumando1	Text	global
3	14	tsumando2	Text	global
3	15	tsumatotal	Text	global
3	16	bOK	Button	global

4.7.2.3 Componentes Globales y Comunicación

La interacción con el Arduino MEGA 2560 es a través del puerto serial 2 (Serial2), para ello algunos componentes de la interfaz deben configurarse como **global**. Estos componentes son:

- **Botones numéricos:** b0 a b9, bborrar, bOK.
- **Campos de texto:** tsumando1, tsumando2, tsumatotal, tminuendo, tsustraendo, tdiferencia, tmultiplicando, tmultiplicador, tproducto.

Es primordial esta función para que el microcontrolador pueda leer y modificar los datos ingresados por el niño mediante comandos (véase la Fig. 4.34) en Arduino IDE como:

```
96 tsumando1.setText(String(a).c_str());
97 tsumando2.setText(String(b).c_str());
98 tsumtotal.setText("");
```

Fig. 4.35 Comandos para la comunicación con la pantalla

4.7.3 Código de Programación Arduino

El programa funcional del robot educativo se elaboró en el entorno Arduino IDE, donde se implementaron funciones y condicionantes para cada operación matemática. El Arduino interpreta las interacciones realizadas dentro de la pantalla permitiendo validar las respuestas de cada operación y activar los sonidos correspondientes mediante el módulo DFPlayer.

4.7.3.1 Inclusión de Librerías

En la Fig. 4.36 se puede observar las librerías que se implementaron dentro del código:

```
1 #include <Nextion.h>
2 #include <DFMiniMp3.h>
3 #include <SoftwareSerial.h>
```

Fig. 4.37 Librerías añadidas en Arduino IDE.

Se incluyeron tres librerías esenciales que nos permitieron el control de objetos:

- **Nextion.h:** Permite el control de variables u objetos definidos en la pantalla Nextion.
- **DFMiniMp3.h:** Permite el control del módulo de audio DFPlayer Mini.
- **SoftwareSerial.h:** Habilita una segunda comunicación serial en Arduino Mega.

4.7.3.2 Comunicación Serial

Se define **Serial2** como los pines de comunicación serial con la pantalla Nextion. En el módulo DFPlayer se conecta a los pines 10 y 11; es importante conocer que los archivos de audio en Nextion deben tener un formato como **(0001.mp3)** para que el Arduino pueda comunicarse con el módulo. En la Fig. 4.38 se muestra el cómo se definieron los puertos seriales de forma correcta:

```
5 #define nexSerial Serial2
6
7 SoftwareSerial dfSerial(10, 11); // RX, TX para DFPlayer Mini
8 DFMiniMp3<SoftwareSerial> mp3(dfSerial);
```

Fig. 4.39 Comunicación serial de la pantalla y el DFPlayer Mini

4.7.3.3 Declaración de Objetos de Nextion

La lista de componentes mostrados anteriormente en la Tabla 4.25, fueron declarados como tipo objetos en Arduino IDE, para poder interactuar con la interfaz gráfica de Nextion. En la Fig. 4.40 se muestra el patrón de uso para la declaración de objetos de cada componente.

```
20 NexButton bnivel2sum = NexButton(2, 3, "bnivel2sum");
```

Fig. 4.41 Declaración como objetos a los componentes de Nextion en Arduino IDE

Los parámetros utilizados fueron:

- ID de página: **2**
- ID de componente: **3**

- objname: “bnivel2sum”

Es necesario utilizar los mismos parámetros tal y como se definieron en Nextion Editor. Este patrón (véase Fig. 4.42) se repite para los botones como **NexButton** y para los textos como **NexText**.

4.7.3.4 Funciones en Arduino IDE

Las funciones para la generación de las operaciones como: **generarOperaciónSuma()**, **generarOperaciónResta()** y **generarOperaciónMultiplicación()**; son las responsables de generar dos números aleatorios adecuados al nivel de dificultad seleccionado. Esta función nos aseguró que los operandos de cada operación se adapten al nivel de cada niño según el rango de edad declarado por el Ministerio de Educación. A continuación, en la Fig. 4.43 se muestra parte del código de la función suma y el código completo se encontrará en el **ANEXO A**.

```
48 void generarOperacionSuma() {
49     int a = 0, b = 0;
50
51     switch (nivelActual) {
52     case 1:
53         a = random(1, 10);
54         b = random(1, 10);
55         break;
56
57     case 2: {
58         int u1, u2, d1, d2;
59         do {
60             u1 = random(0, 10);
61             u2 = random(0, 10);
62         } while (u1 + u2 >= 10);
63
64         do {
65             d1 = random(1, 10);
66             d2 = random(1, 10);
67         } while (d1 + d2 >= 10);
68
69         a = d1 * 10 + u1;
70         b = d2 * 10 + u2;
71         break;
72     }
```

Fig. 4.44 Función Suma en Arduino IDE.

4.8 Construcción y ensamblaje

El desarrollo de la carcasa del robot educativo se realizó mediante la técnica de Impresión 3D y se basó en los requerimientos planteados, luego se montaron los componentes electrónicos a la carcasa del robot de manera ordenada.

A. Diseño y Fabricación de la carcasa del robot

La carcasa del robot se diseñó en un software de diseño y guardado en formato .STL para la impresión de este. En el Software Ultimaker Cura se ajustaron todos los parámetros necesarios (véase Fig. 4.45) para una correcta impresión de la carcasa. El modelo de la carcasa fue orientado de manera horizontal mejorando la estabilidad durante la impresión y reduciendo el uso de soportes en la cama de impresión. En la Fig. 4.46 se muestra el entorno del software de impresión 3D.

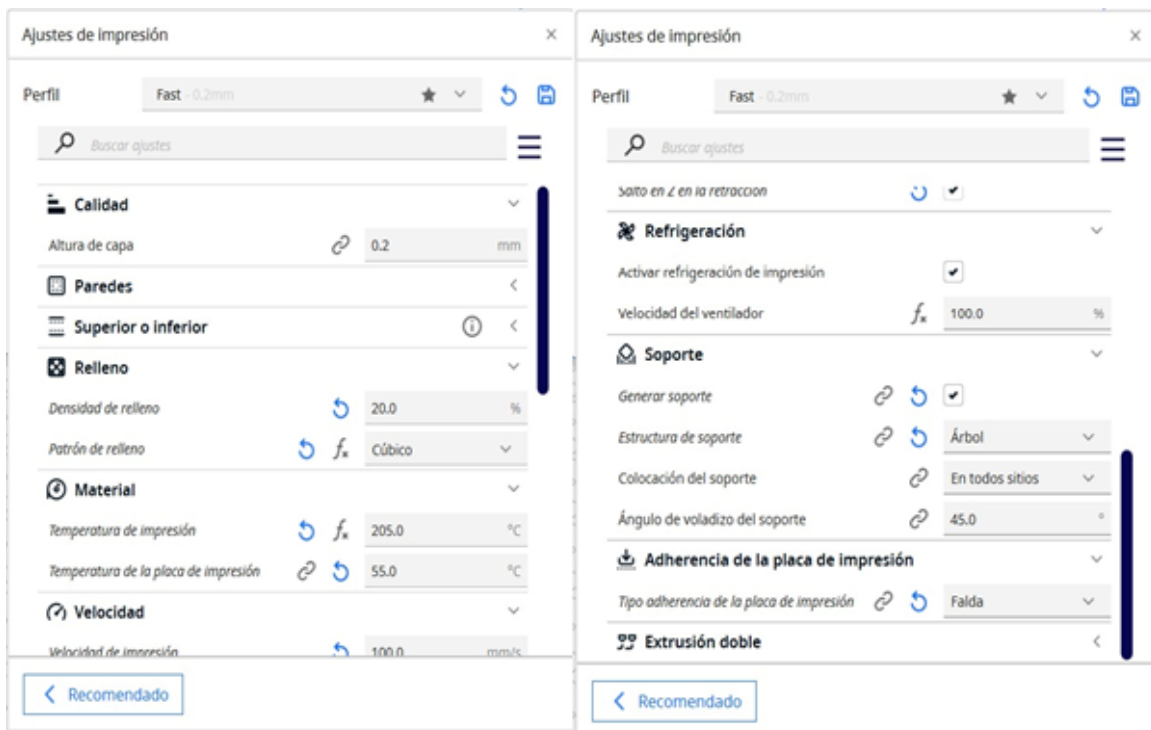


Fig. 4.47 Ajustes de impresión de la carcasa del robot educativo.

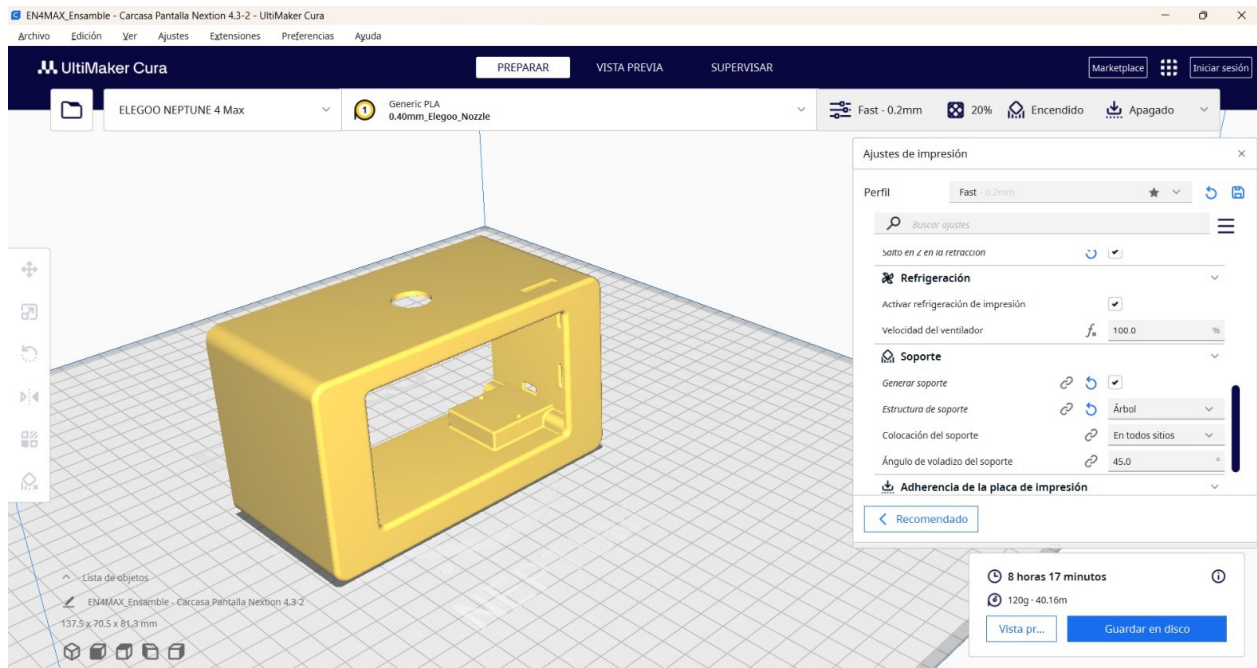


Fig. 4.48 Entorno de ajustes de impresión 3D de la carcasa del robot.

B. Ensamblaje de Componentes Electrónicos

Finalizada la impresión 3D de toda la carcasa del robot educativo se procedió al montaje de todos los componentes electrónicos como se muestra en la Fig. 4.49. El cableado (véase Fig. 4.50), se organizó cuidadosamente para evitar interferencias con la pantalla y se fijaron a la base de la carcasa mediante tornillos y adhesivos.



Fig. 4.51 Montaje componentes electrónicos a la carcasa del robot.

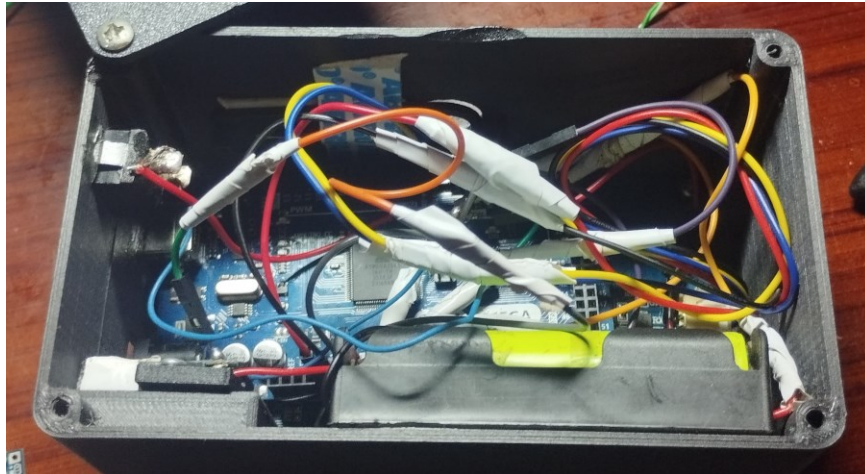


Fig. 4.52 Cableado del robot educativo.

Este diseño permitió un fácil acceso a los componentes internos del robot educativo para futuros mantenimientos. Se utilizó una fuente de alimentación externa para energizar todo el robot educativo y garantizar su funcionamiento autónomo y seguro.

En la Fig. 4.53 se presenta el diseño final del robot educativo ya terminado.



Fig. 4.54 Robot Educativo Final

4.9 Costo de implementación del robot educativo

Culminado el ensamblaje del robot educativo, se realiza un análisis de costos totales para su posible implementación en el mercado. En la Tabla 4.26 se realiza una recopilación de todos los elementos usados en la construcción del robot, cada uno con su respectivo precio en dólares americanos.

Tabla 4.26 Costo de todos los elementos del robot educativo.

Elemento	Cantidad	Precio Unidad	Total
	(Unidad)	(USD)	(USD)
Arduino MEGA	1	30	30
Pantalla NX4827T043	1	70	80
Módulo Reductor DC	1	5	5
Baterías de Litio 18650	2	3,50	7
Porta baterías	2	1	2
Módulo BMS 2S	1	2	2
Módulo DFPlayer MP3	1	3,50	3,50
Parlante 3W	1	2	2
Interruptor ON/OFF	1	0,50	0,50
Impresión 3D	Costo de impresión	30	30
Estaño	1	4	4
Pasta Térmica	1	3	3
Cables	2 m	1	2
Micro SD 32GB	1	10	12
	Total		178

4.10 Pruebas de Funcionamiento

Antes de realizar las pruebas de funcionamiento se capacitó tanto a niños como a docentes con un manual de usuario del robot educativo, con la finalidad de garantizar un óptimo funcionamiento por parte del usuario. El manual de usuario se encuentra en el **ANEXO B**.

Para validar el funcionamiento del robot educativo, se realizaron pruebas funcionales en un entorno educativo controlado, con niños dentro del grupo de edad objetivo. En las (Fig. 4.55 - Fig. 4.56), se observan a los niños haciendo uso del dispositivo.



Fig. 4.57 Niño de 5 años de edad haciendo uso del dispositivo.



Fig. 4.58 Niño de 6 años de edad haciendo uso del dispositivo.

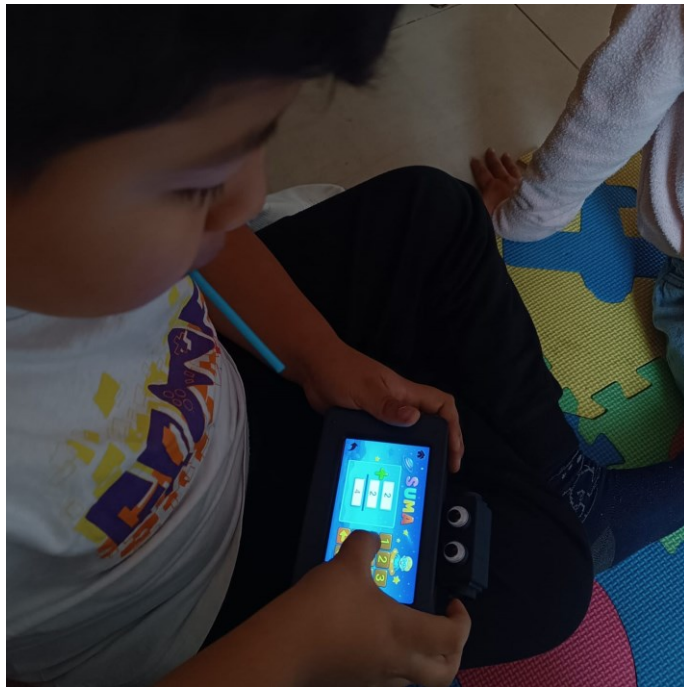


Fig. 4.59 Niño de 7 años de edad haciendo uso del dispositivo.



Fig. 4.60 Niña de 8 años de edad haciendo uso del dispositivo.



Fig. 4.61 Niña de 9 años de edad haciendo uso del dispositivo.

Durante las pruebas, se observaron aspectos clave como la estabilidad del sistema, el tiempo de respuesta frente a los toques sobre la pantalla y la precisión en la ejecución de acciones programadas (validación de respuestas y cambios de página). Los sonidos integrados al robot estimulan el sentido auditivo de los niños y ayudan a mejorar el manejo intuitivo del robot.

Además, se evaluó el sistema con un grupo de niños cuyas edades coincidían con el objetivo del proyecto educativo.

Las evaluaciones se realizaron con la finalidad de analizar el tiempo de respuesta y mejora que tuvieron los niños al momento de utilizar el dispositivo.

4.11 Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos confirman que el prototipo cumple con los requerimientos funcionales establecidos, mostrando un comportamiento confiable, tiempos de respuesta adecuados y facilidad de uso intuitivo para los niños.

Para la obtención de resultados del robot, tuve la evaluación de una licenciada del “Centro Integra”, que posee la capacitación y experiencia necesaria en la enseñanza con niños de edades tempranas.

En la Fig. 4.62 se observa a la licenciada guiando y evaluando el desarrollo cognitivo de los niños al momento de usar el dispositivo y realizar las operaciones matemáticas básicas.



Fig. 4.63 Licenciada evaluando al niño.

La rúbrica de evaluación se realizó a 5 niños, uno de cada edad del objetivo propuesto (5 a 9 años). En la Fig. 4.64 se encuentra hoja de evaluación que se utilizó para evaluar a cada niño, dicha rúbrica consta de 5 criterios con una ponderación del 1 al 5; siendo el 5 la ponderación más alta en cada criterio.

El puntaje total obtenido se evaluó sobre 35 puntos para cada niño con un docente a cargo. El niño de 5 años tuvo un puntaje de 31 puntos, el niño de 6 años obtuvo 33 puntos, el niño de 7 años obtuvo 33 puntos, el niño de 8 años obtuvo 31 puntos y el niño de 9 años obtuvo 33 puntos.

Datos Generales:

Estudiante:	
Edad:	
Fecha de evaluación:	
Evaluador o Docente a cargo:	

Rúbrica de evaluación de desempeño:

criterio	Excelente (5)	Bueno (4)	Regular (3)	Deficiente (2)	No logró (1)
1. Uso correcto del robot (encendido, navegación)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Comprensión del ejercicio matemático de acuerdo a su edad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ingreso correcto de datos mediante pantalla táctil.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Precisión en las respuestas (número de aciertos).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Tiempo estimado de respuesta (velocidad y atención).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Reconoce la retroalimentación auditiva implementado en el robot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Muestra interés/motivación durante el ejercicio.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Puntaje total obtenido: ____ / 35

Observaciones del Evaluador:

Conclusión del Desempeño

- El estudiante interactúa adecuadamente con el sistema de forma autónoma.
- El estudiante necesita acompañamiento parcial de un docente.
- El estudiante requiere una retroalimentación completa para usar el robot.

Fig. 4.64 Rúbrica de evaluación

Todas las evaluaciones realizadas a los niños se encuentran en el **ANEXO C** con sus respectivas observaciones y conclusiones de desempeño.

CONCLUSIONES

Se verificó que el consumo de energía de nuestro sistema de alimentación con baterías de litio conectadas en serie, proporcionan un tiempo de operación de 3,4 horas, siempre y cuando el consumo sea estable.

Se logró diseñar e implementar un robot educativo basado en Arduino MEGA y una pantalla NEXTION, el cual permite a los niños de 5 a 9 años practicar operaciones matemáticas básicas de manera interactiva y dinámica.

Las pruebas de funcionamiento con evaluaciones técnicas se realizaron en el centro Terapéutico Integra y evidencian que la interacción con el robot educativo fomenta la participación activa de los niños, siendo el robot una iniciativa por querer aprender las operaciones matemáticas básicas de una forma diferente.

El robot educativo cumple con los objetivos planteados, permitiendo la validación del dispositivo en un entorno escolar.

RECOMENDACIONES

Se sugiere explorar alternativas para mejorar la eficiencia energética del robot o implementar baterías con mayor capacidad para extender su tiempo de operación.

Incluir nuevas características como reconocimiento de voz o sensores de movimiento podría enriquecer la experiencia de aprendizaje y hacer el robot aún más interactivo para los niños.

Es conveniente desarrollar guías y materiales de apoyo para docentes y estudiantes, con el fin de facilitar la integración del robot educativo en las actividades de clase y potenciar su impacto en el aprendizaje.

Se recomienda investigar nuevas metodologías de enseñanza asistida por robots, evaluar la inclusión de inteligencia artificial para adaptar la dificultad de las operaciones matemáticas al progreso del estudiante

REFERENCIAS

- [1] J. R. Mercader Uguina, “El impacto de la robótica y el futuro del trabajo,” *Revista de la Facultad de Derecho de México*, vol. 67, no. 269, pp. 149–174, Nov. 2017, doi: 10.22201/fder.24488933e.2017.269.62438.
- [2] R. Cózar Gutiérrez, J. Antonio González-Calero Somoza JoseGonzalezCalero, uclmes José Miguel Merino Armero, and R. Villena Taranilla Rafa, “APRENDIENDO CON ROBOTS EN EDADES TEMPRANAS”.
- [3] C. De Pedagogía, D. Michelle, and L. Barrera, “Bajo rendimiento académico en el área de matemáticas del tercero de básica paralelo A, de la Unidad Educativa Santa María de la Esperanza, período lectivo 2018-2019,” 2019, Accessed: Oct. 29, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18079>
- [4] F. S. Fonseca Tamayo Profesor asistente, L. Ángel Rodríguez Muñoz, C. Pedro Ángel López Tamayo Profesor, and C. Luis Massagué Martínez Profesor, “La discalculia un trastorno específico del aprendizaje de la matemática (Revisión),” *Roca: Revista Científico - Educaciones de la provincia de Granma, ISSN-e 2074-0735, Vol. 15, No. 1 (Enero-marzo), 2019, págs. 212-224*, vol. 15, no. 1, pp. 212–224, 2019, Accessed: Oct. 29, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6840450&info=resumen&idioma=ENG>
- [5] B. Zhong and L. Xia, “A Systematic Review on Exploring the Potential of Educational Robotics in Mathematics Education,” *Int J Sci Math Educ*, vol. 18, pp. 79–101, 2020, doi: 10.1007/s10763-018-09939-y.

- [6] C. Giang, “Towards the alignment of educational robotics learning systems with classroom activities,” 2020, doi: 10.5075/EPFL-THESIS-9563.
- [7] R. Anthony Moran Borbor *et al.*, “Desarrollo de un robot sumo como material educativo orientado a la enseñanza de programación en Arduino,” *Revista Habitus: Semilleros de investigación*, vol. 1, no. 2, pp. e12178–e12178, Aug. 2021, doi: 10.19053/22158391.12178.
- [8] C. Pantos, J. Doornbos, G. Mier, and J. Valente, “The ReFiBot makers guide: Fostering academic open science and circularity with a robotic educational kit,” *HardwareX*, vol. 16, p. e00484, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.OHX.2023.E00484.
- [9] D. Betancur-Vásquez, M. Mejía-Herrera, and J. S. Botero-Valencia, “Open source and open hardware mobile robot for developing applications in education and research,” *HardwareX*, vol. 10, p. e00217, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.OHX.2021.E00217.
- [10] S. E. Forsström, “Role of teachers in students’ mathematics learning processes based on robotics integration,” *Learn Cult Soc Interact*, vol. 21, pp. 378–389, Jun. 2019, doi: 10.1016/J.LCSI.2019.04.005.
- [11] M. M. Neumann, L. C. Koch, J. Zagami, D. Reilly, and D. L. Neumann, “Preschool children’s engagement with a social robot compared to a human instructor,” *Early Child Res Q*, vol. 65, pp. 332–341, Oct. 2023, doi: 10.1016/J.ECRESQ.2023.07.010.
- [12] L. Malinverni, C. Valero, M. M. Schaper, and I. G. de la Cruz, “Educational Robotics as a boundary object: Towards a research agenda,” *Int J Child Comput Interact*, vol. 29, p. 100305, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.IJCCI.2021.100305.

- [13] G. Ragusa and L. Leung, “The Impact of Early Robotics Education on Students’ Understanding of Coding, Robotics Design, and Interest in Computing Careers,” *Sensors* 2023, Vol. 23, Page 9335, vol. 23, no. 23, p. 9335, Nov. 2023, doi: 10.3390/S23239335.
- [14] L. Vivas Fernandez and J. Manuel Sáez López, “Integración de la robótica educativa en Educación Primaria Integration of educational robotics in Primary Education,” *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, vol. 18, no. 1, doi: 10.17398/1695-288X.18.1.107.
- [15] I. Mejía, J. A. Hurtado, R. F. Z. Muñoz, and B. G. S. España, “Robótica educativa como herramienta para el desarrollo del pensamiento computacional. Una revisión de la literatura: EDUCATIONAL ROBOTICS AS A TOOL FOR THE DEVELOPMENT OF COMPUTER THINKING. A REVIEW OF THE LITERATURE.,” *Revista Digital Educación en Ingeniería*, vol. 17, no. 33, pp. 68–78, Jan. 2022, doi: 10.26507/REI.V17N33.1216.
- [16] “(PDF) Innovations in Educational Robotics: Advancing AI for Sustainable Development.” Accessed: Jul. 05, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/389850689_Innovations_in_Educational_Robotics_Advancing_AI_for_Sustainable_Development
- [17] A. Guzmán, J. Ruiz, and G. Sánchez, “Estrategias pedagógicas para el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas sin calculadora,” *Ciencia y Educación*, vol. 5, no. 1, pp. 55–74, Mar. 2021, doi: 10.22206/CYED.2021.V5I1.PP55-74.
- [18] S. Hudson, S. Kadan, K. Lavin, and T. Vasquez, “IMPROVING BASIC MATH SKILLS USING TECHNOLOGY of the School of Education In Partial Fulfillment of the

Requirements for the Degree of Master of Arts in Teaching and Leadership Approved Content Designation for Teacher Leader Endorsement,” 2010.

- [19] “Robótica en la enseñanza de conocimiento e interacción con el entorno. Una investigación formativa en Educación Infantil.” Accessed: Jul. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/274/27466169001/html/>
- [20] E. Chaidi, C. Kefalis, Y. Papagerasimou, and A. Drigas, “Educational robotics in Primary Education. A case in Greece,” *Research, Society and Development*, vol. 10, no. 9, p. e17110916371, Jul. 2021, doi: 10.33448/RSD-V10I9.16371.
- [21] F. B. V. Benitti and N. Spolaôr, “How Have Robots Supported STEM Teaching?,” *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience*, pp. 103–129, Jul. 2017, doi: 10.1007/978-3-319-57786-9_5.
- [22] B. B. Ortiz, N. M. Palma, M. E. L. Martín, and M. M. Rueda, “IMPULSO DE LA EDUCACIÓN DEL FUTURO:,” *Innovando para las competencias docentes: perspectivas desde la investigación*, pp. 27–34, Nov. 2024, doi: 10.2307/JJ.22246927.6.
- [23] “Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM.” Accessed: Jul. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/920/92065360002/html/>
- [24] “Cubetto.” Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: <https://robotopia.es/kits-educativos/124-cubetto.html>
- [25] “Buy Osmo Coding Awbie Game on Robot Advance.” Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.robot-advance.com/EN/art-osmo-coding-awbie-game-2015.htm>

- [26] “Amazon.com: Sphero - Balón robótico habilitado para aplicaciones, aprendizaje y codificación STEM para niños, matriz LED programable, conexión Bluetooth, aprendizaje Javascript y Scratch, compatible con Swift Playgrounds - : Juguetes y Juegos.” Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/Sphero-aplicaciones-aprendizaje-codificaci%C3%B3n-programable/dp/B01GZ1S7OS>
- [27] “Dash – Wonder Workshop.” Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.makewonder.com/dash/>
- [28] “LEGO® MINDSTORMS® EV3 31313 | MINDSTORMS® | Oficial LEGO® Shop ES.” Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.lego.com/es-es/product/lego-mindstorms-ev3-31313>
- [29] “Amazon.com: Anki Cozmo Collector ’s Edition Robot : Juguetes y Juegos.” Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/Anki-Cozmo-Collector-s-Robot/dp/B0762B4WHV>
- [30] L. Q. Constantino Tancara O INTRODUCCION, “LA INVESTIGACION DOCUMENTAL”.
- [31] “Técnicas de Investigación”, Accessed: Jan. 07, 2024. [Online]. Available: http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/tecnicas.pdf
- [32] G. P. G. Alban, A. E. V. Arguello, and N. E. C. Molina, “Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción),” *RECIMUNDO*, vol. 4, no. 3, pp. 163–173, Jul. 2020, doi: 10.26820/RECIMUNDO/4.(3).JULIO.2020.163-173.

- [33] J. J. Castro Maldonado, L. K. Gómez Macho, and E. Camargo Casallas, “La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI,” *Tecnura*, vol. 27, no. 75, pp. 140–174, Jan. 2023, doi: 10.14483/22487638.19171.
- [34] “NX4827T043 – Nextion.” Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: <https://nextion.tech/datasheets/nx4827t043/>
- [35] “MEGA2560-R3 pdf, MEGA2560-R3 Description, MEGA2560-R3 Datasheet, MEGA2560-R3 view ::: ALLDATASHEET :::” Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/2044689/AGELECTRONICA/MEGA2560-R3.html>
- [36] “Cargador Bms Módulo 7.4v 2s 8A Li-ion 18650 HX-2S-D01 - MEGATRONICA.” Accessed: Sep. 02, 2025. [Online]. Available: <https://megatronica.cc/producto/cargador-bms-modulo-7-4v-2s-8a-li-ion-18650-hx-2s-d01/?srsltid=AfmBOooMEn19nST40z1tn5yEeKUqEJqCqo862Dw5HkihZKbLy9MQ00nf>
- [37] “Lithium Ion Cell 18650 2500mAh Battery Datasheet Distributed by TinyCircuits”, Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://tinycircuits.com/>
- [38] “AS02504AR PUI Audio | Mouser Ecuador.” Accessed: Sep. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.mouser.ec/ProductDetail/PUI-Audio/AS02504AR?qs=VVKQmw408U%252BU2fukvNH74g%3D%3D>
- [39] “24V/12V to 5V USB Mobile Phone DC-DC Step-down Module LM2596S HW-688 HCW-P715 (Do not use for Raspberry Pi 4) | Lazada PH.” Accessed: Sep. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.lazada.com.ph/products/24v12v-to-5v-usb-mobile-phone-dc-dc->

step-down-module-lm2596s-hw-688-hcw-p715-do-not-use-for-raspberry-pi-4-
i284590120.html

- [40] “DFPlayer Mini Mp3 Player - DFRobot Wiki.” Accessed: Jul. 22, 2025. [Online]. Available:
https://wiki.dfrobot.com/DFPlayer_Mini_SKU_DFR0299

ANEXOS

A. CÓDIGO DEL ROBOT EDUCATIVO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



PROGRAMACIÓN – ANEXO A

```
#include <Nextion.h>

#include <DFMiniMp3.h>

#include <SoftwareSerial.h>

#define nexSerial Serial2

SoftwareSerial dfSerial(10, 11); // RX, TX para DFPlayer Mini
DFMiniMp3<SoftwareSerial> mp3(dfSerial);

bool sonidoFondoActivo = false; // Para controlar sonido de fondo si lo quieres usar

// Funciones para reproducir sonidos
void reproducirSonidoCorrecto() {
    mp3.playMp3FolderTrack(1); // Archivo 0001.mp3 en microSD
}

void reproducirSonidoIncorrecto() {
    mp3.playMp3FolderTrack(2); // Archivo 0002.mp3
}

void reproducirSonidoNivelCompletado() {
    mp3.playMp3FolderTrack(3); // Archivo 0003.mp3
}

void iniciarSonidoFondo() {
    // Puedes usar esta función para reproducir un sonido de fondo (si tienes uno)
    mp3.playMp3FolderTrack(4); // Archivo 0004.mp3
    sonidoFondoActivo = true;
}
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
}
```

```
void detenerSonidoFondo() {  
    mp3.stop();  
    sonidoFondoActivo = false;  
}
```

```
// ----- PÁGINAS -----
```

```
NexPage page2 = NexPage(2, 0, "page2");
```

```
NexPage page3 = NexPage(3, 0, "page3");
```

```
NexPage page4 = NexPage(4, 0, "page4");
```

```
NexPage page5 = NexPage(5, 0, "page5");
```

```
NexPage page6 = NexPage(6, 0, "page6");
```

```
NexPage page7 = NexPage(7, 0, "page7");
```

```
NexPage page8 = NexPage(8, 0, "page8");
```

```
NexPage page9 = NexPage(9, 0, "page9");
```

```
NexPage page10 = NexPage(10, 0, "page10");
```

```
// ===== SUMA =====
```

```
NexButton bnivel1sum = NexButton(2, 2, "bnivel1sum");
```

```
NexButton bnivel2sum = NexButton(2, 3, "bnivel2sum");
```

```
NexButton bnivel3sum = NexButton(2, 4, "bnivel3sum");
```

```
NexText tsumando1 = NexText(3, 13, "tsumando1");
```

```
NexText tsumando2 = NexText(3, 14, "tsumando2");
```

```
NexText tsumtotal = NexText(3, 15, "tsumtotal");
```

```
NexButton b0sum = NexButton(3, 3, "b0");
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
NexButton b1sum = NexButton(3, 2, "b1");
NexButton b2sum = NexButton(3, 4, "b2");
NexButton b3sum = NexButton(3, 5, "b3");
NexButton b4sum = NexButton(3, 6, "b4");
NexButton b5sum = NexButton(3, 7, "b5");
NexButton b6sum = NexButton(3, 8, "b6");
NexButton b7sum = NexButton(3, 9, "b7");
NexButton b8sum = NexButton(3,10, "b8");
NexButton b9sum = NexButton(3,11, "b9");

NexButton* botonesNumSum[] = { &b0sum, &b1sum, &b2sum, &b3sum, &b4sum, &b5sum, &b6sum,
&b7sum, &b8sum, &b9sum };

NexButton bborrarsum = NexButton(3,12, "bborrar");
NexButton bOKsum = NexButton(3,16, "bOK");
NexButton breintsum = NexButton(4,2, "breintsum");

uint8_t nivelActual = 0;
uint8_t ejerciciosCorrectos = 0;
int resultadoCorrecto = 0;
String respuestaUsuario = "";

void generarOperacionSuma() {
    int a = 0, b = 0;

    switch (nivelActual) {
        case 1:
            a = random(1, 10);
            b = random(1, 10);
            break;

        case 2: {
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
int u1, u2, d1, d2;  
do {  
    u1 = random(0, 10);  
    u2 = random(0, 10);  
} while (u1 + u2 >= 10);
```

```
do {  
    d1 = random(1, 10);  
    d2 = random(1, 10);  
} while (d1 + d2 >= 10);
```

```
a = d1 * 10 + u1;  
b = d2 * 10 + u2;  
break;  
}
```

```
case 3: {  
    int u1, u2, d1, d2;  
    do {  
        u1 = random(0, 10);  
        u2 = random(0, 10);  
    } while (u1 + u2 < 10); // aseguro llevada en unidades
```

```
do {  
    d1 = random(1, 10);  
    d2 = random(1, 10);  
} while (d1 + d2 < 10); // aseguro llevada en decenas
```

```
a = d1 * 10 + u1;  
b = d2 * 10 + u2;
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
break;
}

default:
    a = b = 0;
}

resultadoCorrecto = a + b;
tsumando1.setText(String(a).c_str());
tsumando2.setText(String(b).c_str());
tsumtotal.setText("");
respuestaUsuario = "";
}

void nivel1SumaPush(void *ptr) { nivelActual = 1; ejerciciosCorrectos = 0; page3.show(); delay(100);
generarOperacionSuma(); }

void nivel2SumaPush(void *ptr) { nivelActual = 2; ejerciciosCorrectos = 0; page3.show(); delay(100);
generarOperacionSuma(); }

void nivel3SumaPush(void *ptr) { nivelActual = 3; ejerciciosCorrectos = 0; page3.show(); delay(100);
generarOperacionSuma(); }

void numeroPush(void *ptr) {
    for (int i = 0; i < 10; i++) {
        if (ptr == botonesNumSum[i]) {
            if (nivelActual == 1) {
                // izquierda a derecha
                respuestaUsuario += String(i);
            } else {
                // derecha a izquierda
                respuestaUsuario = String(i) + respuestaUsuario;
            }
        }
    }
}
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
tsumtotal.setText(respuestaUsuario.c_str());

break;

}

}

}

void borrarPush(void *ptr) {

if (respuestaUsuario.length() > 0) {

respuestaUsuario.remove(respuestaUsuario.length() - 1);

tsumtotal.setText(respuestaUsuario.c_str());

}

}

void verificarPush(void *ptr) {

if (respuestaUsuario.toInt() == resultadoCorrecto) {

ejerciciosCorrectos++;

reproducirSonidoCorrecto(); // SONIDO - correcto

if (ejerciciosCorrectos >= 5) {

reproducirSonidoNivelCompletado(); // SONIDO - nivel completado

page4.show();

} else {

generarOperacionSuma();

}

} else {

reproducirSonidoIncorrecto(); // SONIDO - incorrecto

respuestaUsuario = "";

tsumtotal.setText("");

}

}

}
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
void repetirNivelPush(void *ptr) {
    ejerciciosCorrectos = 0;
    page3.show();
    delay(100);
    generarOperacionSuma();
}

// ===== RESTA =====
NexButton bnivel1rest = NexButton(5, 2, "bnivel1rest");
NexButton bnivel2rest = NexButton(5, 3, "bnivel2rest");
NexButton bnivel3rest = NexButton(5, 4, "bnivel3rest");

NexText tminuendo = NexText(6, 13, "tminuendo");
NexText tsustraendo = NexText(6, 14, "tsustraendo");
NexText tdiferencia = NexText(6, 15, "tdiferencia");

NexButton b0rest = NexButton(6, 3, "b0");
NexButton b1rest = NexButton(6, 2, "b1");
NexButton b2rest = NexButton(6, 4, "b2");
NexButton b3rest = NexButton(6, 5, "b3");
NexButton b4rest = NexButton(6, 6, "b4");
NexButton b5rest = NexButton(6, 7, "b5");
NexButton b6rest = NexButton(6, 8, "b6");
NexButton b7rest = NexButton(6, 9, "b7");
NexButton b8rest = NexButton(6, 10, "b8");
NexButton b9rest = NexButton(6, 11, "b9");

NexButton* botonesNumRest[] = { &b0rest, &b1rest, &b2rest, &b3rest, &b4rest, &b5rest, &b6rest, &b7rest,
&b8rest, &b9rest };

NexButton bborrarrest = NexButton(6, 12, "bborrar");
NexButton bOKrest = NexButton(6, 16, "bOK");
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
NexButton breintrest = NexButton(7, 2, "breintrest");
```

```
uint8_t nivelActualRest = 0;
```

```
uint8_t ejerciciosCorrectosRest = 0;
```

```
int resultadoCorrectoRest = 0;
```

```
String respuestaUsuarioRest = "";
```

```
void generarOperacionResta() {
```

```
    int a = 0, b = 0;
```

```
    switch (nivelActualRest) {
```

```
        case 1:
```

```
            a = random(1, 10);
```

```
            b = random(0, a); // aseguras que a > b
```

```
            break;
```

```
        case 2: {
```

```
            int u1, u2, d1, d2;
```

```
            do {
```

```
                u1 = random(1, 10); // evitar 0
```

```
                u2 = random(0, u1); // sin llevar
```

```
            } while (u1 <= u2);
```

```
            do {
```

```
                d1 = random(1, 10);
```

```
                d2 = random(0, d1);
```

```
            } while (d1 <= d2);
```

```
            a = d1 * 10 + u1;
```

```
            b = d2 * 10 + u2;
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
break;
}

case 3: {
    int u1, u2, d1, d2;
    do {
        u1 = random(0, 9); // u1 < u2 para que haya llevada
        u2 = random(u1 + 1, 10);
    } while (u1 >= u2);

    do {
        d1 = random(1, 10);
        d2 = random(0, d1 + 1); // puede llevar o no
    } while ((d1 * 10 + u1) <= (d2 * 10 + u2)); // asegurar a > b

    a = d1 * 10 + u1;
    b = d2 * 10 + u2;
    break;
}

default:
    a = b = 0;
}

resultadoCorrectoRest = a - b;
tminuendo.setText(String(a).c_str());
tsustraendo.setText(String(b).c_str());
tdiferencia.setText("");
respuestaUsuarioRest = "";
}
```




UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
    respuestaUsuarioRest += String(i);
} else {
    // Ingreso de derecha a izquierda
    respuestaUsuarioRest = String(i) + respuestaUsuarioRest;
}
tdiferencia.setText(respuestaUsuarioRest.c_str());
break;
}
}
}

void borrarPushRest(void *ptr) {
    if (respuestaUsuarioRest.length() > 0) {
        respuestaUsuarioRest.remove(respuestaUsuarioRest.length() - 1);
        tdiferencia.setText(respuestaUsuarioRest.c_str());
    }
}

void verificarPushRest(void *ptr) {
    if (respuestaUsuarioRest.toInt() == resultadoCorrectoRest) {
        ejerciciosCorrectosRest++;
        reproducirSonidoCorrecto(); // SONIDO - correcto
        if (ejerciciosCorrectosRest >= 5) {
            reproducirSonidoNivelCompletado(); // SONIDO - nivel completado
            page7.show();
        } else {
            generarOperacionResta();
        }
    } else {
        reproducirSonidoIncorrecto(); // SONIDO - incorrecto
    }
}
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
respuestaUsuarioRest = "";

tdiferencia.setText("");

}

}

void repetirNivelPushRest(void *ptr) {
    ejerciciosCorrectosRest = 0;
    page6.show();
    delay(100);
    generarOperacionResta();
}

// ===== MULTIPLICACIÓN =====
NexButton bnivel1multi = NexButton(8, 2, "bnivel1multi");
NexButton bnivel2multi = NexButton(8, 3, "bnivel2multi");
NexButton bnivel3multi = NexButton(8, 4, "bnivel3multi");

NexText tmultiplicando = NexText(9, 13, "tmultiplicando");
NexText tmultiplicador = NexText(9, 14, "tmultiplicador");
NexText tproducto = NexText(9, 15, "tproducto");

NexButton b0multi = NexButton(9, 3, "b0");
NexButton b1multi = NexButton(9, 2, "b1");
NexButton b2multi = NexButton(9, 4, "b2");
NexButton b3multi = NexButton(9, 5, "b3");
NexButton b4multi = NexButton(9, 6, "b4");
NexButton b5multi = NexButton(9, 7, "b5");
NexButton b6multi = NexButton(9, 8, "b6");
NexButton b7multi = NexButton(9, 9, "b7");
NexButton b8multi = NexButton(9,10, "b8");
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
NexButton b9multi = NexButton(9,11, "b9");
```

```
NexButton* botonesNumMulti[] = { &b0multi, &b1multi, &b2multi, &b3multi, &b4multi, &b5multi,  
&b6multi, &b7multi, &b8multi, &b9multi };
```

```
NexButton bborrarmulti = NexButton(9,12, "bborrar");
```

```
NexButton bOKmulti = NexButton(9,16, "bOK");
```

```
NexButton breintmulti = NexButton(10,2, "breintmulti");
```

```
uint8_t nivelActualMulti = 0;
```

```
uint8_t ejerciciosCorrectosMulti = 0;
```

```
int resultadoCorrectoMulti = 0;
```

```
String respuestaUsuarioMulti = "";
```

```
void generarOperacionMultiplicacion() {
```

```
    int a, b;
```

```
    switch (nivelActualMulti) {
```

```
        case 1:
```

```
            a = random(1, 10);
```

```
            b = random(1, 10);
```

```
            break;
```

```
        case 2:
```

```
            a = random(10, 100);
```

```
            b = random(1, 10);
```

```
            break;
```

```
        case 3:
```

```
            a = random(10, 1000);
```

```
            b = random(1, 10);
```

```
            break;
```

```
        default:
```

```
            a = 0; b = 0;
```

```
    }
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
resultadoCorrectoMulti = a * b;  
tmultiplicando.setText(String(a).c_str());  
tmultiplicador.setText(String(b).c_str());  
tproducto.setText("");  
respuestaUsuarioMulti = "";  
}
```

```
void nivel1MultiPush(void *ptr) {  
    nivelActualMulti = 1;  
    ejerciciosCorrectosMulti = 0;  
    page9.show();  
    delay(100);  
    generarOperacionMultiplicacion();  
}
```

```
void nivel2MultiPush(void *ptr) {  
    nivelActualMulti = 2;  
    ejerciciosCorrectosMulti = 0;  
    page9.show();  
    delay(100);  
    generarOperacionMultiplicacion();  
}
```

```
void nivel3MultiPush(void *ptr) {  
    nivelActualMulti = 3;  
    ejerciciosCorrectosMulti = 0;  
    page9.show();  
    delay(100);  
    generarOperacionMultiplicacion();  
}
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
void numeroPushMulti(void *ptr) {  
    for (int i = 0; i < 10; i++) {  
        if (ptr == botonesNumMulti[i]) {  
            if (nivelActualMulti == 1) {  
                // izquierda a derecha  
                respuestaUsuarioMulti += String(i);  
            } else {  
                // derecha a izquierda  
                respuestaUsuarioMulti = String(i) + respuestaUsuarioMulti;  
            }  
            tproducto.setText(respuestaUsuarioMulti.c_str());  
            break;  
        }  
    }  
}  
  
void borrarPushMulti(void *ptr) {  
    if (respuestaUsuarioMulti.length() > 0) {  
        respuestaUsuarioMulti.remove(respuestaUsuarioMulti.length() - 1);  
        tproducto.setText(respuestaUsuarioMulti.c_str());  
    }  
}  
  
void verificarPushMulti(void *ptr) {  
    if (respuestaUsuarioMulti.toInt() == resultadoCorrectoMulti) {  
        ejerciciosCorrectosMulti++;  
        reproducirSonidoCorrecto(); // SONIDO - correcto  
        if (ejerciciosCorrectosMulti >= 5) {  
            reproducirSonidoNivelCompletado(); // SONIDO - nivel completado  
        }  
    }  
}
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
page10.show();

} else {

    generarOperacionMultiplicacion();

}

} else {

    reproducirSonidoIncorrecto();    // SONIDO - incorrecto

    respuestaUsuarioMulti = "";

    tproducto.setText("");

}

}

void repetirNivelPushMulti(void *ptr) {

    ejerciciosCorrectosMulti = 0;

    page9.show();

    delay(100);

    generarOperacionMultiplicacion();

}

// ===== LISTA GLOBAL DE OBJETOS CON EVENTOS =====

NexTouch *nex_listen_list[] = {

    // suma

    &bnivel1sum, &bnivel2sum, &bnivel3sum,

    &b0sum, &b1sum, &b2sum, &b3sum, &b4sum, &b5sum, &b6sum, &b7sum, &b8sum, &b9sum,

    &bborrarsum, &bOKsum, &breintsum,

    // resta

    &bnivel1rest, &bnivel2rest, &bnivel3rest,

    &b0rest, &b1rest, &b2rest, &b3rest, &b4rest, &b5rest, &b6rest, &b7rest, &b8rest, &b9rest,

    &bborrarrest, &bOKrest, &breintrest,

    // multiplicación

    &bnivel1multi, &bnivel2multi, &bnivel3multi,
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



&b0multi, &b1multi, &b2multi, &b3multi, &b4multi, &b5multi, &b6multi, &b7multi, &b8multi, &b9multi,
&bborrarmulti, &bOKmulti, &breintmulti,

NULL

};

// ---- Finalmente, en setup() agrega la inicialización del DFPlayer ----

```
void setup() {
```

```
  Serial2.begin(9600);
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  nexInit();
```

```
  randomSeed(analogRead(A0));
```

```
// Inicializar DFPlayer Mini
```

```
dfSerial.begin(9600);
```

```
mp3.begin();
```

```
delay(500);
```

```
mp3.setVolume(25); // Ajusta volumen 0-30
```

```
// suma
```

```
bnivel1sum.attachPush(nivel1SumaPush, &bnivel1sum);
```

```
bnivel2sum.attachPush(nivel2SumaPush, &bnivel2sum);
```

```
bnivel3sum.attachPush(nivel3SumaPush, &bnivel3sum);
```

```
bborrarsum.attachPush(borrarPush, &bborrarsum);
```

```
bOKsum.attachPush(verificarPush, &bOKsum);
```

```
breintsum.attachPush(repetirNivelPush, &breintsum);
```

```
for (int i = 0; i < 10; i++) botonesNumSum[i]->attachPush(numeroPush, botonesNumSum[i]);
```

```
// resta
```

```
bnivel1rest.attachPush(nivel1RestaPush, &bnivel1rest);
```

```
bnivel2rest.attachPush(nivel2RestaPush, &bnivel2rest);
```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



```
bnivel3rest.attachPush(nivel3RestaPush, &bnivel3rest);
bborrarrest.attachPush(borrarPushRest, &bborrarrest);
bOKrest.attachPush(verificarPushRest, &bOKrest);
breintrest.attachPush(repetirNivelPushRest, &breintrest);
for (int i = 0; i < 10; i++) botonesNumRest[i]->attachPush(numeroPushRest, botonesNumRest[i]);

// multiplicación
bnivel1multi.attachPush(nivel1MultiPush, &bnivel1multi);
bnivel2multi.attachPush(nivel2MultiPush, &bnivel2multi);
bnivel3multi.attachPush(nivel3MultiPush, &bnivel3multi);
bborrarmulti.attachPush(borrarPushMulti, &bborrarmulti);
bOKmulti.attachPush(verificarPushMulti, &bOKmulti);
breintmulti.attachPush(repetirNivelPushMulti, &breintmulti);
for (int i = 0; i < 10; i++) botonesNumMulti[i]->attachPush(numeroPushMulti, botonesNumMulti[i]);
}

void loop() {
    nexLoop(nex_listen_list);
}
```

B. MANUAL DE USUARIO



MANUAL DE USUARIO – ANEXO B

1. Introducción

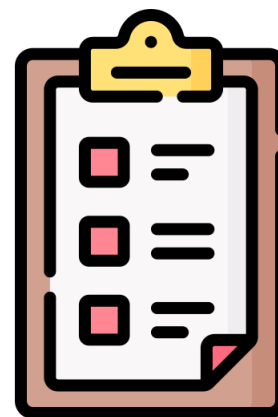
Este manual presenta las instrucciones de uso del robot educativo para operaciones matemáticas básicas, un dispositivo interactivo diseñado para niños de 5 a 9 años con el fin de fortalecer habilidades, en suma, resta y multiplicación mediante una



metodología lúdica y adaptada a su nivel cognitivo. Puede ser utilizado en escuelas, hogares y centros educativos como herramienta de apoyo al aprendizaje. Este robot es un prototipo desarrollado con fines académicos como parte de un proyecto de investigación; su uso debe ser supervisado por un docente y se recomienda precaución durante su manipulación.

2. Especificaciones Técnicas

- **Edad recomendada:** 5 a 9 años.
- **Material:** Plástico no tóxico.
- **Alimentación:** Batería recargable por USB.
- **Duración de batería:** Aprox. 4 horas continuas.
- **Pantalla:** Táctil de 4,3”



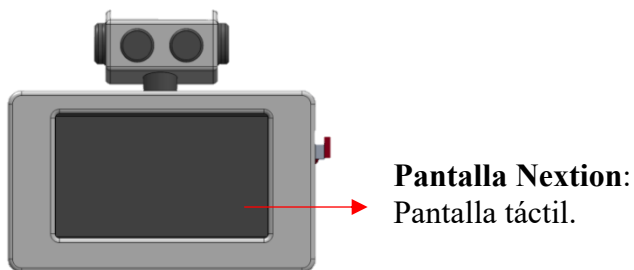
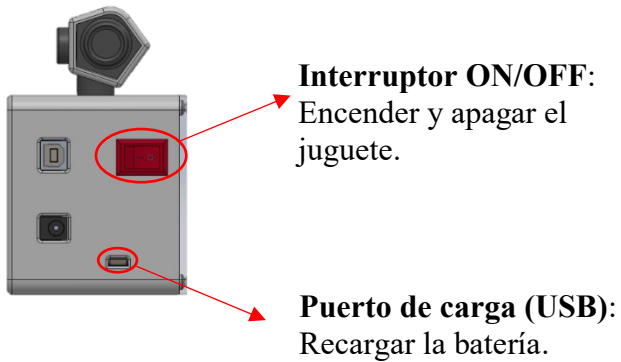


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



- **Dimensiones:** $137.5 \times 70.5 \times 81.3$ mm

3. Elementos del Robot



4. Interfaz táctil

- Página de inicio





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



- Menú principal



Ícono ← :
Regreso page 0

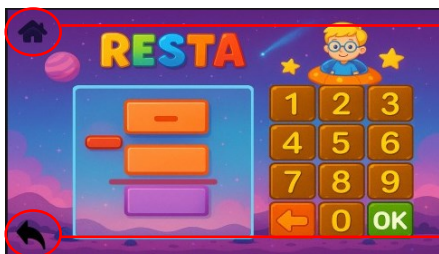
Operaciones Matemáticas:
Suma, Resta, Multiplicación.

- Niveles de Dificultad



Nivel de complejidad:
3 niveles (Lv1, Lv2, Lv3)

- Juego interactivo



Ícono 🏠:
Regreso a menú principal
(Selección de operaciones)

Ícono ← :
Regreso a menú principal
(Selección de nivel)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



Teclado digital:
Números y teclas especiales
← Borrar
OK Enviar respuesta

5. Instrucciones de Encendido y Carga

5.1 Carga del dispositivo:

Conecta el cable de carga al puerto Micro USB del robot a una fuente de 5V.

- Tiempo estimado de funcionamiento: 3 a 4 horas
- Tiempo estimado de carga: 2 a 3 horas.

5.2 Encendido/Apagado:

Mueve el interruptor a la posición ON para encender. Para apagar, colócalo en OFF

6. Modo de Uso

El robot ha sido diseñado para que los niños puedan aprender y practicar operaciones matemáticas de forma interactiva y divertida a través de una pantalla táctil. A continuación, se explica paso a paso cómo utilizarlo:

Paso 1: Encendido

- Presiona el botón de encendido para activar el robot.
- La pantalla mostrará la Pantalla de Inicio con el botón “Start Game”.



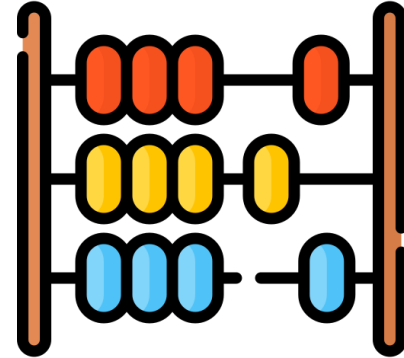
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



Paso 2: Selección de Operación

En el Menú Principal se debe elegir el tipo de operación matemática:

- Suma
- Resta
- Multiplicación



Paso 3: Selección de Nivel

- Después de seleccionar la operación matemática, se desplegará en la pantalla los niveles de dificultad
- Escoge uno de los siguientes niveles:
 - Nivel1: Fácil
 - Nivel2: Intermedio
 - Nivel3: Avanzado



Paso 4: Resolución de Ejercicios

- En la Pantalla de Juego interactivo, se presentará un ejercicio matemático.
- Usa la pantalla táctil para escribir o seleccionar la respuesta correcta.
- Presiona el Botón OK para verificar el resultado.



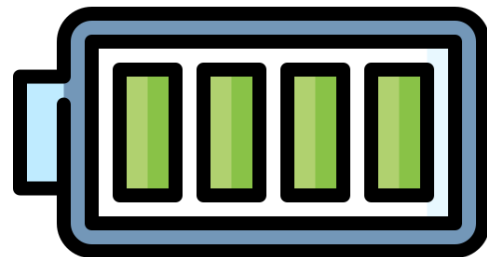
4.1 Importante a considerar

- Si la respuesta es incorrecta, el número ingresado se borrará y no avanzará de ejercicio. El usuario deberá volver a intentarlo hasta escribir la respuesta correcta.
- Si la respuesta es correcta, el juguete avanzará automáticamente al siguiente ejercicio.
- A partir del nivel 2 la respuesta debe escribirse de derecha a izquierda. Por ejemplo, para ingresar el número 53, primero se debe tocar el número 3 y luego el número 5. Esto permite reforzar el valor posicional de cada cifra.



6. Recomendaciones De Uso:

- Asegúrate de que el juguete esté completamente cargado antes de comenzar.
- Utiliza el dispositivo sobre una superficie plana y limpia.
- Supervisar el uso del dispositivo por un técnico docente en niños pequeños para apoyar el proceso de aprendizaje.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



7. Cuidado y Mantenimiento

- Limpiar con paño seco o ligeramente húmedo
- No sumergir en agua.
- No exponer a altas temperaturas.
- No utilizar mientras se carga.
- Guardar en un lugar seco y seguro.



C. EVALUACIONES



EVALUACIONES DEL ROBOT – ANEXO C

GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO			
TEMA:	Operaciones Matemáticas Básicas	PRÁCTICA:	1
LABORATORIO:	Uso del Robot Educativo para la resolución de Operaciones Matemáticas Básicas.	FECHA:	29 / 07 / 2025
DOCENTE A CARGO:	Lic. Dayana Arteaga	AUTOR:	Steven Fuentes

OBJETIVOS:

- Evaluar la interacción de niños de 5 a 9 años de edad con el robot educativo, mediante una actividad práctica con su docente.
- Resolver operaciones de suma, resta o multiplicación, midiendo la precisión, la comprensión y el tiempo que conlleva realizarlo.
- Validar el robot educativo mediante un docente a cargo en el área.

MATERIALES:

- Robot educativo
- Manual de usuario
- Rúbrica de evaluación

PRÁCTICA:

El docente encargado deberá dar instrucciones y guiar al niño a realizar las siguientes acciones:

1. Seleccionar el tipo de operación: suma, resta o multiplicación.
2. Escoger el nivel de dificultad (1: fácil, 2: intermedio, 3: avanzado).
3. Realizar 5 ejercicios presentados en la pantalla táctil de manera autónoma.
4. Responder utilizando el teclado numérico del robot.
5. Completar los niveles en base al rango de edad de cada niño
6. Manejar la interfaz del robot

Datos Generales:

Estudiante:	J. C.
Edad:	5 años
Fecha de evaluación:	31/07/2025
Evaluador o Docente a cargo:	Lic. Mishell Arteaga

Rúbrica de evaluación de desempeño:

Criterio	Excelente (5)	Bueno (4)	Regular (3)	Deficiente (2)	No logró (1)
1. Uso correcto del robot (encendido, navegación)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Comprensión del ejercicio matemático de acuerdo a su edad.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ingreso correcto de datos mediante pantalla táctil.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Precisión en las respuestas (número de aciertos).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Tiempo estimado de respuesta (velocidad y atención).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Reconoce la retroalimentación auditiva implementado en el robot.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Muestra interés/motivación durante el ejercicio.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Puntaje total obtenido: 31 / 35

Observaciones del Evaluador:

Necesita apoyo de docente para precisión en su respuesta, propio de la etapa pre-escolar.

Conclusión del Desempeño

- El estudiante interactúa adecuadamente con el sistema de forma autónoma.
- El estudiante necesita acompañamiento parcial de un docente.
- El estudiante requiere una retroalimentación completa para usar el robot.

Datos Generales:

Estudiante:	S. L
Edad:	6 años
Fecha de evaluación:	31/07/2025
Evaluador o Docente a cargo:	Lic. Mishell Arteaga.

Rúbrica de evaluación de desempeño:

Criterio	Excelente (5)	Bueno (4)	Regular (3)	Deficiente (2)	No logró (1)
1. Uso correcto del robot (encendido, navegación)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Comprensión del ejercicio matemático de acuerdo a su edad.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ingreso correcto de datos mediante pantalla táctil.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Precisión en las respuestas (número de aciertos).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Tiempo estimado de respuesta (velocidad y atención).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Reconoce la retroalimentación auditiva implementado en el robot.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Muestra interés/motivación durante el ejercicio.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Puntaje total obtenido: 33 / 35

Observaciones del Evaluador:

El niño comprende de manera adecuada el uso del robot, presento cierta dificultad en el ingreso de la respuesta.

Conclusión del Desempeño

- El estudiante interactúa adecuadamente con el sistema de forma autónoma.
- El estudiante necesita acompañamiento parcial de un docente.
- El estudiante requiere una retroalimentación completa para usar el robot.

Datos Generales:

Estudiante:	A. M.
Edad:	7 años
Fecha de evaluación:	31/07/2025
Evaluador o Docente a cargo:	Lic. Mishell Artega

Rúbrica de evaluación de desempeño:

Criterio	Excelente (5)	Bueno (4)	Regular (3)	Deficiente (2)	No logró (1)
1. Uso correcto del robot (encendido, navegación)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Comprensión del ejercicio matemático de acuerdo a su edad.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ingreso correcto de datos mediante pantalla táctil.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Precisión en las respuestas (número de aciertos).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Tiempo estimado de respuesta (velocidad y atención).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Reconoce la retroalimentación auditiva implementado en el robot.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Muestra interés/motivación durante el ejercicio.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Puntaje total obtenido: 33 / 35

Observaciones del Evaluador:

Necesita retroalimentación para ingresar cantidades, se debe a dificultades de flexibilidad cognitiva.

Conclusión del Desempeño

- El estudiante interactúa adecuadamente con el sistema de forma autónoma.
- El estudiante necesita acompañamiento parcial de un docente.
- El estudiante requiere una retroalimentación completa para usar el robot.

Datos Generales:

Estudiante:	D.P.
Edad:	8 años
Fecha de evaluación:	31/07/2025
Evaluador o Docente a cargo:	Lic. Mishell Arteaga

Rúbrica de evaluación de desempeño:

Criterio	Excelente (5)	Bueno (4)	Regular (3)	Deficiente (2)	No logró (1)
1. Uso correcto del robot (encendido, navegación)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Comprensión del ejercicio matemático de acuerdo a su edad.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ingreso correcto de datos mediante pantalla táctil.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Precisión en las respuestas (número de aciertos).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Tiempo estimado de respuesta (velocidad y atención).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Reconoce la retroalimentación auditiva implementado en el robot.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Muestra interés/motivación durante el ejercicio.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Puntaje total obtenido: 31 / 35

Observaciones del Evaluador:

Buen manejo del Robot, dificultad de velocidad de procesamiento debido a diagnóstico establecido. Ayuda al proceso atencional.

Conclusión del Desempeño

- El estudiante interactúa adecuadamente con el sistema de forma autónoma.
- El estudiante necesita acompañamiento parcial de un docente.
- El estudiante requiere una retroalimentación completa para usar el robot.

Datos Generales:

Estudiante:	J. A.
Edad:	9 años
Fecha de evaluación:	31/07/2025
Evaluador o Docente a cargo:	Lic. Mishell Arteaga

Rúbrica de evaluación de desempeño:

Criterio	Excelente (5)	Bueno (4)	Regular (3)	Deficiente (2)	No logró (1)
1. Uso correcto del robot (encendido, navegación)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Comprensión del ejercicio matemático de acuerdo a su edad.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ingreso correcto de datos mediante pantalla táctil.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Precisión en las respuestas (número de aciertos).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Tiempo estimado de respuesta (velocidad y atención).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Reconoce la retroalimentación auditiva implementado en el robot.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Muestra interés/motivación durante el ejercicio.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Puntaje total obtenido: 33 / 35

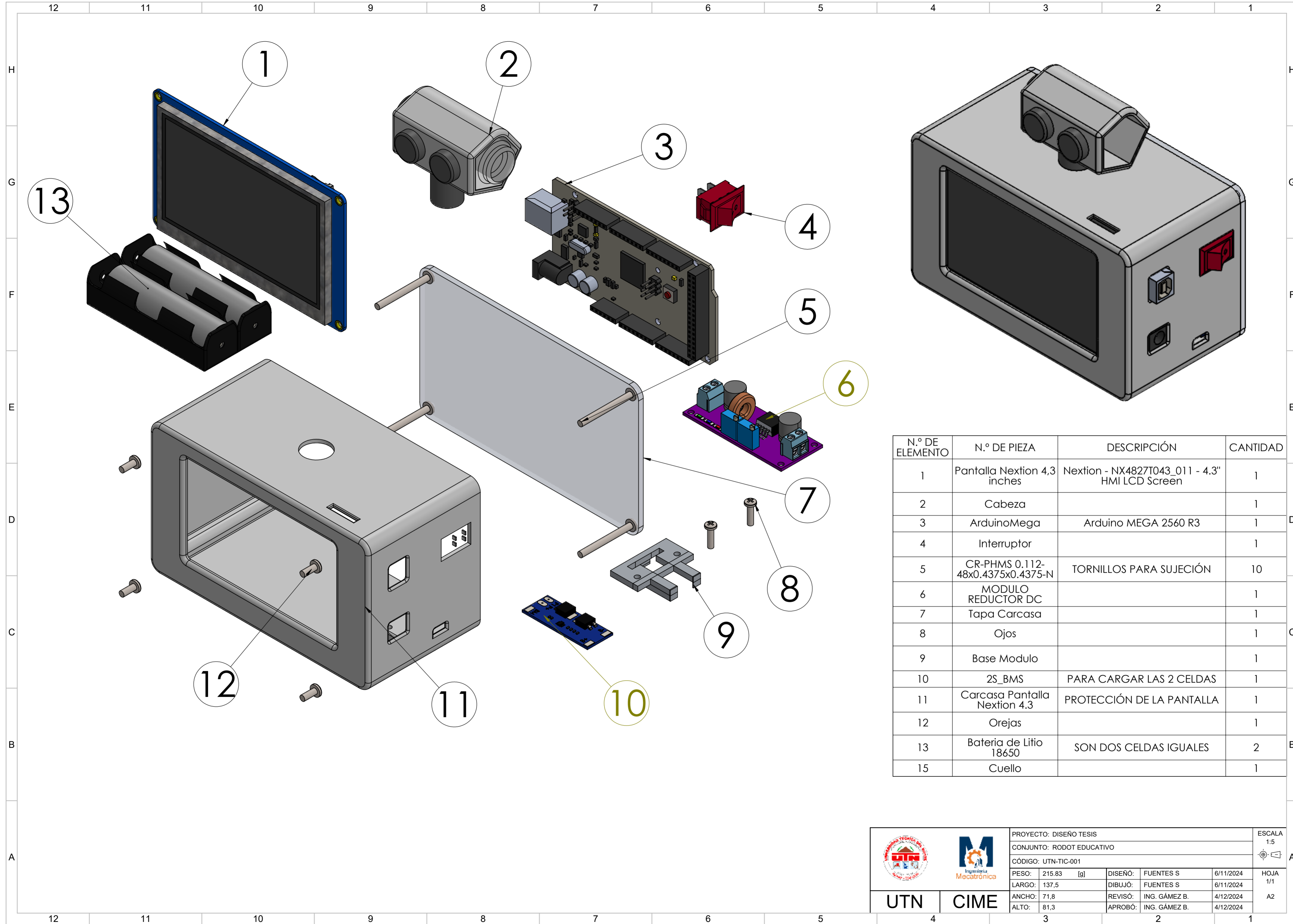
Observaciones del Evaluador:

Estudiante regular. Necesita apoyo para el nivel de multiplicación.



Conclusión del Desempeño

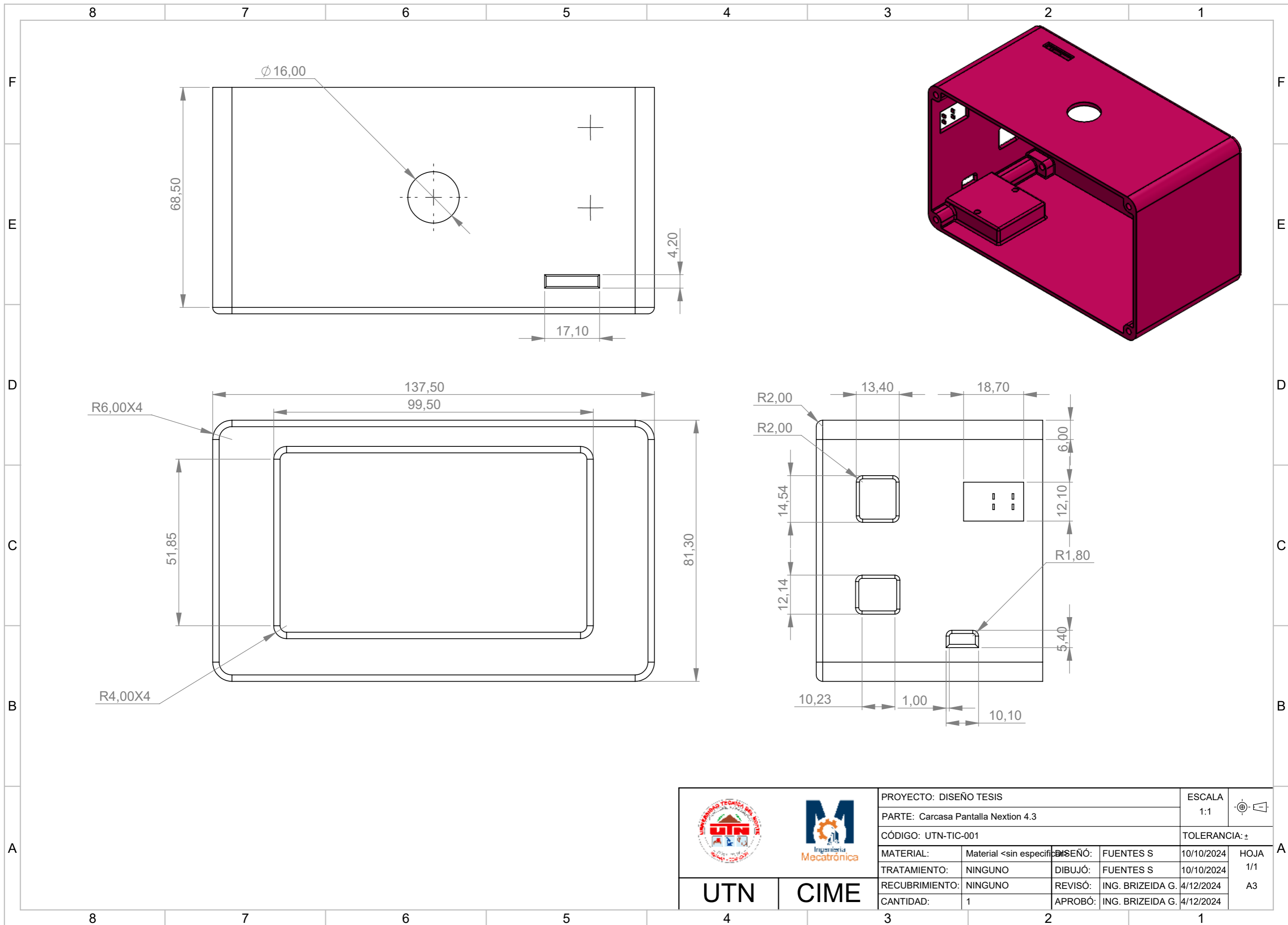
- El estudiante interactúa adecuadamente con el sistema de forma autónoma.
- El estudiante necesita acompañamiento parcial de un docente.
- El estudiante requiere una retroalimentación completa para usar el robot.




D. PLANOS DE PARTE Y CONJUNTO

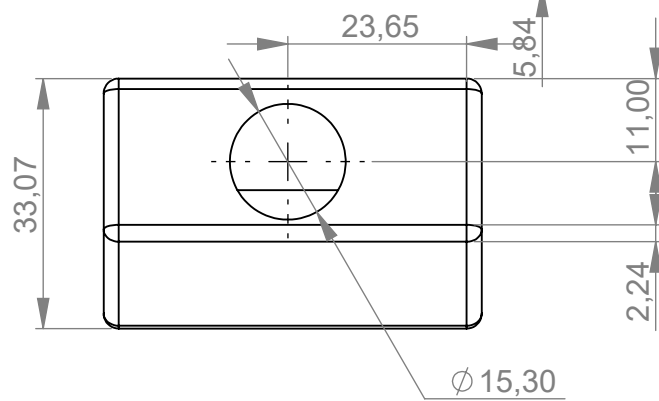
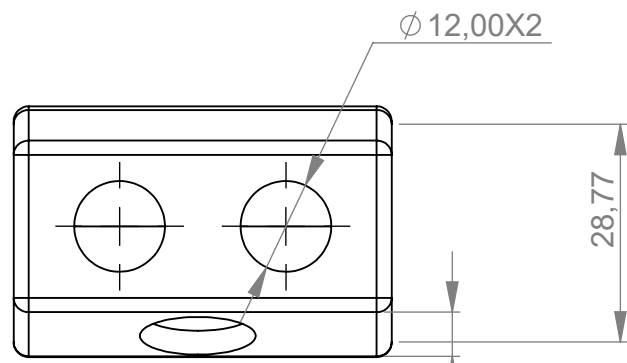
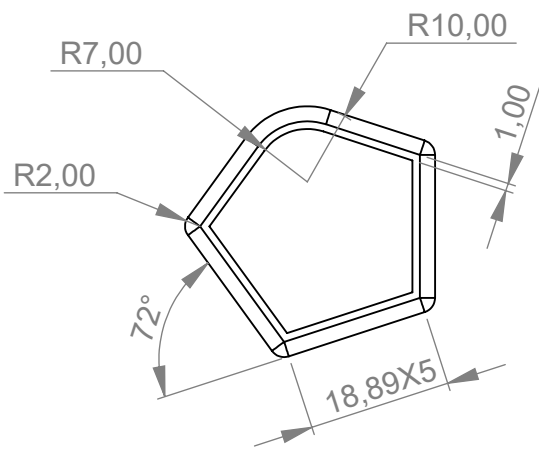
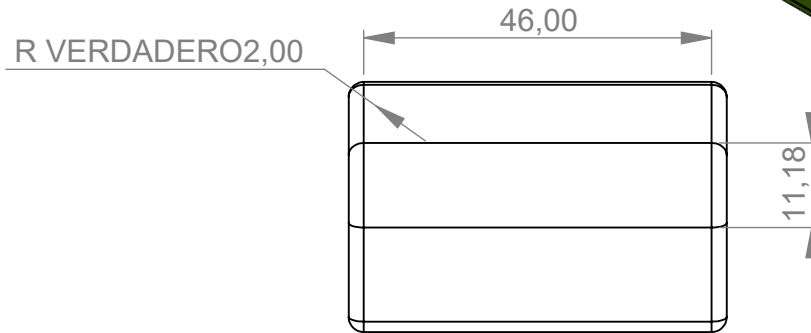
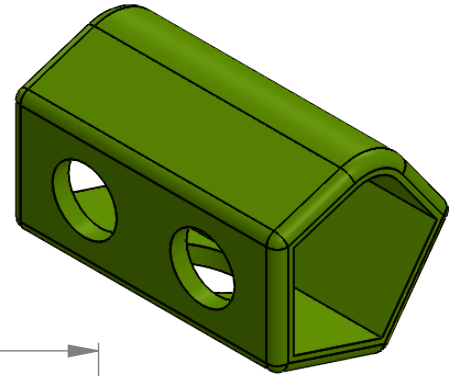


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Pantalla Nextion 4,3 inches	Nextion - NX4827T043_011 - 4.3" HMI LCD Screen	1
2	Cabeza		1
3	ArduinoMega	Arduino MEGA 2560 R3	1
4	Interruptor		1
5	CR-PHMS 0.112-48x0.4375x0.4375-N	TORNILLOS PARA SUJECIÓN	10
6	MODULO REDUCTOR DC		1
7	Tapa Carcasa		1
8	Ojos		1
9	Base Modulo		1
10	2S_BMS	PARA CARGAR LAS 2 CELDAS	1
11	Carcasa Pantalla Nextion 4.3	PROTECCIÓN DE LA PANTALLA	1
12	Orejas		1
13	Bateria de Litio 18650	SON DOS CELDAS IGUALES	2
15	Cuello		1

 	PROYECTO: DISEÑO TESIS CONJUNTO: RODOT EDUCATIVO CÓDIGO: UTN-TIC-001			ESCALA 1:5
	PESO: 215.83 [g] LARGO: 137,5 ANCHO: 71,8 ALTO: 81,3	DISEÑO: FUENTES S DIBUJO: FUENTES S REVISÓ: ING. GÁMEZ B. APROBÓ: ING. GÁMEZ B.	6/11/2024 6/11/2024 4/12/2024 4/12/2024	HOJA 1/1 A2



 	PROYECTO: DISEÑO TESIS			ESCALA 1:1	
	PARTE: Carcasa Pantalla Nextion 4.3				
	CÓDIGO: UTN-TIC-001			TOLERANCIA: ±	
MATERIAL:	Material <sin especificar>	DISEÑO:	FUENTES S	10/10/2024	HOJA 1/1 A3
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	FUENTES S	10/10/2024	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ING. BRIZEIDA G.	4/12/2024	
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	ING. BRIZEIDA G.	4/12/2024	



PROYECTO: DISEÑO TESIS

PARTE: Cabeza

CÓDIGO: UTN-TIC-001-002

ESCALA
1:1

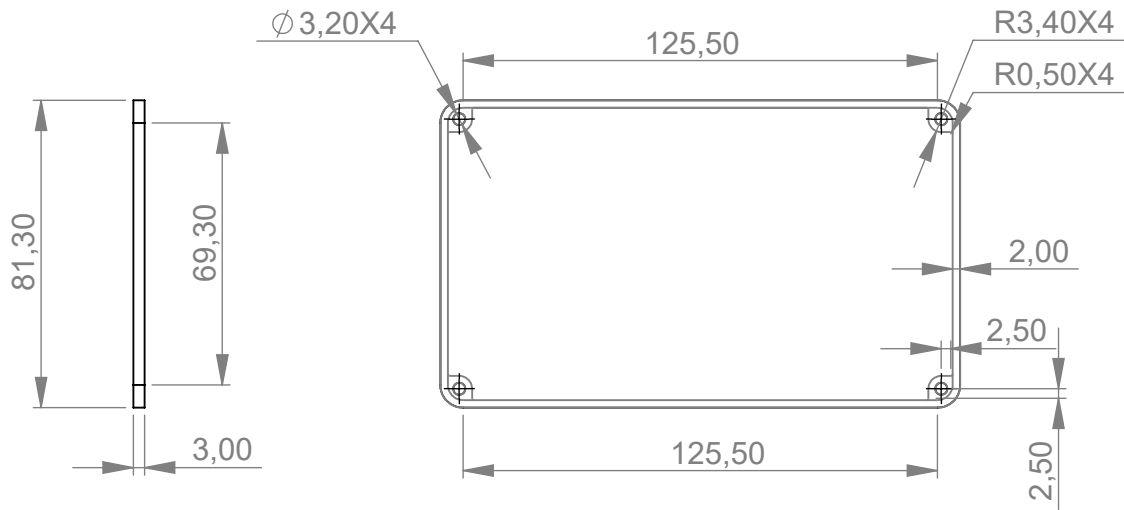
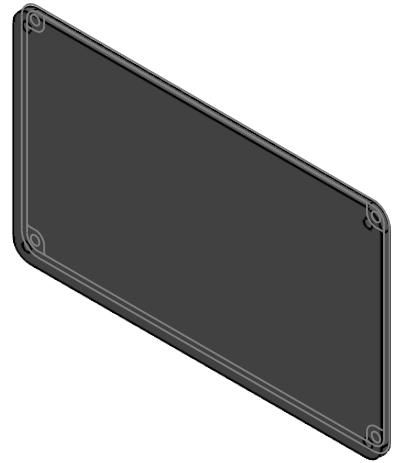


TOLERANCIA: \pm

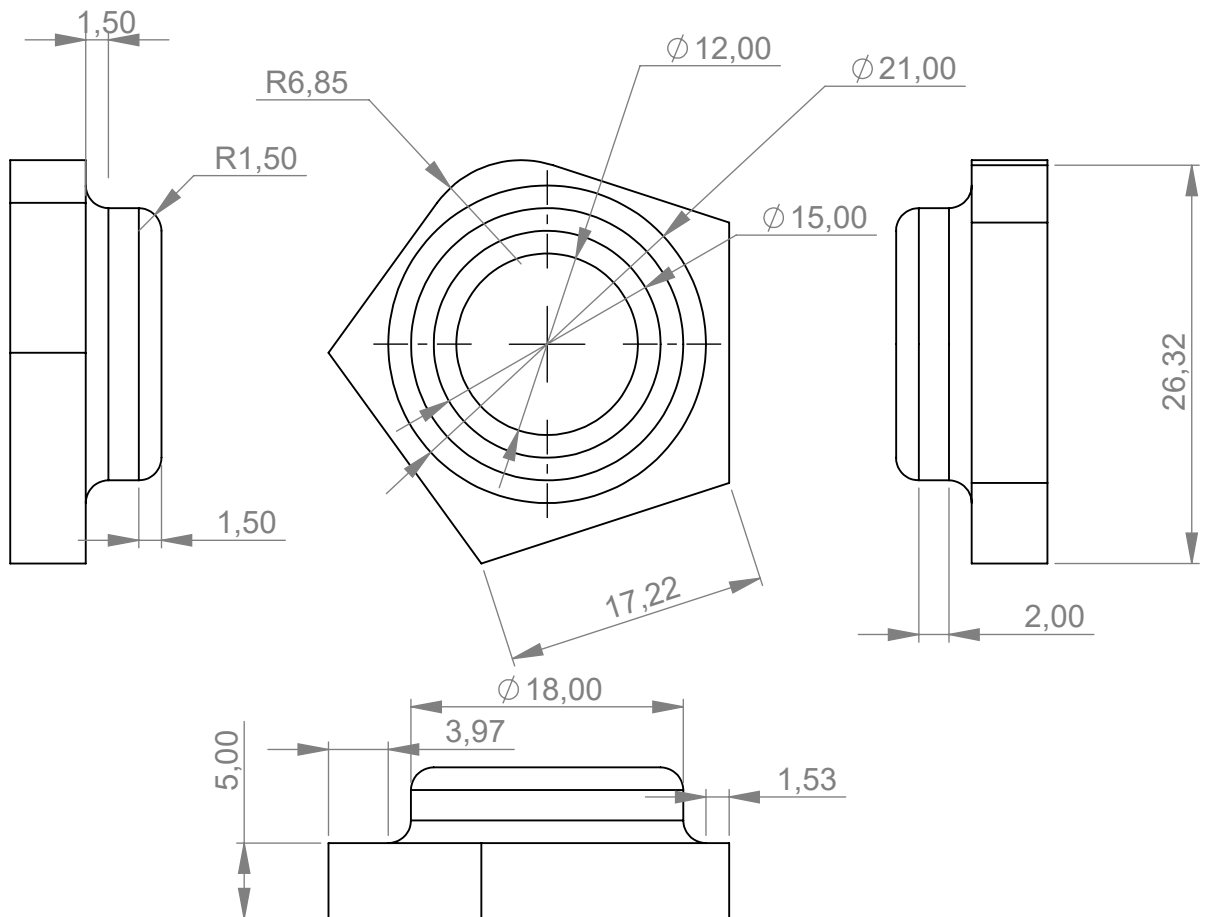
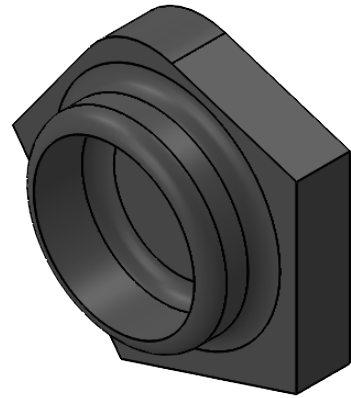
MATERIAL:	Material <sin especificación>	DISEÑO:	FUENTES S	6/11/2024	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	FUENTES S	6/11/2024	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ING. BRIZEIDA G.	4/12/2024	
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	ING. BRIZEIDA G.	4/12/2024	

UTN

CIME



		PROYECTO: DISEÑO TESIS			ESCALA 1:2	
		PARTE: Tapa Carcasa				
CÓDIGO: UTN-TIC-001-003				TOLERANCIA: ±		
MATERIAL:	Material <sin especificación>	DISEÑO:	FUENTES S	1/11/2024	HOJA 1/1 A4	
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	FUENTES S	1/11/2024		
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ING. BRIZEIDA G.	4/12/2024		
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	ING. BRIZEIDA G.	4/12/2024		
UTN	CIME					



		PROYECTO: DISEÑO TESIS			ESCALA 1:1	
		PARTE: Orejas				
CÓDIGO: UTN-TIC-001-004				TOLERANCIA: ±		
MATERIAL:	Material <sin especificación>	DISEÑO:	FUENTES S	1/11/2024	HOJA 1/1 A4	
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	FUENTES S	1/11/2024		
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ING. BRIZEIDA G.	4/12/2024		
CANTIDAD:	2	APROBÓ:	ING. BRIZEIDA G.	4/12/2024		
UTN	CIME					