



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT SOCIAL INTERACTIVO
ORIENTADO A LA EDUCACIÓN STEAM EN NIÑOS Y NIÑAS DE 8 A 12 AÑOS
POR MEDIO DE ROBÓTICA COGNITIVA PARA LA EMPRESA
ARTIL ROBOTICS SAS DE LA CIUDAD DE AMBATO**

**AUTORES: RONNY ALEXANDER SANTO SANTO
JHON EDUARDO VALDIVIEZO SÁNCHEZ**

DIRECTOR: ING. PATRICIA NATALY CONSTANTE PRÓCEL

Latacunga, 2023



CONTENIDO

1. Introducción
2. Necesidades del usuario
3. Métricas del robot
4. Selección de componentes
5. Diseño mecánico
6. Diseño electrónico
7. Programación
8. Pruebas y Resultados
9. Conclusiones y recomendaciones

Introducción

Métodos de educación Tradicional

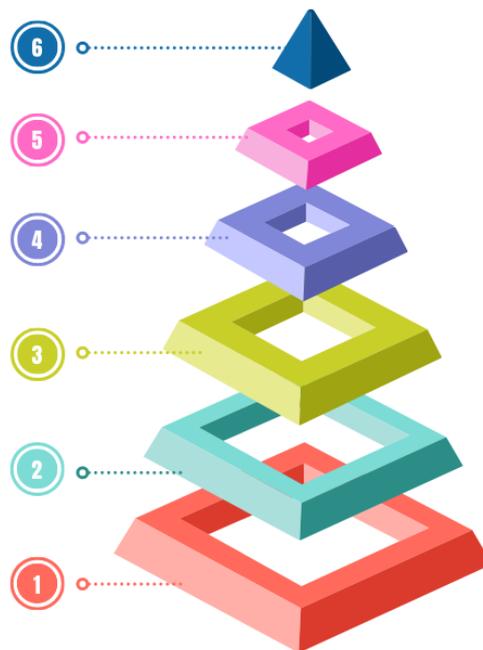


Métodos de educación Actual



Educación STEAM

La educación STEAM es ideal porque logra unir varias áreas científicas entre las cuales denotas las ciencias y las matemáticas, en donde, se busca soluciones para problemas reales y más que tienen en común con la sociedad y estas pueden ser: la ingeniería, tecnología y el arte dividido por etapas.



RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Etapa en la que se resuelve problemas con el uso de todas las etapas previas.

INTEGRATIVA

En esta etapa se integra el ARTE y se convierte en una Educación STEAM, ahora colaborando más con la sociedad.

MULTIDISCIPLINAS

o que se conoce como educación STEM una etapa antes de la integración con el ARTE y la sociedad.

DISCIPLINA ESPECÍFICA

Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas, Artes.

CONTENIDO ESPECÍFICO

historia de la Naturaleza, Física, Biología, Geometría, Matemáticas, Diseño, Agricultura, Computación, Industrias, Sistemas, Algebra, Probabilidad, Mecánica, Sistemas.

PRIMEROS PASOS

Aprender a hablar, escribir, caminar y ejercicios de coordinación.

Objetivos

Objetivo General:

Diseñar e implementar un robot social interactivo orientado a la Educación STEAM en niños y niñas de 8 a 12 años por medio de Robótica cognitiva para la empresa Artil Robotics.

Objetivo Específicos:

- Investigar los diferentes componentes electrónicos disponibles en el mercado y que compartan librerías necesarias para el desarrollo del proyecto.
- Realizar el esquemático electrónico del controlador en una PCB para implementarlo en el proyecto.
- Diseñar la estructura CAD adecuada para que el diseño del esquemático electrónico quepa dentro de él sin afectar su estética y funcionalidad.
- Desarrollar la aplicación móvil para Android e iOS con cual el robot será manipulado por medio de una interfaz interactiva entre el usuario y el robot.
- Desarrollar el Firmware que permita controlar los actuadores y sensores del robot social interactivo e implemente robótica cognitiva.
- Realizar pruebas y verificar los resultados del funcionamiento del robot social interactivo orientado a la educación STEAM en niños y niñas de 8 a 12 años en alguna institución pública o privada.

Hipótesis

El diseño e implementación de un robot social interactivo con robótica cognitiva contribuirá la educación STEAM a niños y niñas de 8 a 12 años para la empresa Artil Robotics en la ciudad de Ambato.

Robots Educativos del Mercado



DASH AND DOT



LEGO DUPLO TRAIN



BEE BOT



CUBETTO

Métricas del Robot

| N° | Métrica | Importancia | Unidades |
|----|----------------------------------------|-------------|-----------------|
| 1 | Ciclo de vida del producto | 5 | años |
| 2 | Tipo de material | 4 | plástico/resina |
| 3 | Capacidad de la batería | 4 | mA/h |
| 4 | Herramienta educativa | 5 | Si/No |
| 5 | Precio | 3 | Dólares |
| 6 | Interactivo con otros robots similares | 2 | Si/No |
| 7 | Conexión móvil | 4 | Bluetooth |
| 8 | Aplicación que registre avances | 3 | Niveles |
| 9 | Soporte técnico | 3 | Manual |
| 10 | Modos de juego | 5 | Lista |
| 11 | Tamaño | 3 | cm |
| 12 | Aplicación | 3 | Android/iOS |
| 13 | Que sea interactivo con los niños | 4 | Emociones |
| 14 | Sensores | 3 | Movimiento |
| 15 | Pantalla | 5 | Táctil |
| 16 | Color | 4 | Gama de colores |
| 17 | Motor de emociones | 3 | Lista |
| 18 | Sonidos | 3 | Lista |
| 19 | Fácil de llevar | 4 | Si/No |
| 20 | Accesorios para jugar | 3 | Si/No |

Siendo 5 mayor importancia
Y 1 de menor importancia

Modelo de Caja Negra

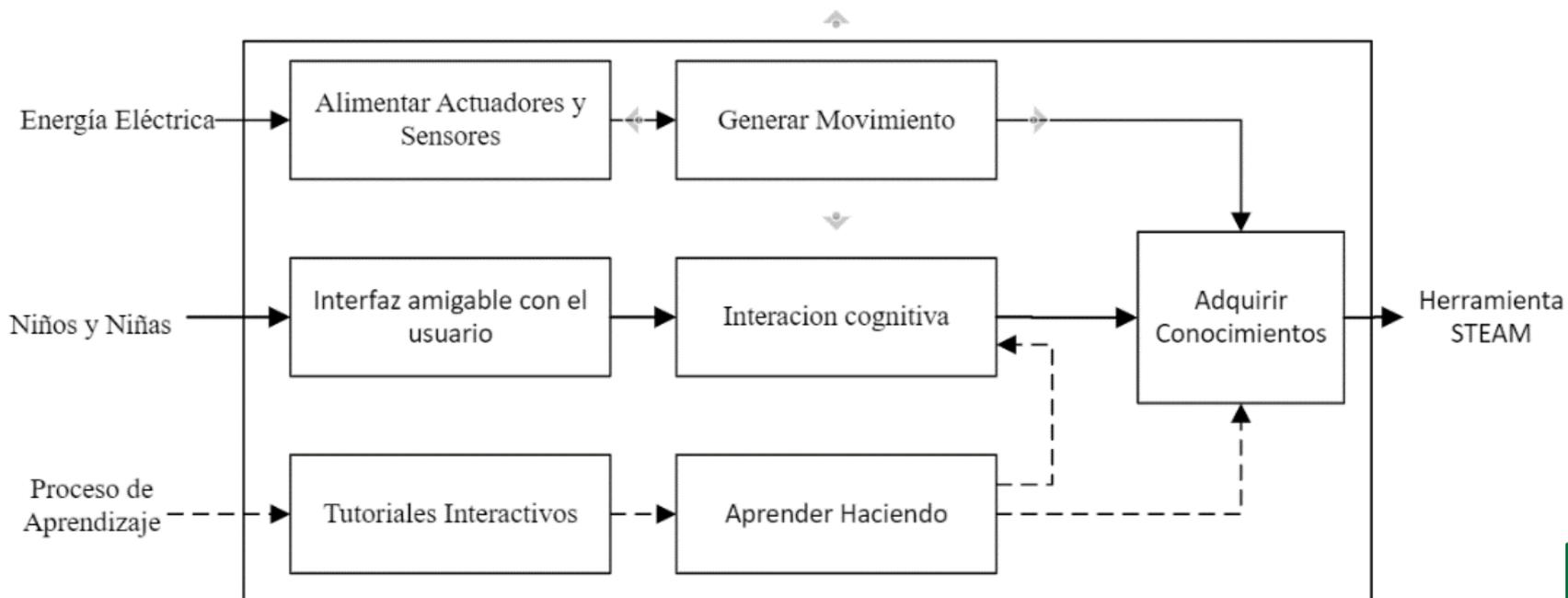
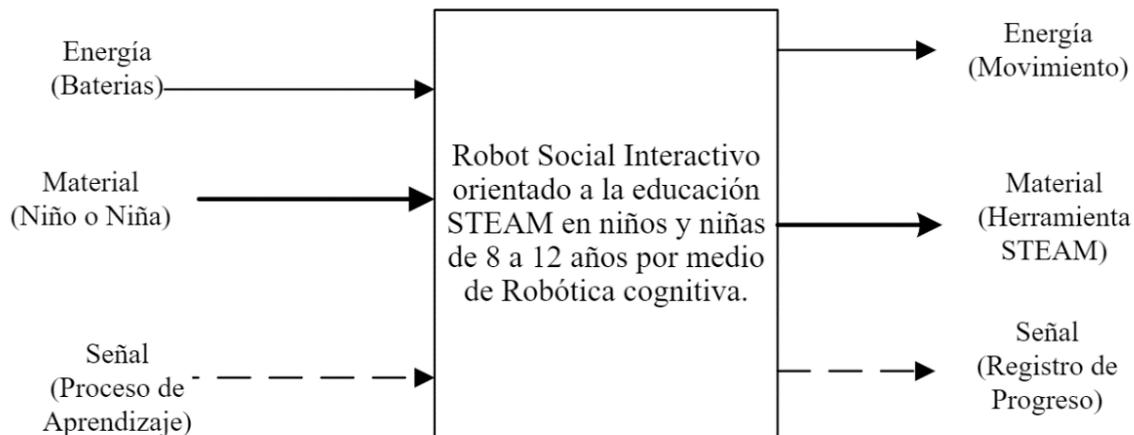
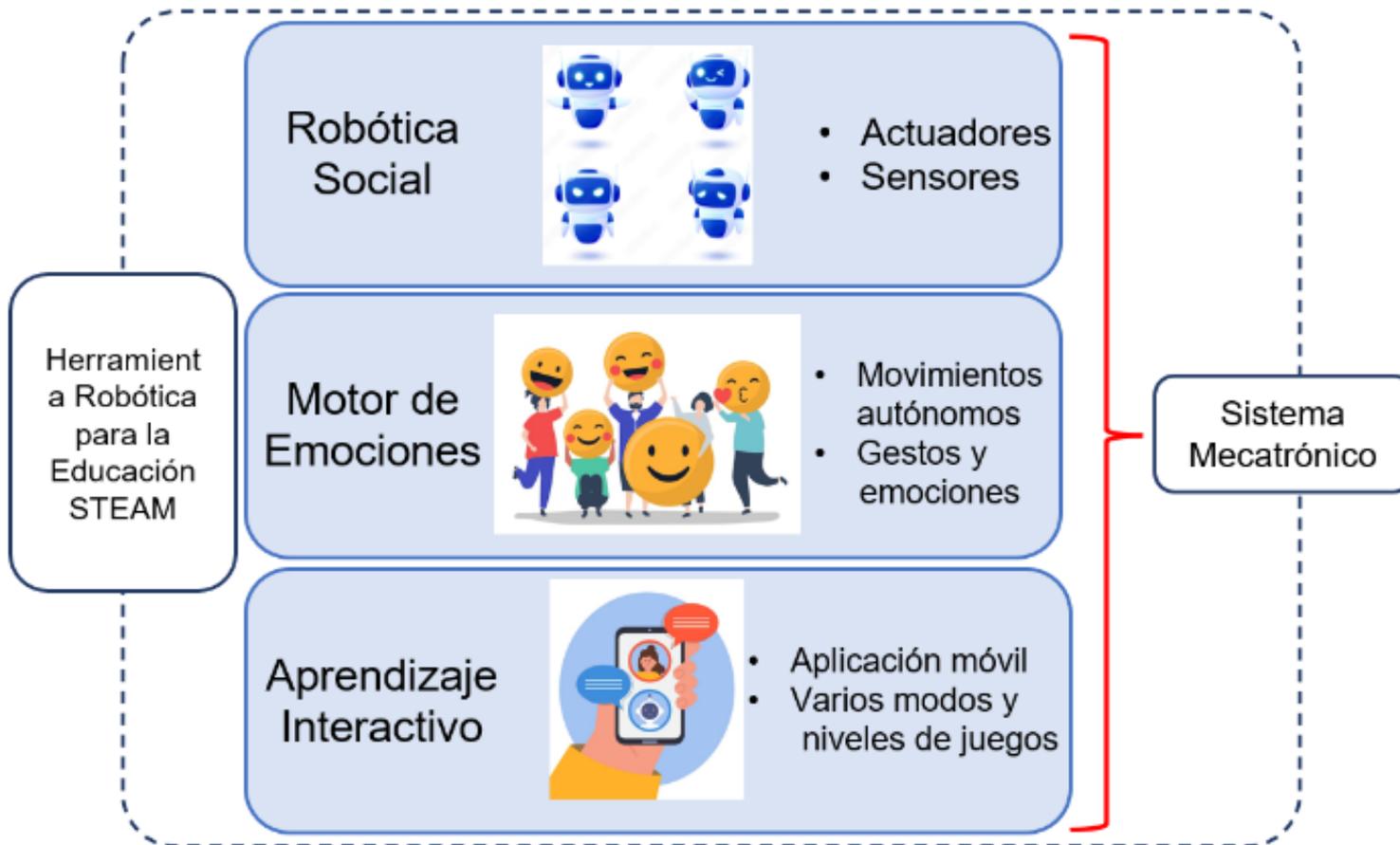
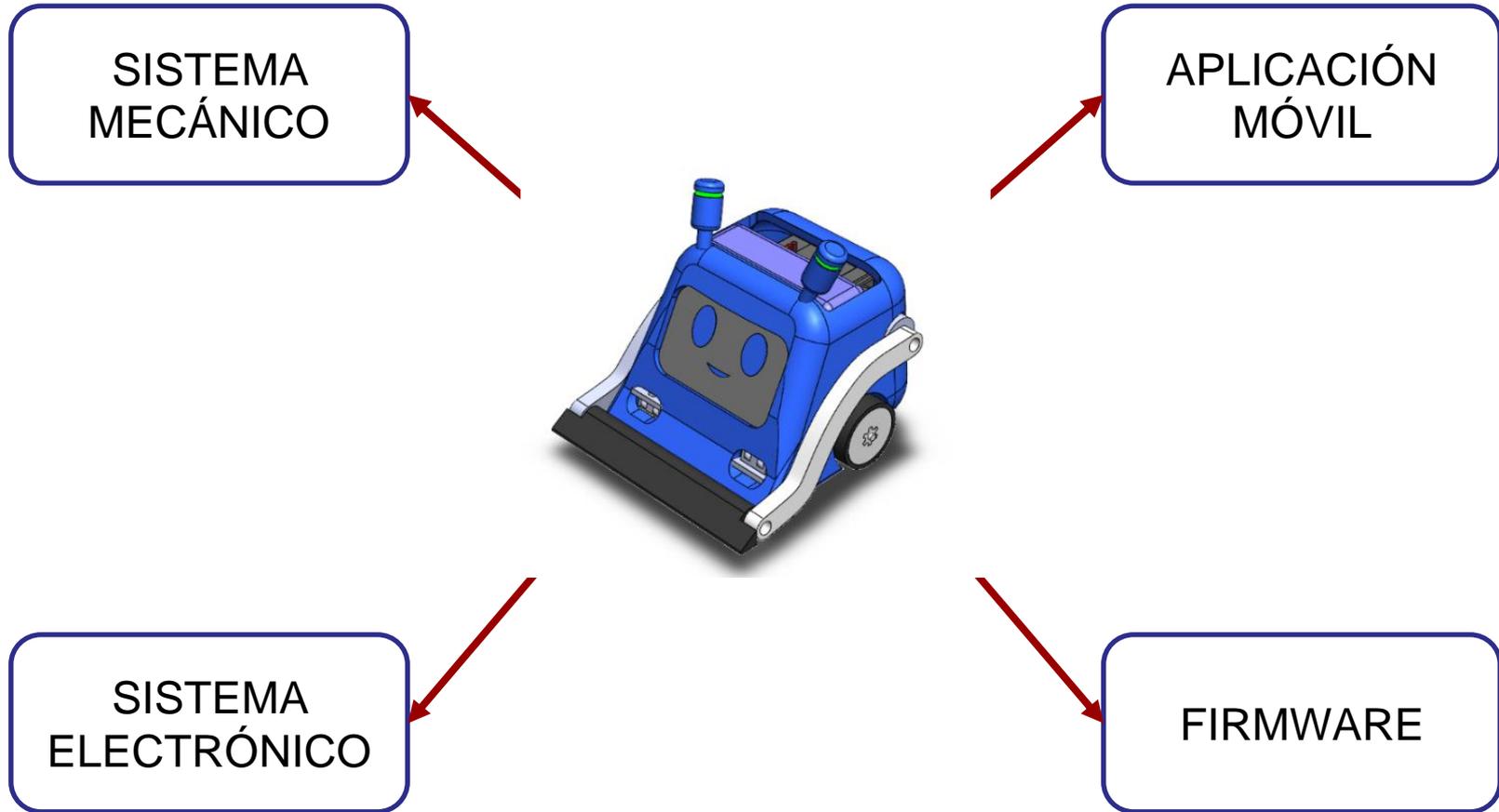


Diagrama de Niveles



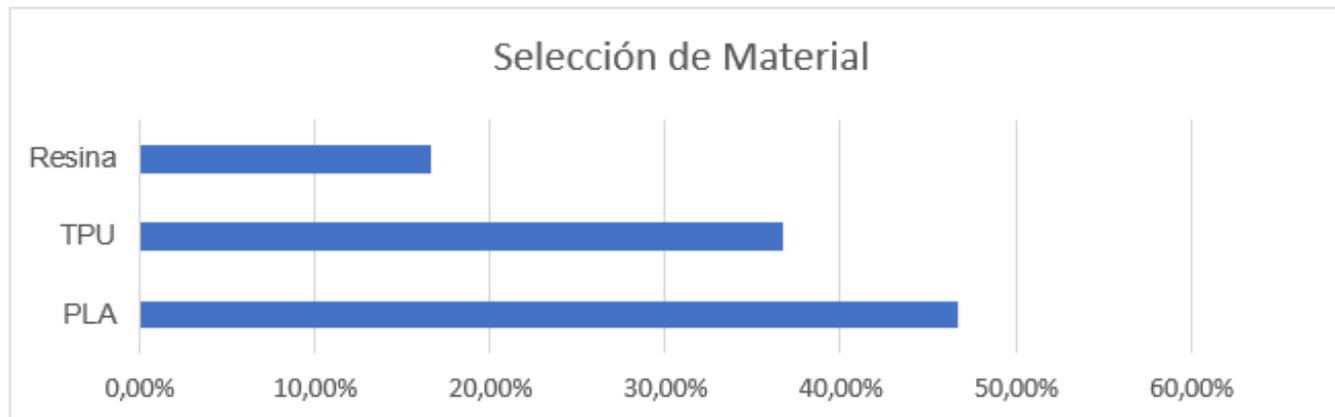
Selección de Componentes



Selección de Componentes Mecánicos

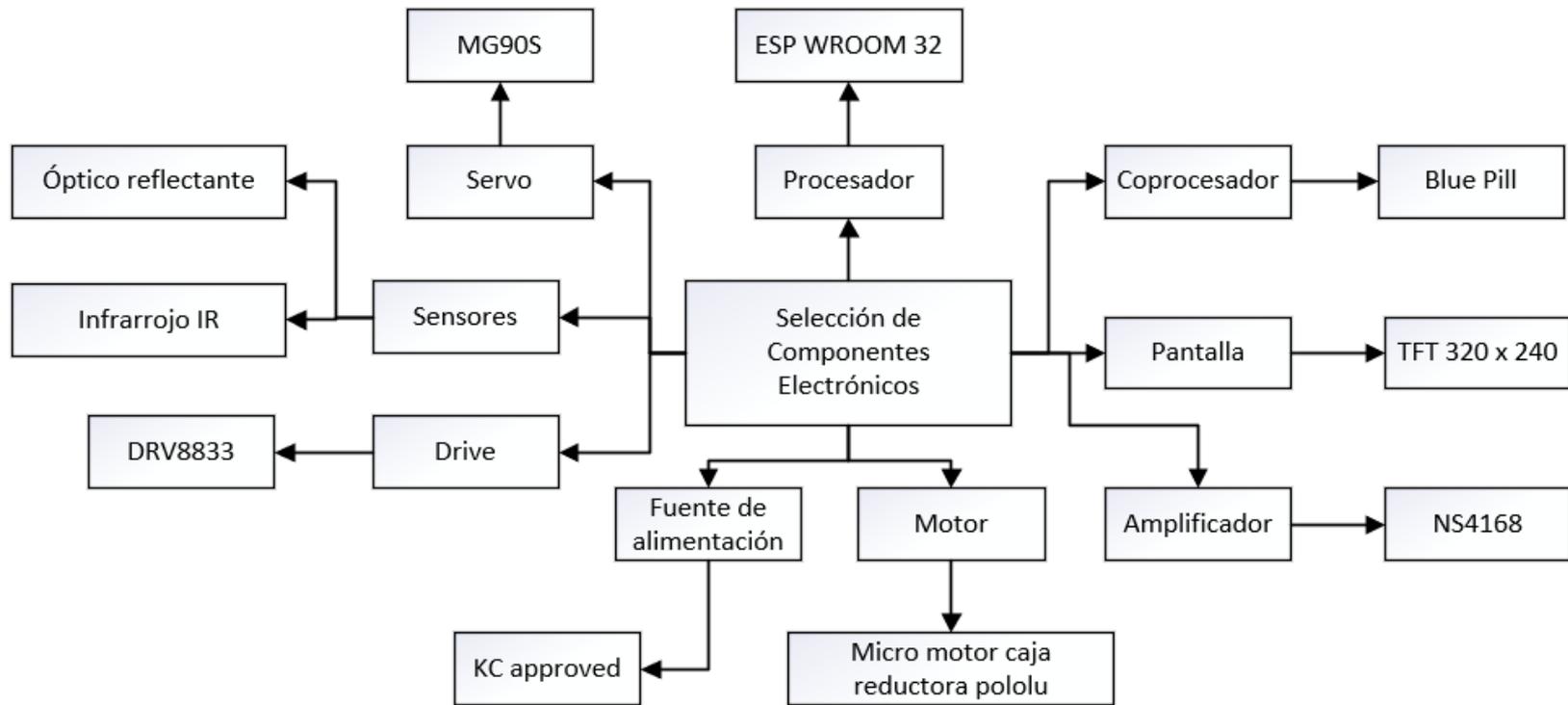
Selección del material para estructura

| Alternativa | Tiempo de impresión | Precio | Resistencia | Disponibilidad |
|-------------|---------------------|--------|-------------|----------------|
| PLA | 3 | 3 | 2 | 3 |
| TPU | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Resina | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Σ | 6 | 6 | 6 | 6 |



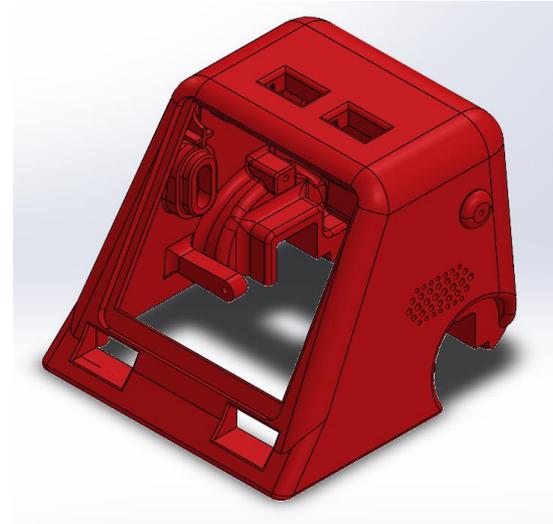
Selección de Componentes Electrónicos

Diagrama de selección de componentes electrónicos



Diseño Mecánico

El diseño mecánico se basa en el propuesto por Artil Robotics.

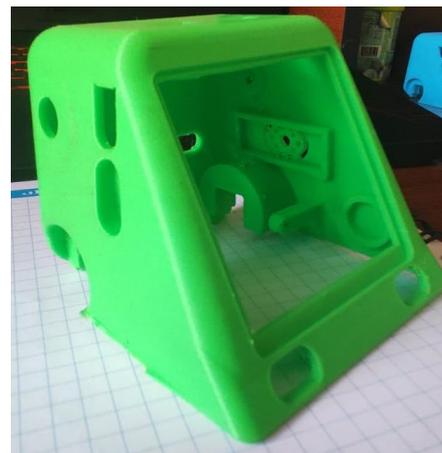


Prototipado

1



3



2

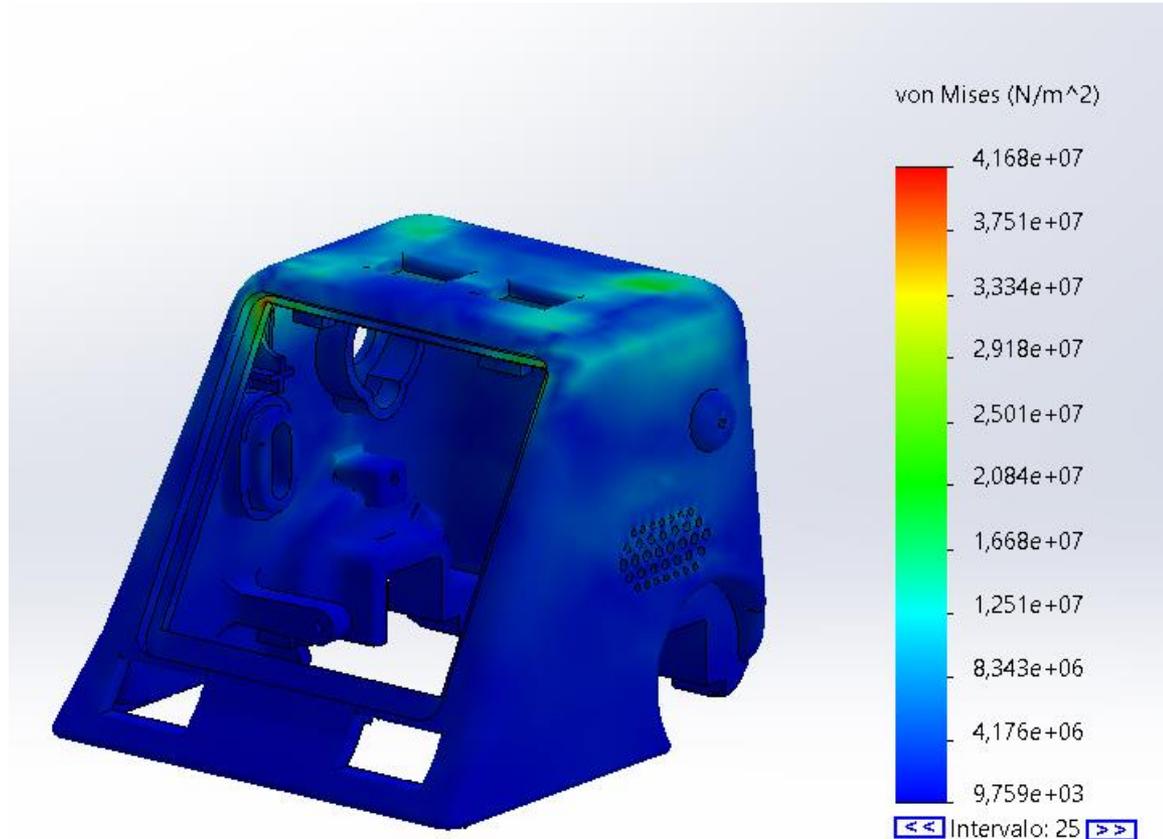


4



Análisis de Caída

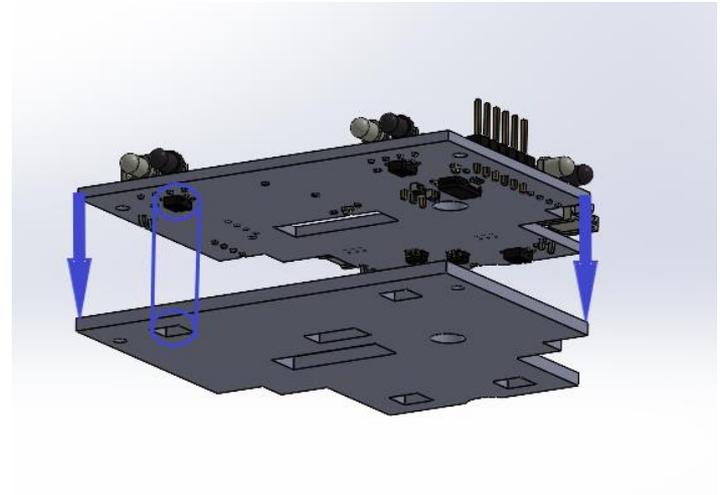
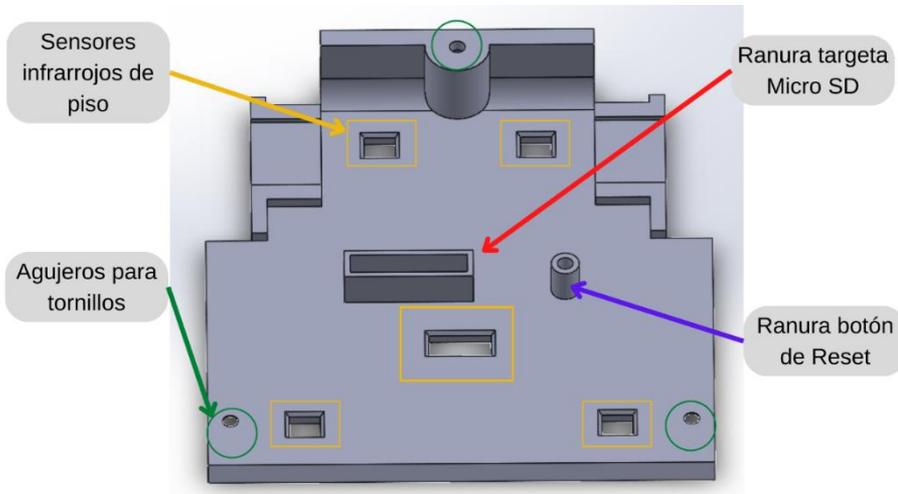
Se realiza un análisis de caída para observar cuales son los puntos vulnerables de la estructura.



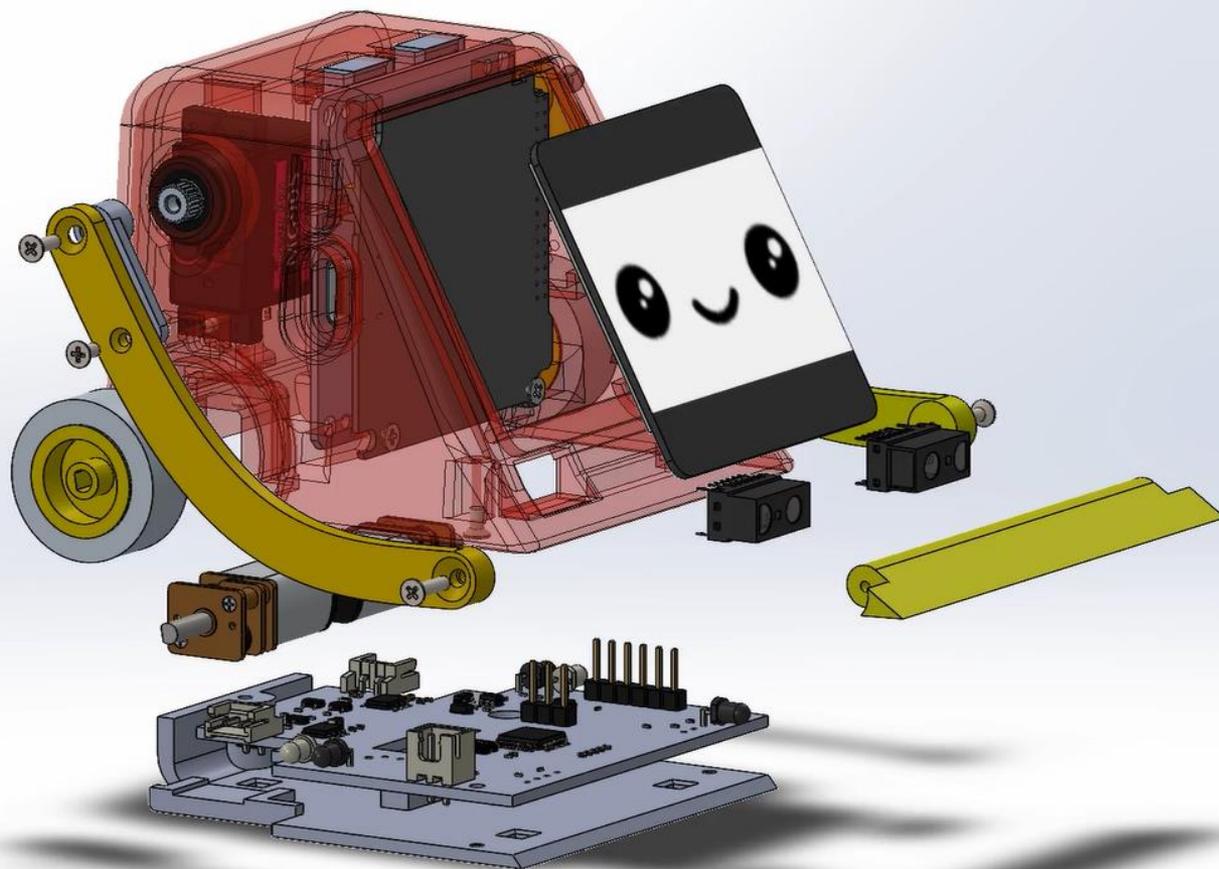
Prototipado

Diseño de la Tapa

Diseño basado para asegurar la placa y sensores de piso.

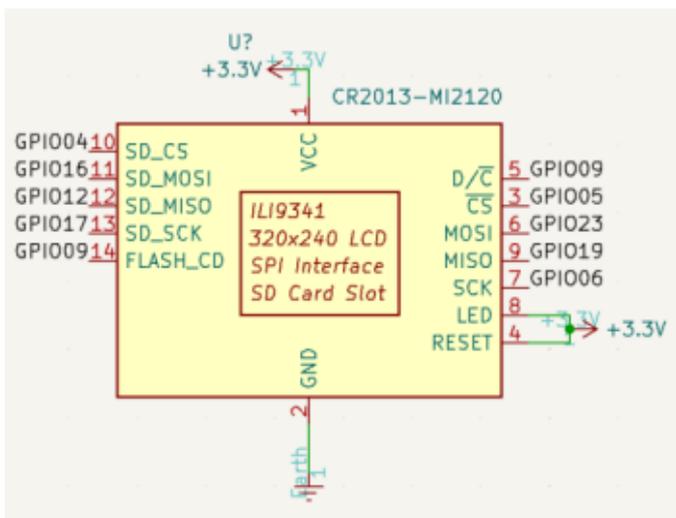


Prototipado

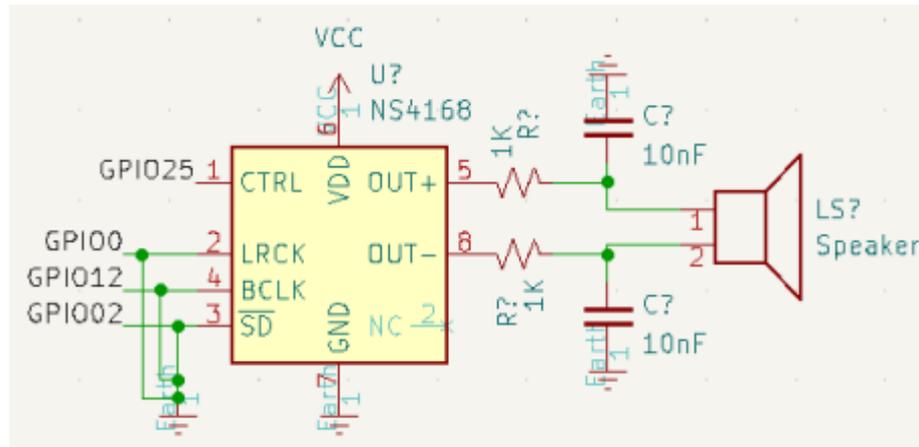


Diseño Electrónico

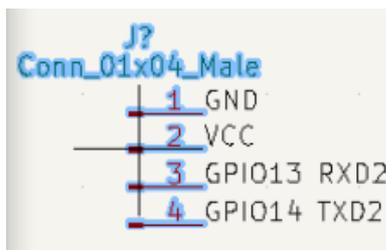
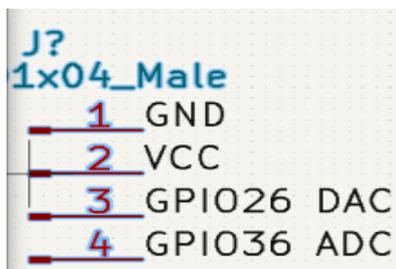
Asignación de pines de pantalla



Asignación de pines del speaker



Asignación de pines del primer y segundo puerto



Diseño Electrónico

Asignación de pines del coprocesador

| Elementos | Pines STM32F103C8T6 | Número | Elementos | Pines STM32F103C8T6 | Número |
|-----------|---------------------|--------|-----------|---------------------|--------|
| 3.3V | VDDA | 9 | GND | VSS | 47 |
| 3.3V | VDD | 48 | GND | VSSA | 8 |
| 3.3V | VDD | 36 | UB_START | PA12 | 33 |
| 3.3V | VDD | 24 | RX3 | PB11 | 22 |
| 3.3V | VBAT | 1 | TX3 | PB10 | 21 |
| RESET | NRST | 7 | 3V3 | VDD | 1 |
| BOOT0 | BOOT0 | 44 | SWDIO | PA13 | 34 |
| OSCIN | PD0 | 5 | SWDCLK | PA14 | 37 |
| OSCOUT | PD1 | 6 | GND | VSS | 23 |
| BOOT1 | PB2 | 20 | | | |
| GND | VSS | 23 | | | |
| GND | VSS | 35 | | | |

Diseño Electrónico

Asignación de pines de los 4 primeros sensores infrarrojo IR

| KICAD | PIN STM32F103C8T6 | TIPO | SEÑAL |
|-------|-------------------|------------------|---------|
| LED1 | PB15 | DIODO INFRARROJO | ANALOGA |
| LED2 | PB12 | DIODO INFRARROJO | |
| LED3 | PB14 | DIODO INFRARROJO | |
| LED4 | PB13 | DIODO INFRARROJO | |
| IR2 | PA1 | FOTOTRANSISTOR | |
| IR3 | PA7 | FOTOTRANSISTOR | |
| IR6 | PB0 | FOTOTRANSISTOR | |
| IR7 | PA3 | FOTOTRANSISTOR | |

Asignación de pines de los 4 segundos sensores infrarrojo IR

| KICAD | PIN STM32F103C8T6 | TIPO | SEÑAL |
|-------|-------------------|--------------------|---------|
| IR0 | PA2 | OPTICO REFLECTANTE | DIGITAL |
| IR1 | PB1 | OPTICO REFLECTANTE | |
| IR4 | PA0 | OPTICO REFLECTANTE | |
| IR5 | PA6 | OPTICO REFLECTANTE | |

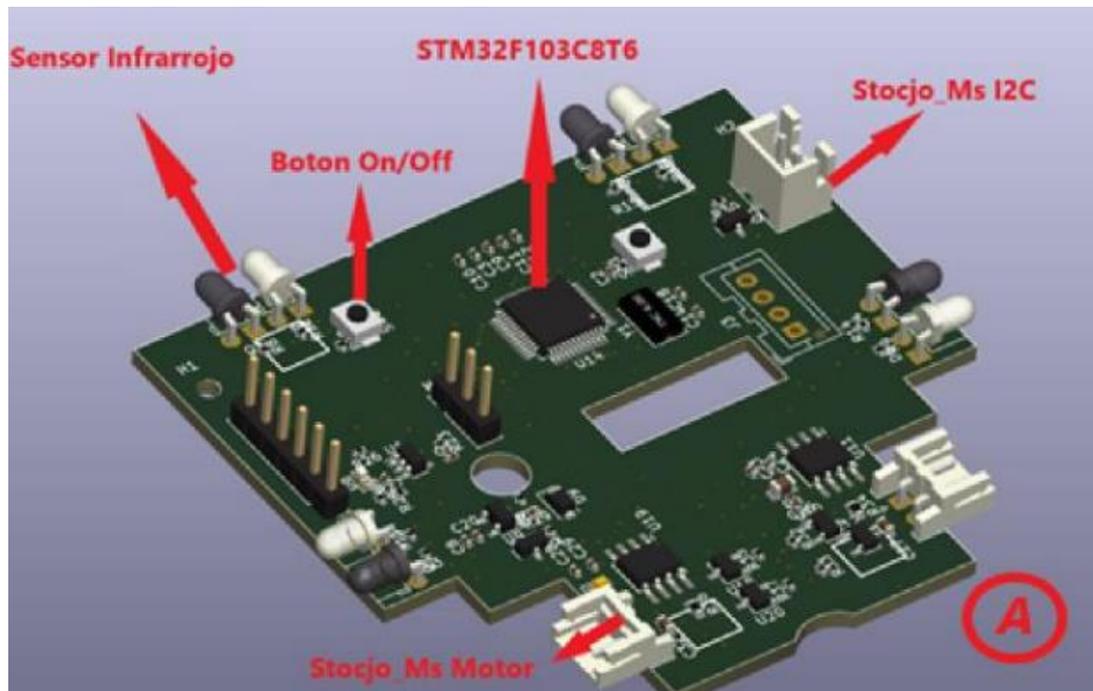
Diseño Electrónico

Asignación de pines PWM del driver del motor y servo

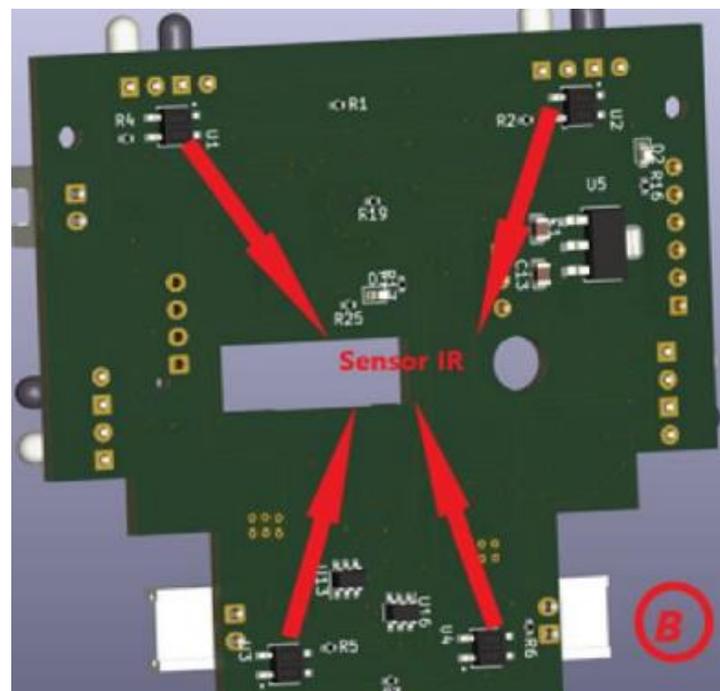
| KICAD | PIN STM32F103C8T6 | TIPO | SEÑAL |
|-----------|-------------------|---------|-------|
| ma_in1 | PB8 | DRV8833 | MOTOR |
| ma_in2 | PB9 | DRV8833 | |
| mb_in1 | PA9 | DRV8833 | |
| mb_in2 | PA10 | DRV8833 | |
| SERVO_PIN | PA8 | MG90S | Servo |

Diseño Electrónico

Coprocador parte superior



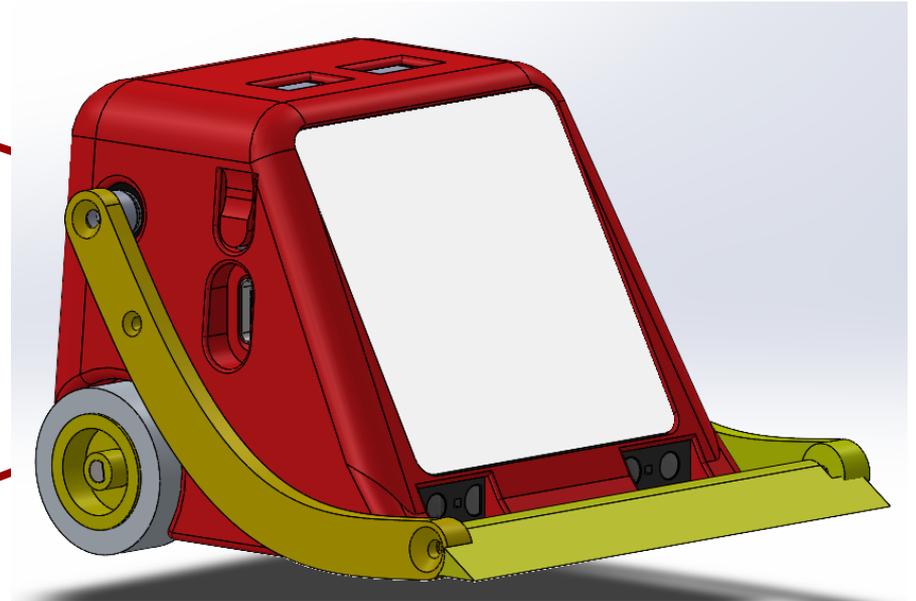
Coprocador parte inferior



Programación

Autonomía
(Motor de emociones)

Aplicación Móvil
(Android e iOS)



Motor de Emociones

Configuración:

- Pantalla: https://github.com/adafruit/Adafruit_ILI9341.git
- Speaker: <https://mhnexus.de/en/hxd/>
- Motor y Servo

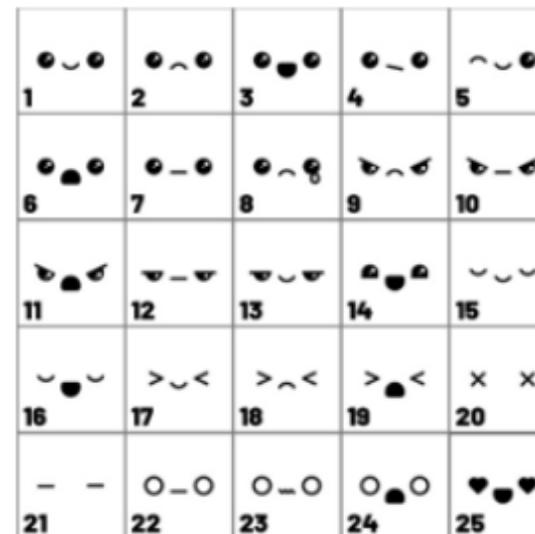
```
int freqm= 100;
int ledChannelin1 = 1;
int ledChannelin2 = 2;
int ledChannelin3 = 3;
int ledChannelin4 = 4;
int resolution = 8;
void setup() {
  ledcSetup(ledChannelin1, freqm, resolution);
  ledcAttachPin(in1, ledChannelin1);
  ledcSetup(ledChannelin2, freqm, resolution);
  ledcAttachPin(in2, ledChannelin2);
  ledcSetup(ledChannelin3, freqm, resolution);
  ledcAttachPin(in3, ledChannelin3);
  ledcSetup(ledChannelin4, freqm, resolution);
  ledcAttachPin(in4, ledChannelin4);
}
```

- Sensores
 - pinMode(PA2, INPUT)
 - digitalRead(PA2)

Motor de Emociones

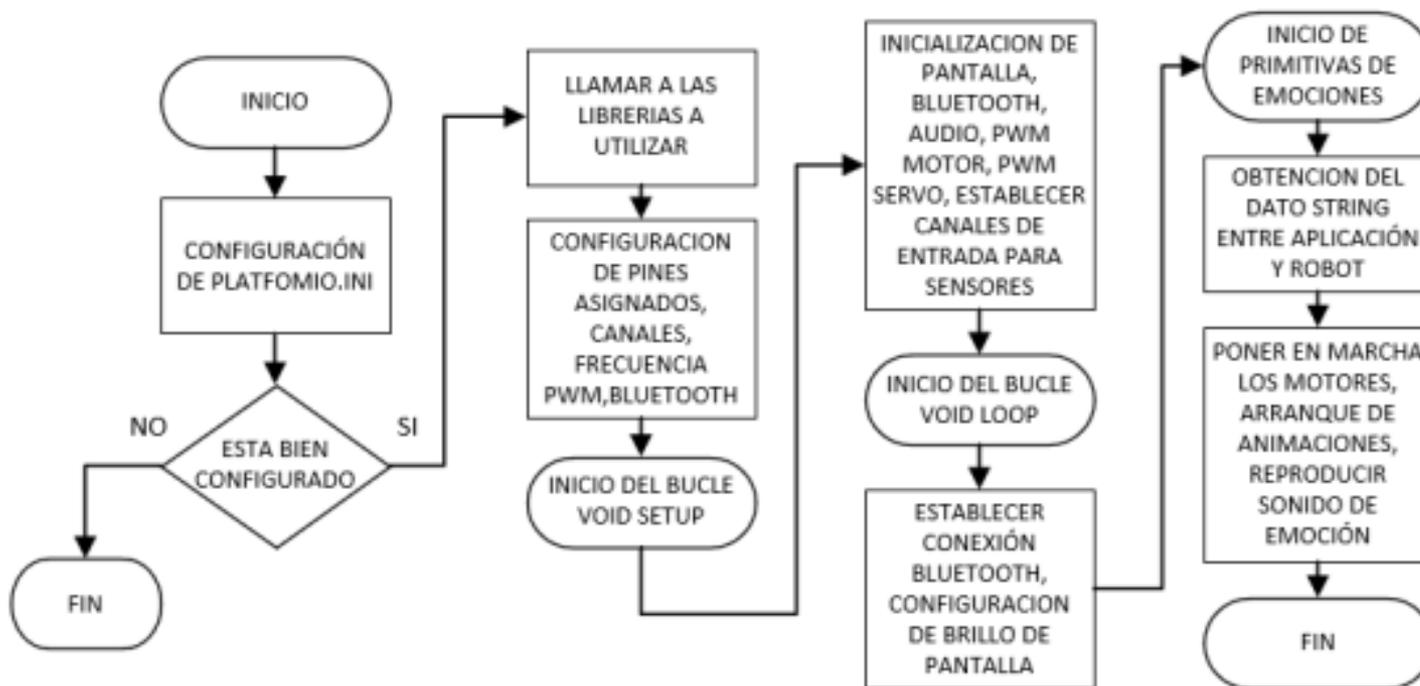
Asignación de emociones

| Emociones | Numero de expresión |
|----------------|------------------------------------|
| Asustado | FACE_21, FACE_22, FACE_23, FACE_24 |
| Necesita carga | FACE_18, FACE_19, FACE_20 |
| Coqueto | FACE_1, FACE_3, FACE_5 |
| Despertando | FACE_13, FACE_14, FACE_1 |
| Dormilón | FACE_15, FACE_16 |
| Enamorado | FACE_17, FACE_25 |
| Enojado | FACE_12, FACE_10, FACE_9, FACE_11 |
| Feliz | FACE_1, FACE_3, FACE_14 |
| Molesto | FACE_7, FACE_4, FACE_18 |
| Sorprendido | FACE_7, FACE_4, FACE_6 |
| Triste | FACE_7, FACE_2, FACE_8 |

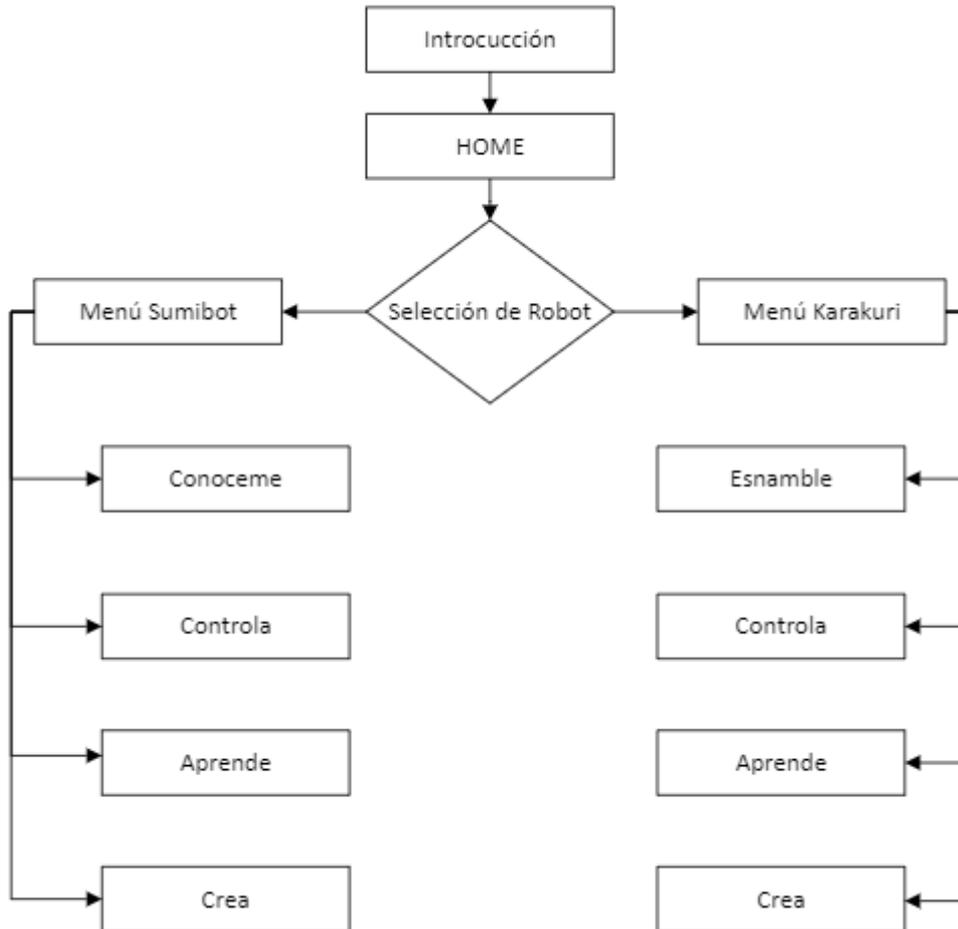


Motor de Emociones

Diagrama de flujo de primitivas



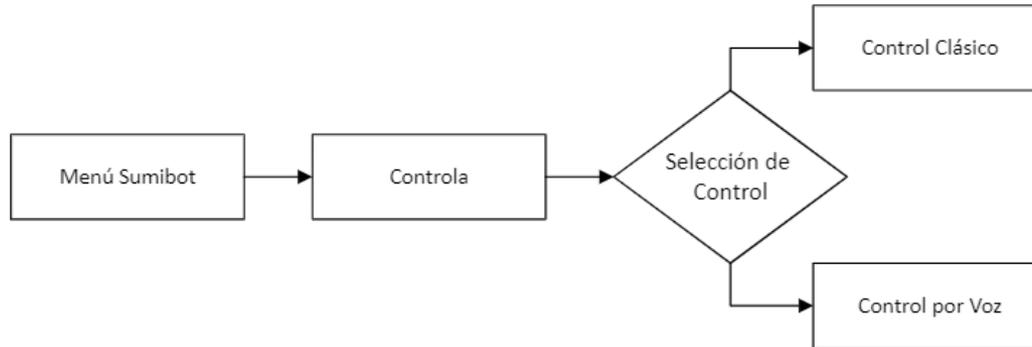
Aplicación



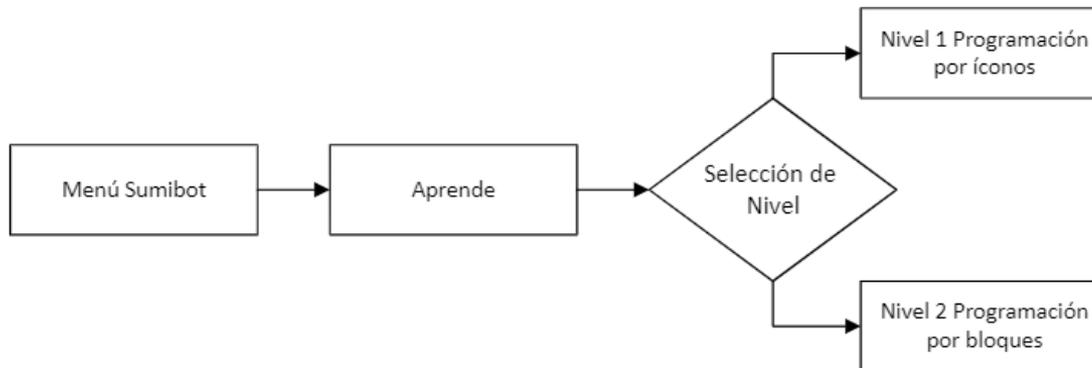
Multiplataforma Unity permite el diseño de manera más profesional y la integración mediante código

Esquemas de Control

Escena de Controla



Escena de Aprende



Escenas de la Interfaz

HOME



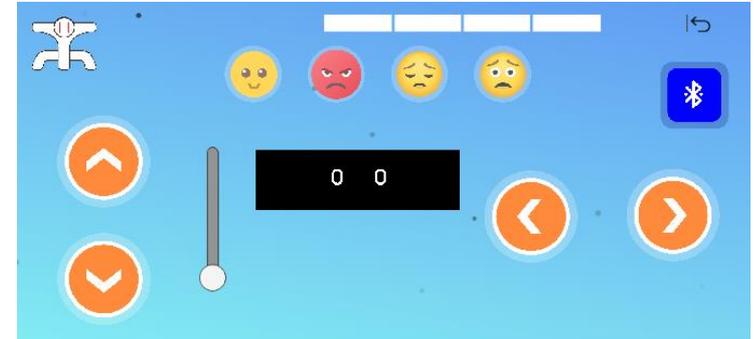
CONÓCEME



CONTROLA



CONTROL CLÁSICO



CONTROL POR VOZ

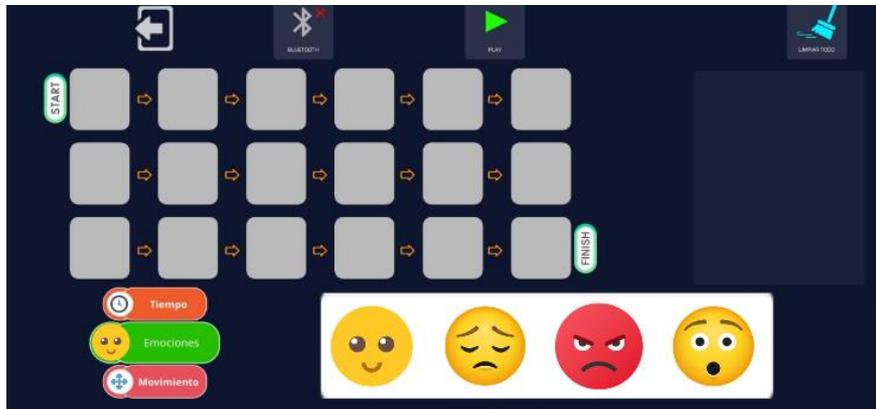


Escenas de la Interfaz

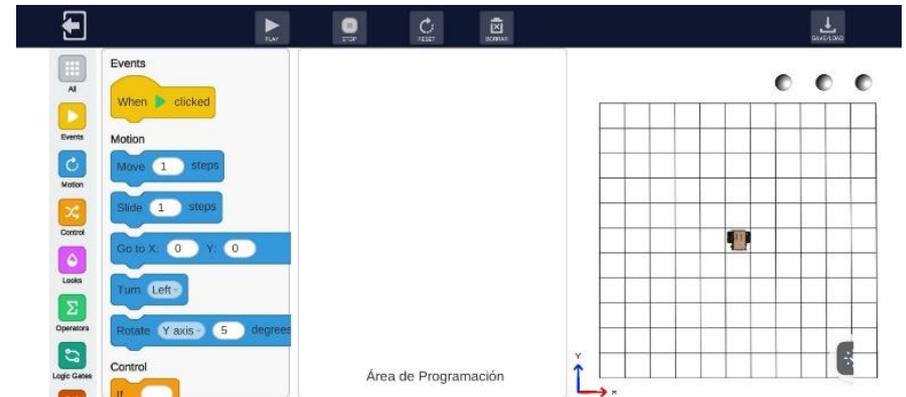
APRENDE



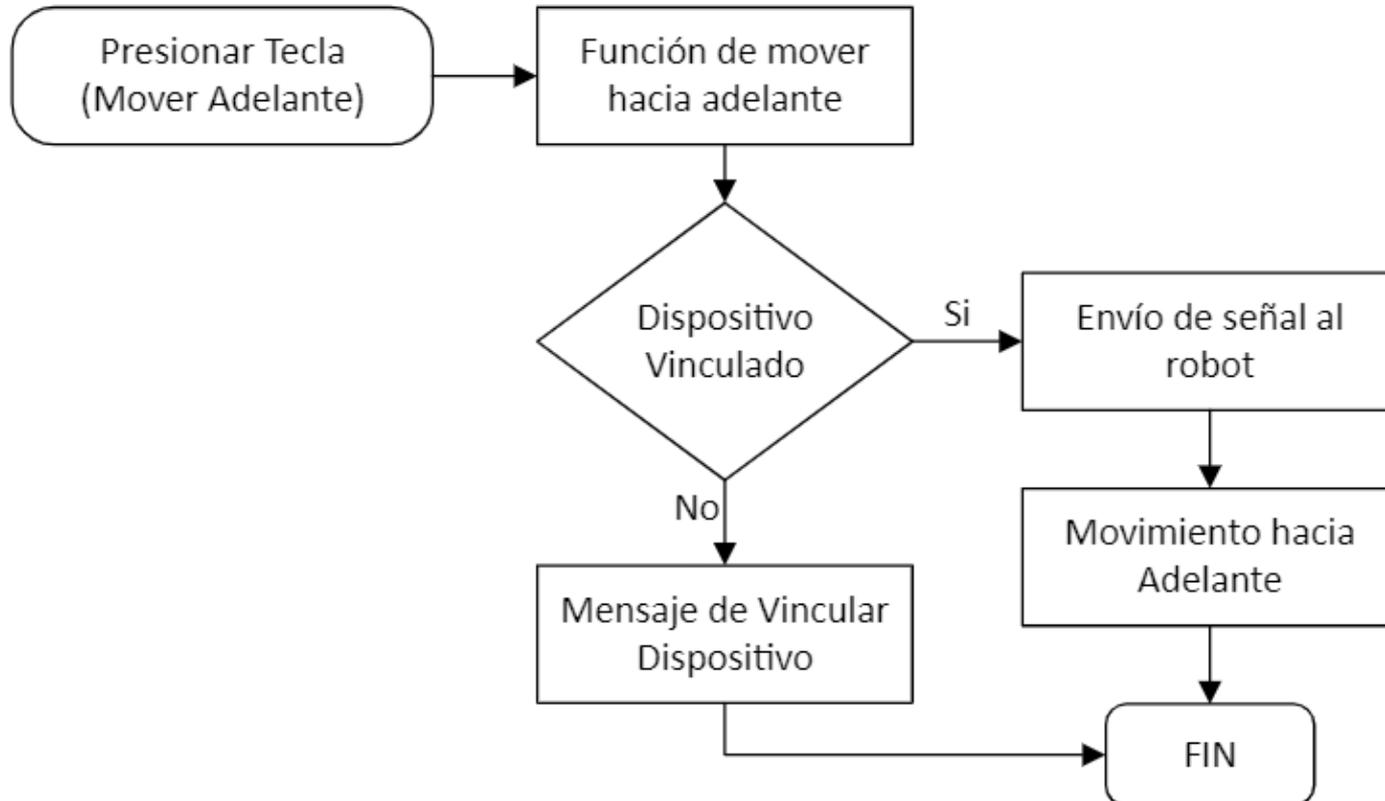
NIVEL 1 PROGRAMACIÓN POR ÍCONOS



NIVEL 2 PROGRAMACIÓN POR BLOQUES



Algoritmo de envío de Señal



Pruebas y Resultados



Conexión Bluetooth

Declaración de Servicios y Características

```

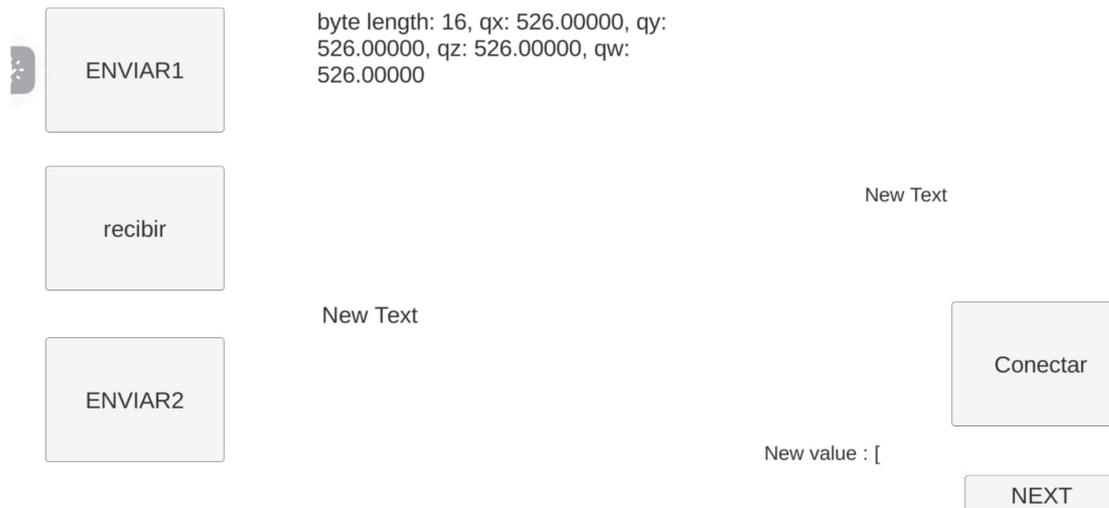
//////////definicion de servicios
static BLEUUID serviceUUID("Servicio");
static BLEUUID enviodatoUUID("caracteristica envio de datos");
static BLEUUID recibirdatoUUID("caracteristica de recepcion de datos");
    
```

IDE de Arduino

```

59.637 -> COMIENZO DE PROGRAMA
00.423 -> Waiting a client connection to notify...
09.809 -> VINCULADO==>
10.921 -> Conectado*****
    
```

Interfaz de Pruebas de Conexión



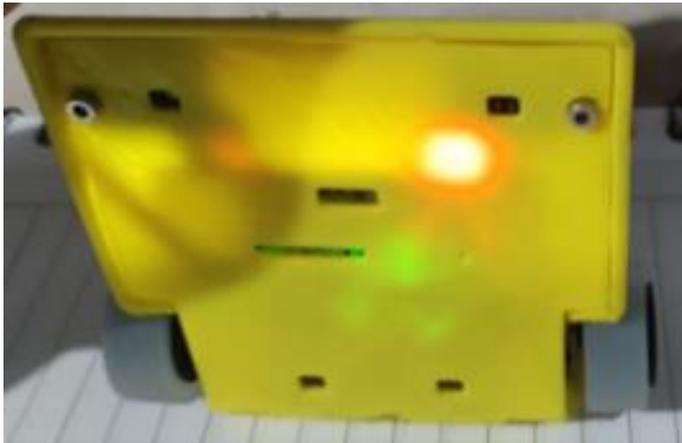
The interface consists of several components:

- Three buttons on the left: "ENVIAR1", "recibir", and "ENVIAR2".
- Text output area: "byte length: 16, qx: 526.00000, qy: 526.00000, qz: 526.00000, qw: 526.00000".
- Input area: "New Text" and "New value : [".
- Buttons: "Conectar" and "NEXT".

Duración de Batería

| | Top Wholesale | KC Approved | CE ROHS |
|--------------------|---------------|----------------|--------------|
| Tamaño | 0.4x2x5 cm | 0.5x2.5x3.7 cm | 0.6x2x3.7 cm |
| Voltaje | 3.7 V | 3.7 V | 3.7 V |
| Amperaje | 280 mAh | 400mAh | 390 mAh |
| Peso | 5g | 5g | 6g |
| Temperatura | 25°C | 20 a 23°C | 20 a 23°C |

Focus Group
3 horas y media ---- 50%



Focus Group

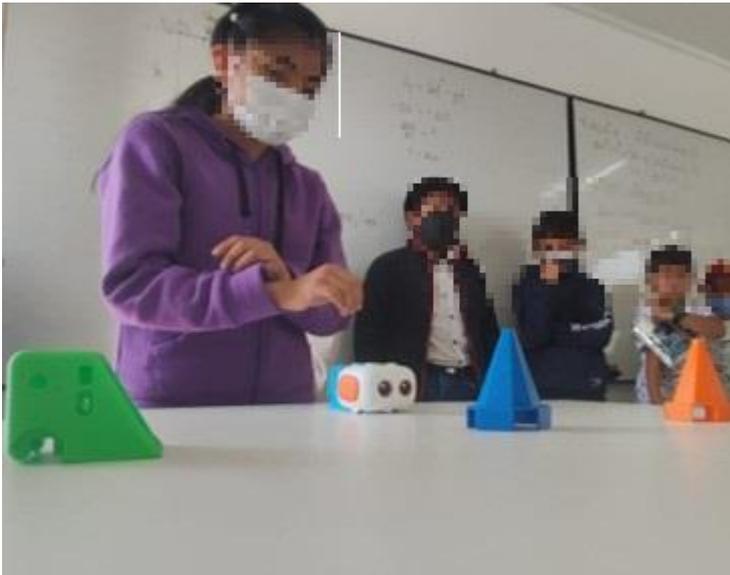
Se realizó las pruebas con dos grupos de 6 niños, en el primer grupo se trabajó con el robot y el segundo grupo se le dio una clase teórica y al final se generó una encuesta al docente a cargo.



Explicación del funcionamiento del Robot y la Aplicación.

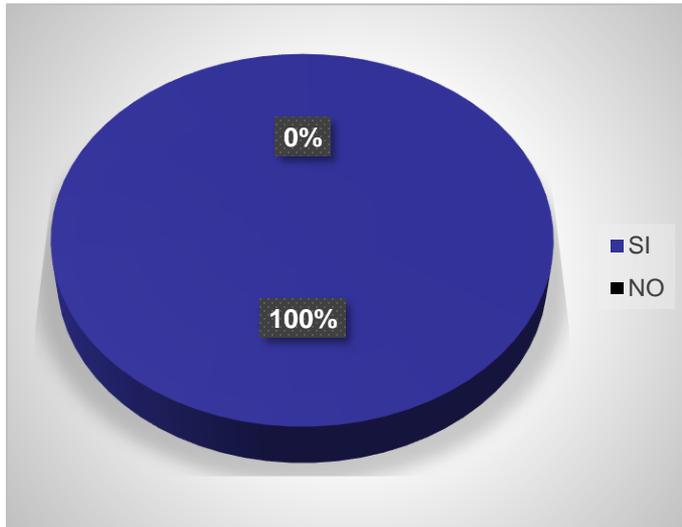
Focus Group

Al final a ambos grupos se les dio un reto (evadir obstáculos) para medir el nivel de aprendizaje que obtuvieron.

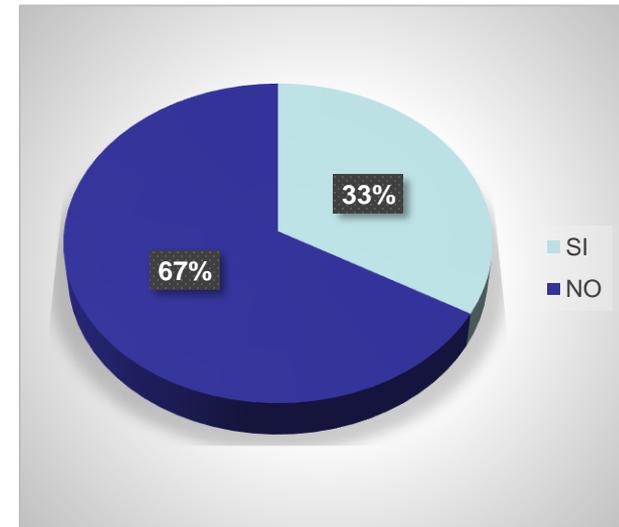


Resultados de la Encuesta

¿Aprendió con el uso del Robot?



¿Aprendió con la clase teórica?



Validación de Hipótesis

Para la validación de hipótesis se la realiza con el 95% de confianza y se aplica Chi-Cuadrado para el análisis de dependencia de variables.

(H_o) = El Diseño e implementación de un robot social interactivo con robótica cognitiva no contribuirá la educación STEAM a niños y niñas de 8 a 12 años para la empresa Artil Robotics en la ciudad de Ambato.

(H_i) = El Diseño e implementación de un robot social interactivo con robótica cognitiva contribuirá la educación STEAM a niños y niñas de 8 a 12 años para la empresa Artil Robotics en la ciudad de Ambato,

Validación de Hipótesis

Tabla de resultados de la encuesta.

| | | Herramienta STEAM | | |
|---------------|----|-------------------|--------------|-------|
| | | Con el Robot | Sin el Robot | Total |
| ¿Aprendieron? | SI | 6 | 2 | 8 |
| | NO | 0 | 4 | 4 |
| Total | | 6 | 6 | 12 |

Frecuencias esperadas.

| | | Herramienta STEAM | | |
|---------------|----|-------------------|--------------|-------|
| | | Con el Robot | Sin el Robot | Total |
| ¿Aprendieron? | SI | 4 | 4 | 8 |
| | NO | 2 | 2 | 4 |
| Total | | 6 | 6 | 12 |

Validación de Hipótesis

Cálculo de Chi-Cuadrado

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - f_i)^2}{f_i}$$

Donde:

X^2 = Estadístico Chi-Cuadrado

O_i = Frecuencia observadas

f_i = Frecuencia esperada

| Datos | O_i | f_i | $O_i - f_i$ | $(O_i - f_i)^2$ | $\frac{(O_i - f_i)^2}{f_i}$ |
|-----------------------------|-------|-------|-------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Aprendieron con el robot | 6 | 4 | 2 | 4 | 1 |
| No aprendieron con el robot | 0 | 2 | -2 | 4 | 2 |
| Aprendieron sin el robot | 2 | 4 | -2 | 4 | 1 |
| No aprendieron sin el robot | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| Total | | | | $\sum \frac{(O_i - f_i)^2}{f_i}$ | 6 |

Validación de Hipótesis

Distribución de Chi-Cuadrado para el 95% de confianza.

| Grados de libertad | Áreas en la cola superior | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 0.995 | 0.99 | 0.975 | 0.95 | 0.90 | 0.10 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 |
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.004 | 0.016 | 2.706 | 3.841 | 5.024 | 6.635 | 7.879 |
| 2 | 0.010 | 0.020 | 0.051 | 0.103 | 0.211 | 4.009 | 5.991 | 7.378 | 9.210 | 10.597 |
| 3 | 0.072 | 0.115 | 0.216 | 0.352 | 0.584 | 6.251 | 7.815 | 9.348 | 11.345 | 12.838 |
| 4 | 0.207 | 0.297 | 0.484 | 0.711 | 1.064 | 7.779 | 9.488 | 11.143 | 13.277 | 14.860 |

$$X_{calculado}^2 > X_{tablas}^2$$

$$6 > 3.841$$

Se rechaza la hipótesis Nula y se acepta la hipótesis Alternativa:

“El Diseño e implementación de un robot social interactivo con robótica cognitiva contribuirá la educación STEAM a niños de 8 a 12 años para la empresa Artil Robotics en la ciudad de Ambato”

Conclusiones

Se desarrolló un robot social que permite la interacción con los niños y niñas que sirve como herramienta para la educación STEAM, basado en un motor de emociones el cual permite formar lazos de empatía con el usuario al presentar comportamiento inteligente que con la adquisición de datos de los sensores su comportamiento puede variar de forma autónoma y además ser controlado por medio de la aplicación móvil.

Mediante la investigación de los componentes que existen en el mercado se seleccionó los dispositivos electrónicos compatibles entre librerías, procesador, coprocesador que cumplen con los criterios de las métricas establecidas.

Se diseñó el esquemático de los componentes electrónicos y se implementó la placa PCB en la que se destaca la comunicación I2C entre el procesador y coprocesador para la obtención de datos de los sensores ópticos, infrarrojos y permita generar la movilidad al robot por medio los actuadores.

Se diseñó el modelo CAD teniendo en cuenta las dimensiones de la pantalla y de los componentes electrónicos que se encuentran en la parte interior del robot, se realizó un análisis estructural para determinar si el material y diseño cumplen con las necesidades y no afecte con la estética y la funcionalidad.

Conclusiones

Se desarrolló una aplicación móvil en la plataforma Unity para los sistemas operativos Android e iOS la cual mediante conexión bluetooth permite la interacción con el robot ya sea por medio del control clásico o control por voz y posee modos de juegos que están separados por niveles de dificultad los cuales serán desbloqueados según el niño adquiera conocimientos en programación.

Se desarrollo un firmware capaz de recibir datos de los sensores ópticos e infrarrojos para controlar los actuadores y brindar una integración entre controlador y las primitivas de las emociones para tener un comportamiento cognitivo capaz de emular emociones en el robot.

Mediante pruebas se verificó el funcionamiento de todos los sistemas del robot y aplicación móvil, mediante encuestas realizadas al Focus Group se validó como herramienta STEAM el cual contribuye al aprendizaje de los niños y niñas.

Recomendaciones

Evitar que la descarga de la batería sea menor al 40% y no cargar por largo tiempo, únicamente hasta que se encuentre cargada completamente para alargar la vida útil de la batería.

No forzar con movimientos bruscos a los brazos del robot ya que se puede dañar el servomotor.

No obstaculizar cualquier entrada ya sea de sensor o entrada superior de pines DAC/ADC, RTX/TDX con cualquier objeto

Evitar la manipulación del robot con las manos mojadas especialmente por la pantalla táctil y evitar caídas directas hacia la pantalla para alargar su vida útil.

Al instalar la aplicación es necesario dar todos los permisos necesarios a la aplicación para poder usarlos correctamente ya que necesita de conectividad bluetooth la cual se tiene que establecer vinculando antes el dispositivo al teléfono celular.

GRACIAS!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA