

# **Diseño de sistemas digitales basados en microcontrolador**

**FutBot (Fútbol Robot)**

**Layla Vanessa Zúñiga Hidrobo**

[laylazuniga@unicauca.edu.co](mailto:laylazuniga@unicauca.edu.co)

Fac. Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Microcontroladores

Grupo B

**Carlos Hernan Tobar Arteaga**

[carlost@unicauca.edu.co](mailto:carlost@unicauca.edu.co)

Mayo 2024

Popayán, Colombia

**Resumen**

En la práctica que se presentará a continuación se tiene como objetivo el diseño de un sistema digital basado en microcontroladores para la creación de un robot futbolista. Incluye la especificación del propósito y los requisitos del sistema, así como el proceso que define los casos de uso del mismo. Además, se aborda la especificación del modelo de dominio, que define las entidades físicas y los dispositivos que conforman el sistema, y el modelo de información, que establece la estructura de toda la información del sistema. El documento también cubre el desarrollo de componentes y la integración de estos, junto con los dispositivos necesarios para el funcionamiento del robot futbolista.

## Tabla de contenido

PORTADA.....	1
RESUMEN.....	2
TABLA DE CONTENIDO.....	3
DESARROLLO.....	4
Marco teórico.....	4
Propósitos y requisitos .....	5
Proceso.....	6
Especificación del proceso.....	6
Especificación del modelo dominio.....	7
Especificación del modelo de información.....	8
Integración de dispositivos y componentes.....	9
Desarrollo de la aplicación .....	10
PROYECTO FINAL.....	11
Implementación física.....	11
Desarrollo de la aplicación.....	13
Código.....	14
CONCLUSIONES.....	16
WEBGRAFÍA.....	17

## Desarrollo

### 1. Marco teórico

- **Microcontrolador:** Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene todos los componentes esenciales de un computador en un solo chip. Estos componentes incluyen una unidad central de procesamiento (CPU), memoria de programa, memoria de datos, puertos de entrada/salida (E/S) y periféricos integrados. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea específica en dispositivos electrónicos, como electrodomésticos, dispositivos médicos, sistemas de automóviles, entre otros. Debido a su reducido tamaño y bajo consumo de energía, los microcontroladores suelen ser incorporados en el propio dispositivo al que gobiernan, lo que los hace ideales para aplicaciones embebidas.
- **Sistema digital:** Un Sistema Digital es aquel que recibe, procesa y transmite información en forma de señales discretas o digitales, en contraste con las señales analógicas que varían continuamente. Estas señales digitales se representan mediante valores discretos, como bits (0 o 1), y son procesadas por componentes digitales como puertas lógicas, flip-flops y microprocesadores. Antes de iniciar la etapa de diseño de un sistema digital, es fundamental realizar una serie de definiciones para establecer la nomenclatura que se utilizará durante el proceso de diseño, lo que ayuda a garantizar la consistencia y comprensión en todas las etapas del desarrollo del sistema.
- **Diseñar en sistemas digitales:** El diseño en sistemas digitales implica la creación de sistemas que pueden generar, procesar, transmitir o almacenar señales utilizando valores discretos o digitales. Estos sistemas se basan en la lógica digital, que manipula símbolos discretos (bits) mediante operaciones lógicas como AND, OR y NOT. El diseño puede abarcar desde la especificación de requisitos hasta la implementación física del sistema, pasando por etapas como el diseño lógico, el diseño de circuitos, la simulación y la verificación. Es fundamental para garantizar que el sistema cumpla con los requisitos funcionales, de rendimiento y de confiabilidad establecidos.

## 2. Propósito y requisitos

Propósito	Diseñar un sistema robótico manejado mediante un control remoto, destinado a la participación directa en partidos de fútbol. Este sistema garantizará el control detallado sobre los movimientos, acciones y estrategias ejecutadas por el robot durante los encuentros, con el propósito de crear un dispositivo eficaz y adaptable para esta práctica.
Comportamiento	El funcionamiento del robot futbolista se centra en su manejo controlado a distancia a través del uso del mando a distancia. Mediante este dispositivo, el usuario podrá dirigir las acciones y movimientos del robot durante los partidos de fútbol. Estas acciones incluyen movimientos hacia adelante, hacia atrás, así como giros a la izquierda y a la derecha. Esto proporciona una experiencia interactiva y personalizada en el terreno de juego, permitiendo al usuario controlar de manera precisa y dinámica el desempeño del robot durante el juego.
Requisito de gestión del sistema	El sistema deberá proporcionar capacidades de control y supervisión remota. Esto permitirá al usuario gestionar y monitorear las acciones del robot futbolista desde el mando a distancia.
Requisito de usabilidad	El sistema debe proporcionar una interfaz de usuario intuitiva en el mando a distancia para permitir al usuario interpretar y tomar decisiones basadas en la información en tiempo real del juego, como la posición del balón y de los demás jugadores.
Requisito de despliegue de la aplicación	La aplicación de control remoto deberá ser instalada localmente en el dispositivo móvil del usuario, pero debe permitir el acceso remoto al robot futbolista a través de una conexión Bluetooth. Esto asegurará que el usuario pueda controlar el robot de forma inalámbrica desde su dispositivo móvil, ofreciendo flexibilidad y comodidad durante su uso.
Requisito de seguridad	El sistema debe contar con medidas básicas de seguridad, incluyendo la capacidad de autenticación de usuarios. Esto garantizará que solo usuarios autorizados puedan acceder y controlar el robot futbolista a través de la aplicación de control remoto por Bluetooth, asegurando la integridad del juego y evitando trampas durante su ejecución.
Requisito de gestión de energía	Es fundamental implementar un mecanismo de gestión de energía para el robot futbolista que asegure un uso eficiente de la batería. Se deberá encender el switch del robot únicamente cuando sea necesario para evitar un consumo excesivo de energía y prevenir la descarga completa de la batería durante períodos de inactividad. Esto garantizará una mayor duración de la batería y un rendimiento óptimo del robot durante los partidos de fútbol.

### 3. Proceso

- Especificación del proceso

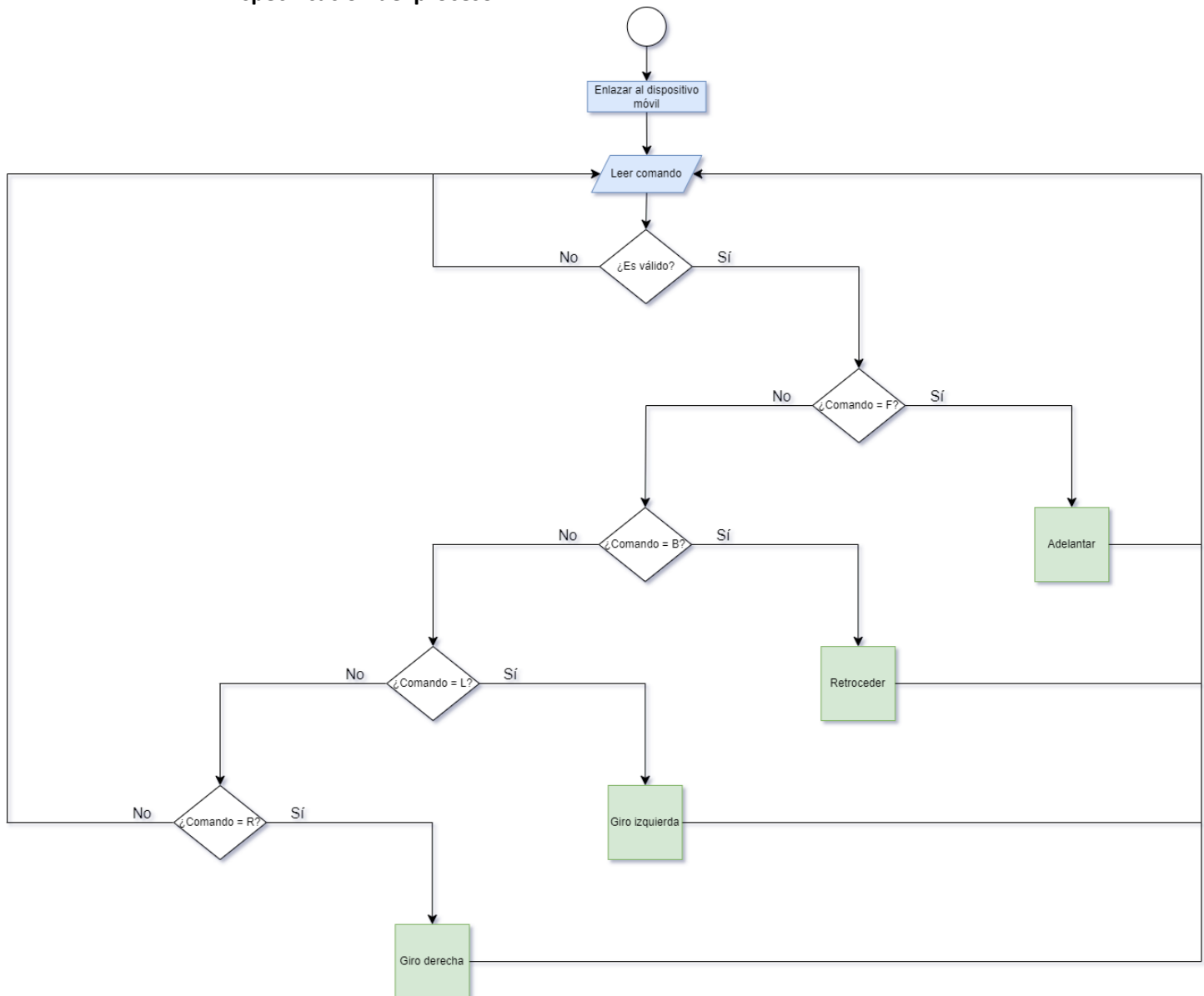


Figura 1.

Este diagrama de flujo detalla el proceso de funcionamiento del robot futbolista una vez que ha recibido una orden tras ser enlazado con su control. Al recibir la orden, el robot comienza preguntando si debe avanzar. Si la respuesta es afirmativa, avanza según lo indicado. Si la orden es negativa, el robot entonces pregunta si debe retroceder. En caso afirmativo, retrocede siguiendo la instrucción; de lo contrario, el robot continúa el proceso preguntando si debe girar a la izquierda. Si la respuesta es sí, el robot se dirige hacia la izquierda. Si no, el robot finalmente pregunta si debe girar a la derecha. Si la respuesta es afirmativa, entonces el robot se dirige hacia la derecha. Este ciclo de preguntas y acciones asegura que el robot responda de manera adecuada y precisa a las instrucciones recibidas, garantizando su correcto desempeño durante el juego de fútbol.

En resumen, el diagrama es una representación visual del proceso detallado por el cual el robot futbolista procesa y ejecuta las órdenes recibidas. Desde el análisis inicial hasta la ejecución final, el robot sigue un flujo específico que le permite responder de manera precisa y eficiente a las instrucciones del control, asegurando un desempeño óptimo durante su participación en el juego.

● Especificación del modelo de dominio

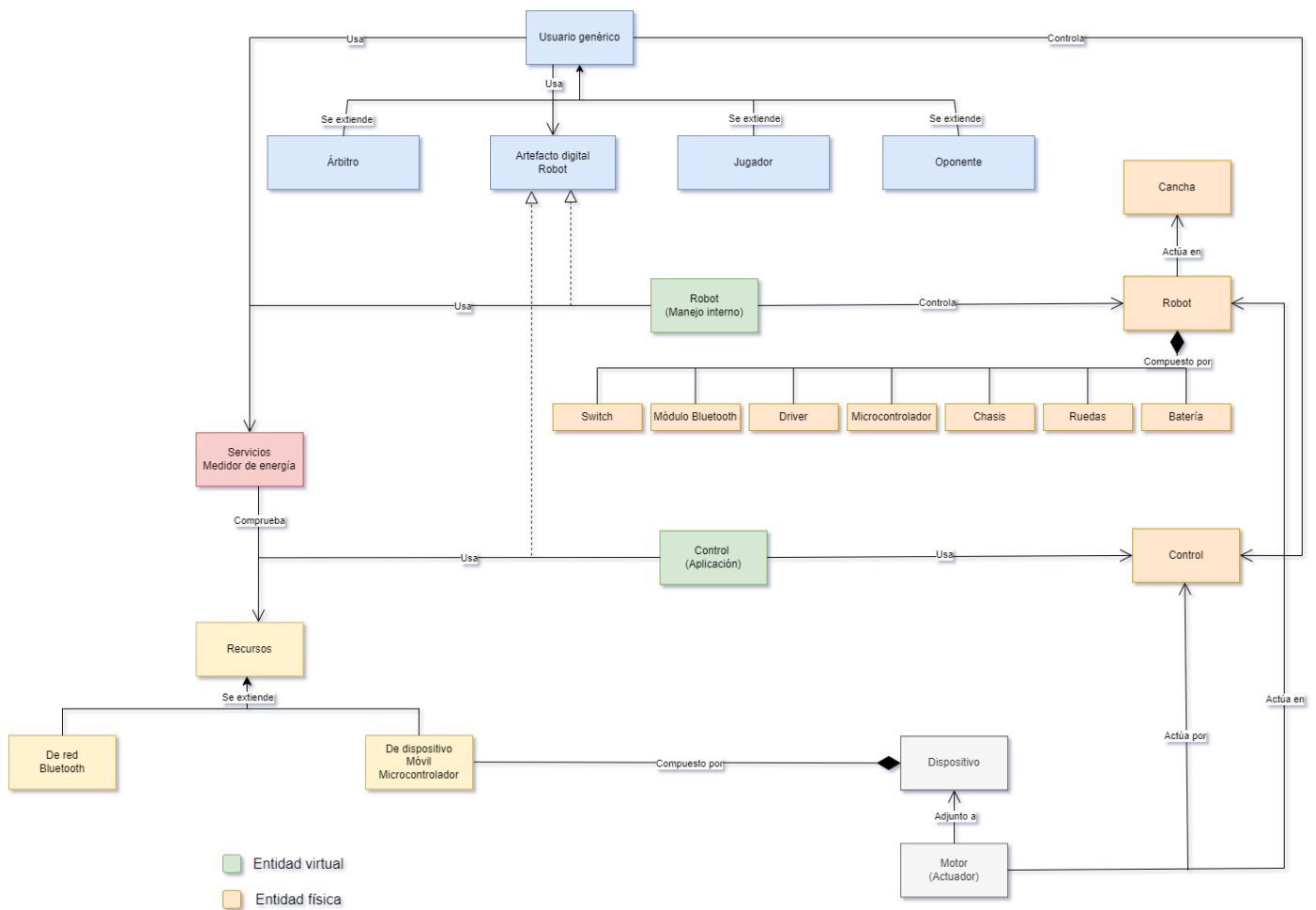


Figura 2.

Este diagrama de dominio ofrece una representación integral de todos los elementos esenciales y requisitos cruciales para el desarrollo del robot, detallando exhaustivamente las interconexiones entre ellos y los recursos necesarios para su funcionamiento óptimo. No solo presenta entidades físicas involucradas en el proyecto, sino también entidades virtuales, esbozando claramente las relaciones complejas y las dependencias dentro del sistema. Al proporcionar una visión holística del ecosistema del proyecto, el diagrama resalta cómo cada componente contribuye de manera significativa al funcionamiento global del robot y cómo estas contribuciones se entrelazan para lograr los objetivos establecidos, lo que facilita una comprensión más profunda y una planificación más efectiva del desarrollo del robot.

En resumen, el diagrama de dominio sirve como una herramienta visual crucial que no solo identifica los componentes y requisitos esenciales para la creación del robot, sino que también revela las complejas relaciones y dependencias entre ellos. Esta representación detallada proporciona una comprensión clara y completa del ecosistema del proyecto, destacando cómo cada elemento contribuye al funcionamiento general del robot y cómo estas contribuciones se interconectan para lograr los objetivos del proyecto de manera efectiva y eficiente.

- Especificación del modelo de información

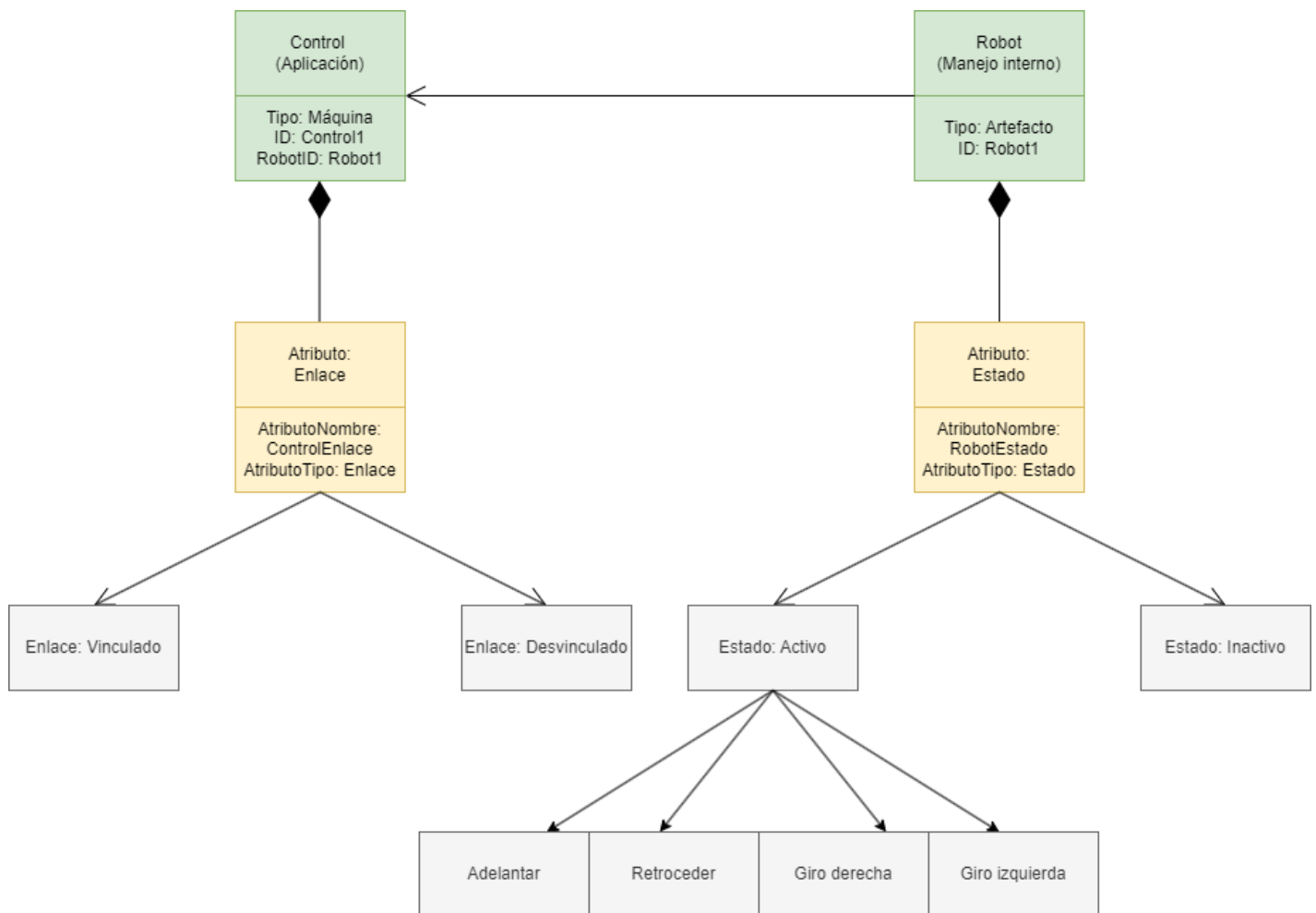


Figura 3.

Este diagrama de información proporciona una perspectiva detallada sobre las dos entidades virtuales esenciales, al describir exhaustivamente sus atributos y tipos específicos. Además, ilustra los diversos estados posibles que estas entidades pueden atravesar, con la capacidad de subdividir estos estados según las necesidades particulares del sistema. Esta representación enriquecida no solo profundiza la comprensión de las características y dinámicas de las entidades virtuales, sino que también resalta su flexibilidad inherente al permitir adaptaciones precisas según las demandas del proyecto, lo que resulta vital para su funcionamiento eficiente y efectivo.

Al proporcionar una visión más completa de las características y comportamientos de las entidades virtuales, este diagrama facilita una comprensión más profunda de su papel dentro del proyecto en general. Esto no solo ayuda en el diseño y desarrollo de sistemas más robustos y adaptativos, sino que también sirve como una herramienta valiosa para la visualización y la comunicación de conceptos complejos dentro del equipo de trabajo. En última instancia, esta representación detallada contribuye significativamente a la implementación exitosa del proyecto, al proporcionar una guía clara y concisa para la gestión y optimización de las entidades virtuales involucradas.



- Integración de dispositivos y componentes

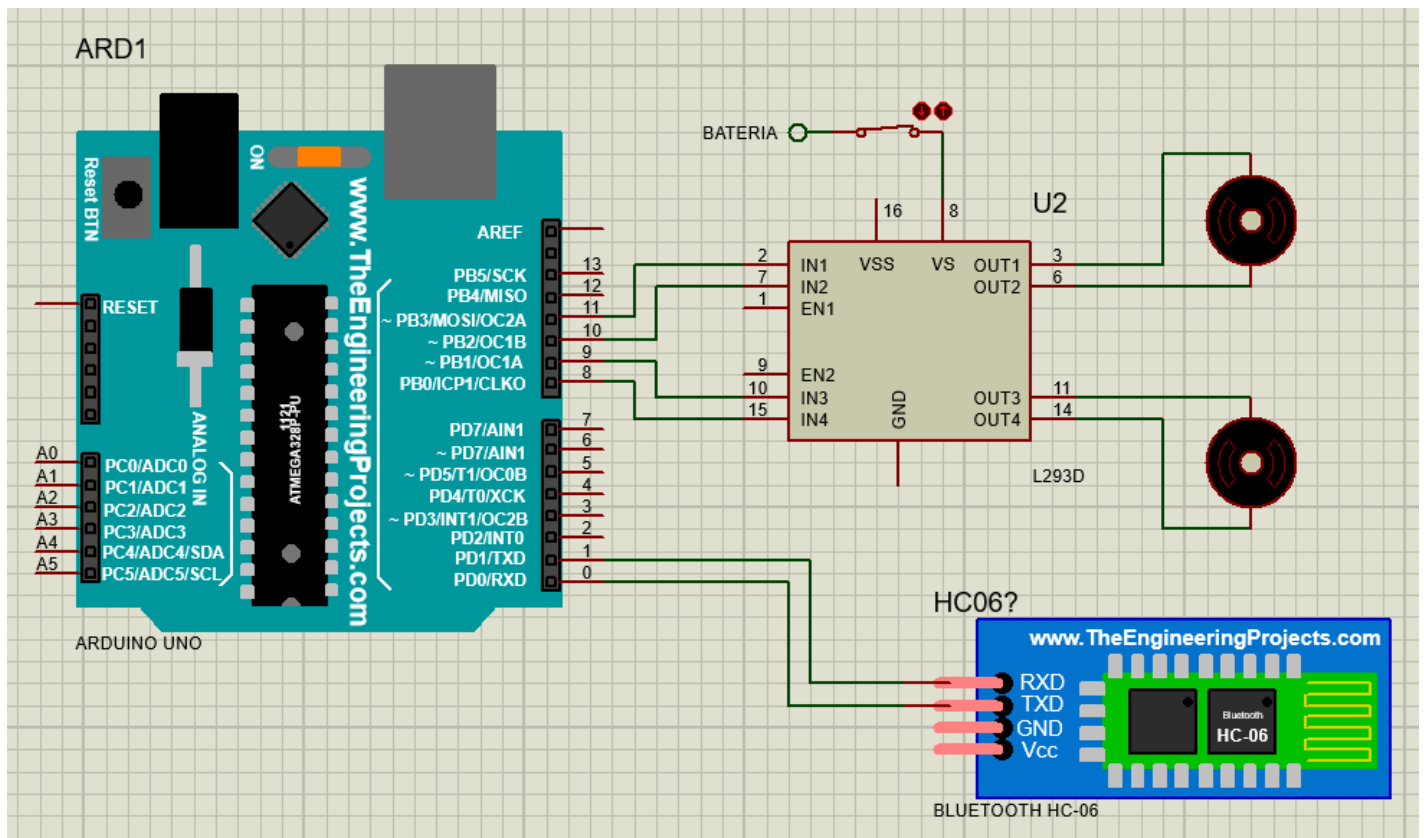


Figura 4.

La simulación presentada ofrece una visualización detallada de la implementación proyectada del robot, abarcando todos sus componentes y las conexiones potenciales requeridas para su desempeño efectivo. Al proporcionar una representación visual completa del sistema en su totalidad, esta herramienta facilita la comprensión de cómo los diversos componentes interactúan entre sí y cómo se estructuran para garantizar un funcionamiento óptimo del robot en su entorno operativo. Esta representación visual no solo ayuda en la planificación y el diseño del sistema, sino que también sirve como una valiosa herramienta de comunicación dentro del equipo de desarrollo, permitiendo una comprensión clara y concisa de la disposición y configuración esperada del robot. Al ofrecer una vista integral del sistema completo, la simulación proporciona una base sólida para la optimización y la toma de decisiones informadas durante el proceso de implementación del proyecto.

- Desarrollo de la aplicación

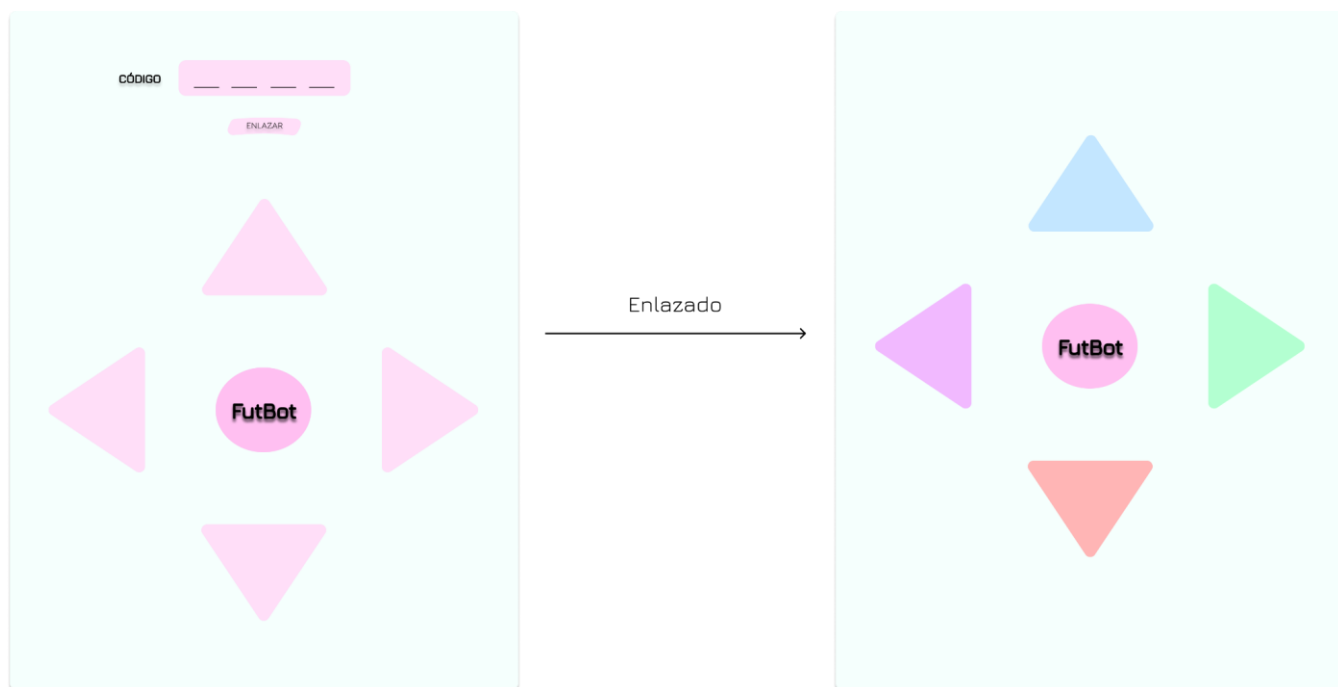


Figura 5.

Este prototipo de interfaz de aplicación exhibe la plataforma de control del robot, detallando las acciones disponibles para dirigirlo, que incluyen avanzar, retroceder, girar a la izquierda y girar a la derecha. Se integra un proceso de seguridad donde se solicita un código de acceso inicial para desbloquear el control del robot; una vez ingresado el código correcto, se activa el control y se establece la conexión con el robot, otorgando al usuario la capacidad de interactuar con él de manera efectiva. Además de las funciones de control, la interfaz presenta el nombre asignado al robot, lo que brinda una identificación clara y personalizada, contribuyendo así a una experiencia de usuario más intuitiva y satisfactoria.

Este diseño de interfaz no solo proporciona una visualización clara de las capacidades de control del robot, sino que también enfatiza la importancia de la seguridad y la personalización en la experiencia del usuario. Al integrar estas características clave, el prototipo ofrece una plataforma de control sólida y confiable que facilita la interacción efectiva entre el usuario y el robot, lo que contribuye significativamente a la usabilidad y la accesibilidad del sistema en su conjunto.

## Proyecto final

### 1. Implementación física

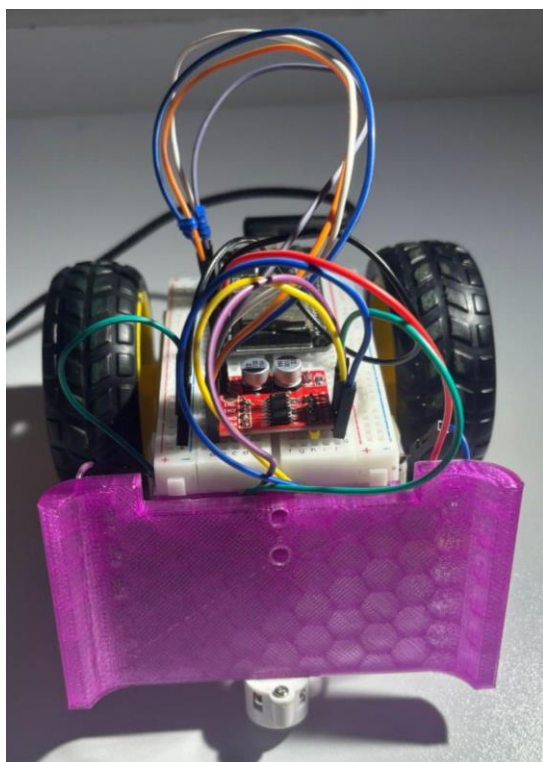


Figura 6.

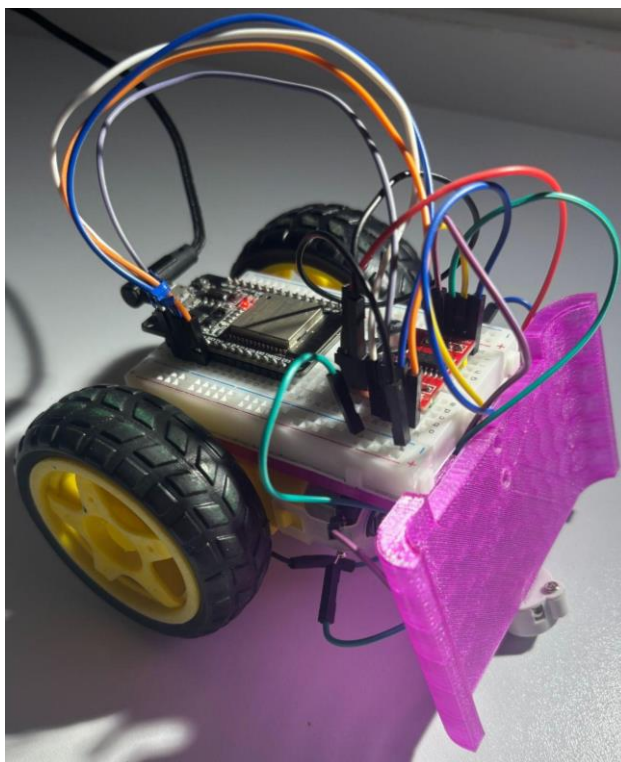


Figura 7.

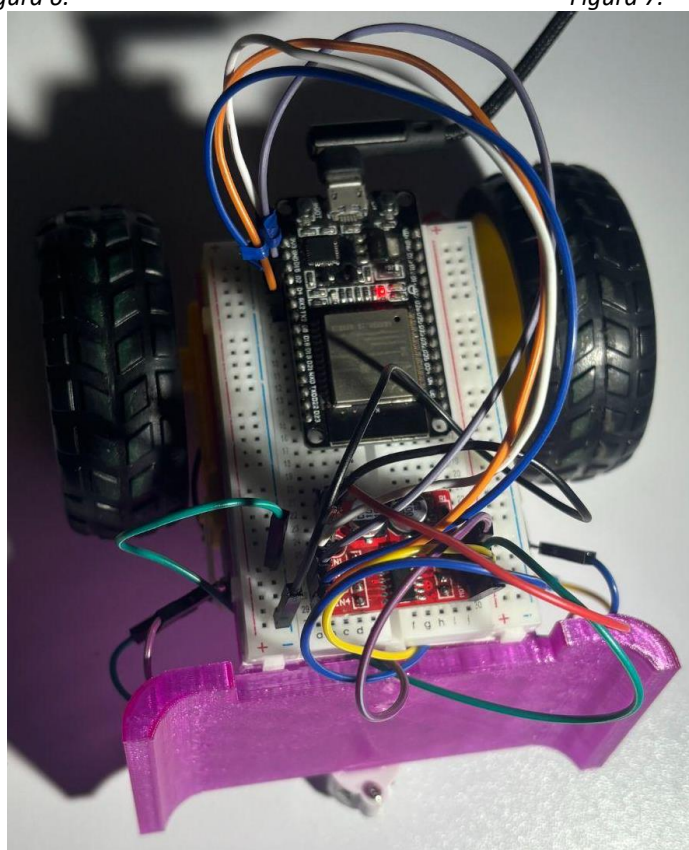


Figura 8.

Las tres imágenes anteriores brindan una visión detallada de la implementación física del robot futbolista, resaltando los elementos esenciales que componen su estructura y funcionalidad. En estas representaciones, se evidencia la presencia de un microcontrolador ESP32, el cual actúa como el núcleo de operaciones del robot, coordinando todas sus acciones y decisiones durante el juego. Además, se aprecian claramente las dos llantas equipadas con motores, responsables de propulsar el movimiento del robot en el campo, junto con el chasis que proporciona la estructura y estabilidad necesarias para su funcionamiento fluido.

En cuanto a la alimentación eléctrica, se distingue la utilización de una batería de 9V dedicada exclusivamente para los motores, asegurando un suministro de energía óptimo y constante para su operación eficiente. Por otro lado, se observa la inclusión de un power bank destinado al microcontrolador, proporcionándole la energía necesaria para su funcionamiento continuo y estable durante el juego. Estos componentes se encuentran cuidadosamente integrados en el diseño del robot para garantizar un rendimiento confiable y preciso en todas sus funciones mientras compite en el campo de fútbol. En conjunto, estas imágenes ofrecen una visión integral de la implementación física del robot futbolista, destacando la importancia de una selección y disposición estratégica de los componentes para lograr un desempeño efectivo y competitivo en el juego.

## 2. Desarrollo de la aplicación

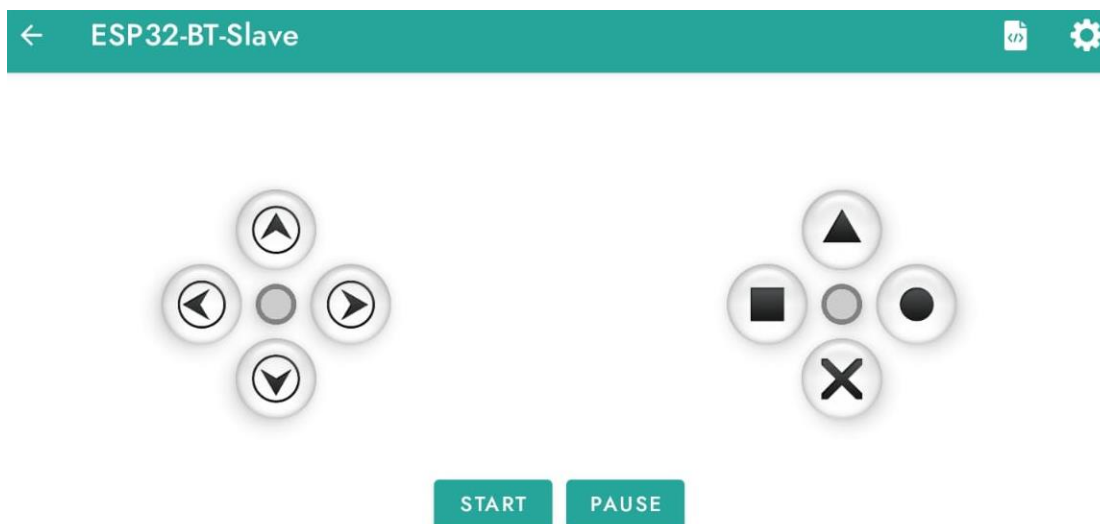


Figura 9.

En la imagen anterior se presenta la interfaz de la aplicación utilizada para controlar el robot futbolista, la cual es una aplicación preexistente llamada "Arduino Bluetooth Control". Para el control del robot, se empleó específicamente el apartado de "Gamepad" dentro de esta aplicación, y se limitó el uso a los cuatro botones ubicados en el lado izquierdo de la pantalla. Estos botones permiten al usuario enviar comandos básicos al robot, como avanzar, retroceder, girar a la izquierda y girar a la derecha, lo que simplifica la operación y la navegación del robot en el campo de juego. Con una interfaz de usuario clara y funcional, la aplicación "Arduino Bluetooth Control" con su sección de "Gamepad" ofrece una solución eficiente y fácil de usar para controlar el robot de manera remota durante sus actividades futbolísticas.

## 3. Código (Arduino)

```

#include "BluetoothSerial.h"

//#define USE_PIN // Uncomment this to use PIN during pairing. The pin is specified on the line below
const char *pin = "1234"; // Change this to more secure PIN.

String device_name = "ESP32-BT-Slave";

#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run `make menuconfig` to and enable it
#endif

#if !defined(CONFIG_BT_SPP_ENABLED)
#error Serial Bluetooth not available or not enabled. It is only available for the ESP32 chip.
#endif

BluetoothSerial SerialBT;

char estado = 'g';

const int MA1 = 15;
const int MA2 = 2;
const int MB1 = 4;
const int MB2 = 16;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  SerialBT.begin(device_name); //Bluetooth device name
  Serial.printf("The device with name \"%s\" is started.\nNow you can pair it with Bluetooth!\n",
device_name.c_str());
  pinMode(MA1, OUTPUT);
  pinMode(MA2, OUTPUT);
  pinMode(MB1, OUTPUT);
  pinMode(MB2, OUTPUT);

  // delay(3000);
}

void loop() {

  if (SerialBT.available()) {
    estado = SerialBT.read();
    //BTserial.print(num);
    if (estado == 'F') {

      mov_adel();
      Serial.write(estado);
      //tiempo = 0;
    } else if (estado == 'B') {
      mov_atras();
      Serial.write(estado);
      //tiempo = 0;
    } else if (estado == 'R') {

```

```

    mov_der();
    Serial.write(estado);
    //tiempo = 0;
} else if (estado == 'L') {
    mov_izq();
    Serial.write(estado);
    //tiempo = 0;
}

else if (estado == '0') {
    Stop();
    Serial.write(estado);
    // tiempo = 0;
}

}
}
void mov_adel() {
    digitalWrite(MA1, HIGH);
    digitalWrite(MA2, LOW);
    digitalWrite(MB1, LOW);
    digitalWrite(MB2, HIGH);
}

void mov_atras() {
    digitalWrite(MA1, LOW);
    digitalWrite(MA2, HIGH);
    digitalWrite(MB1, HIGH);
    digitalWrite(MB2, LOW);
}
void mov_der() {
    digitalWrite(MA1, LOW);
    digitalWrite(MA2, HIGH);
    digitalWrite(MB1, LOW);
    digitalWrite(MB2, HIGH);
}

void mov_izq() {
    digitalWrite(MA1, HIGH);
    digitalWrite(MA2, LOW);
    digitalWrite(MB1, HIGH);
    digitalWrite(MB2, LOW);
}

void Stop() {
    digitalWrite(MA1, 0);
    digitalWrite(MA2, 0);
    digitalWrite(MB1, 0);
    digitalWrite(MB2, 0);
}

```

## Conclusiones

- El trabajo realizado ha proporcionado una valiosa experiencia en el uso y la configuración de microcontroladores diferentes, ampliando así nuestro conocimiento en este campo. Esta experiencia nos ha mostrado cómo seleccionar y configurar adecuadamente un microcontrolador para adaptarlo a las necesidades específicas de un proyecto, como en el caso del robot futbolista. Al explorar las capacidades y funcionalidades de estos microcontroladores, hemos adquirido una comprensión más profunda de cómo pueden ser utilizados de manera efectiva en proyectos similares en el futuro.
- A pesar de que el proyecto final no se desarrolló exactamente como se planeó inicialmente, debido al uso de componentes y aplicaciones alternativas, se logró adaptar el proyecto a las condiciones y alcances disponibles, lo que permitió llevar a cabo el trabajo de manera exitosa. Esta capacidad para ajustar y modificar el enfoque del proyecto según las circunstancias demuestra una habilidad importante para resolver problemas y tomar decisiones efectivas durante el desarrollo de un proyecto. A través de este proceso, hemos aprendido la importancia de la flexibilidad y la adaptabilidad en el logro de nuestros objetivos.
- Una de las conclusiones más significativas es que hemos logrado aplicar los conceptos aprendidos de manera general en un proyecto más específico, como es el caso del diseño e implementación de un carro a control remoto. Esta experiencia nos ha permitido consolidar nuestro conocimiento teórico en un contexto práctico, lo que ha fortalecido nuestra comprensión de los principios de la ingeniería y la electrónica. Al llevar a cabo la implementación física del proyecto, hemos adquirido habilidades prácticas importantes, como el montaje de componentes, la conexión de circuitos y la resolución de problemas, que son fundamentales para nuestro crecimiento como ingenieros y desarrolladores.



**Webgrafía**

- <https://www.arduino.cc/>
- <https://www.estudioelectronica.com/que-es-un-microcontrolador/>
- <https://programarfacil.com/esp8266/esp32/>
- [https://naylampmechatronics.com/blog/53\\_robot-movil-controlado-por-bluetooth.html](https://naylampmechatronics.com/blog/53_robot-movil-controlado-por-bluetooth.html)
- [https://dl.espressif.com/dl/package\\_esp32\\_index.json](https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json)
- <https://youtu.be/G78SWKtE6AM?si=Ghpg8Ks1pq06JFQO>