

Seminario de Robótica

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de Ingeniería.
Ingeniería de Sistemas.

Johan Andrés Idrobo Vásquez.
Tutor: Jonathan Stick Campos Núñez.
Trabajo para Seminario como opción de grado.
2024

Tabla de contenidos

Resumen.....	2
Palabras clave.....	2
Pregunta orientadora de la búsqueda	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
Sustentación teórica de la pregunta.....	4
1. Definición	4
2. Leyes de la Robótica.	4
3. Tipos de Robots.	5
Clasificación por función.....	5
Clasificación por cronología.....	5
4. Robot seguidor de línea	6
Arduino Uno	6
Cable USB para Arduino tipo A – B	7
Cables de conexiones.....	7
Protoboard.....	8
Sensor Ultrasónico HC SR04.....	8
Servomotor SG90.....	9
Driver controlador L298N	9
PIR Sensor de Movimiento Infrarrojo Pasivo HC-SR505.....	10
Motorreductor DC doble eje SIGJ077	10
Porta baterías BH9VPC y batería de 9V	11
Kit chasis acrílico robot ZK-2WD.....	11
Conclusión	12
Referencias.....	13
Anexo	15

Tabla de Imágenes.

Figura 1. Placa Arduino Uno.	6
Figura 2. Cable USB para Arduino.	7
Figura 3. Cables de conexiones Arduino.	7
Figura 4. Protoboard.	8
Figura 4. Protoboard.	8
Figura 5. Servomotor SG90.	9
Figura 6. Driver controlador L298N.	9
Figura 7. Sensor de movimiento infrarrojo HC-SR505.	10
Figura 8. Motorreductor DC doble eje SIGJ077.	10
Figura 9. Porta baterías BH9VPC y batería de 9V.	11
Figura 10. Kit chasis acrílico robot ZK-2WD.	11

Índice de Anexos.

Anexo 1. Materiales	15
Anexo 2. Componentes	16
Anexo 3. Ensamblando	17
Anexo 3. Código	18
Anexo 4. Evidencia práctica.	23

Resumen

La robótica nace como ciencia a partir del siglo XX, hacía la década de los cuarenta. Los orígenes de la misma, datan del siglo XVIII con la construcción de autómatas humanoides por Vaucanson y los Jaquet-Droz. La robótica es una ciencia que ha acompañado al ser humano durante su evolución, compaginándose con nuestra vida cotidiana y brindando un desarrollo vertiginoso en sus distintos campos de aplicación, partiendo desde robots manipuladores, robots de entretenimiento y de servicio, hasta robots móviles.

Un robot es una maquina o dispositivo que puede realizar tareas de forma autónoma o semiautónoma, imitando funciones humanas o animales. Poseen sensores para percibir su entorno, procesadores para tomar decisiones y actuadores para ejecutar acciones. Existen una amplia variedad de robots, clasificados según diversos criterios como su función, aplicación, forma y capacidades.

Este trabajo está enfocado en la creación de un robot de tipo móvil, un vehículo seguidor de línea usando Arduino, con sensores ópticos para detectar el camino, y ajustar su trayectoria dependiendo de la línea marcada sobre la superficie, en consecuencia, el robot tomara una decisión y posteriormente una dirección.

La creación del vehículo se realizó mediante la unificación de diferentes componentes eléctricos teniendo como base una placa de Arduino uno, cables, adaptadores, sensores, entre otros, realizando la programación mediante algoritmos con el editor de texto Arduino IDE, cada línea de código realiza una funcionalidad en específica para cada uno de sus partes.

Palabras clave

Robótica, Autómatas, Humanoides, Robot, Sensores, Procesadores, Actuadores, Vehículo seguidor de línea, Trayectoria, Componentes eléctricos, Algoritmo, Línea de código.

Pregunta orientadora de la búsqueda

¿Existe la posibilidad de programar, diseñar y realizar la construcción de un robot tipo vehículo seguidor de línea en Arduino? Esta pregunta orientadora realizada para el desarrollo de este trabajo, permite una investigación sobre los diversos robots construidos y diseñados en el transcurso de la historia, además de conocer las posibles limitantes y ventajas que tiene el uso de Arduino en la construcción educativa de robots.

Objetivo general

- Comprender y adquirir conocimientos de robótica, electrónica y programación, diseñando y construyendo un vehículo seguidor de línea, desarrollando el interés por la robótica y la tecnología moderna.

Objetivos específicos

- Diseñar y construir un carro que siga una línea recta negra sobre una superficie plana, utilizando componentes eléctricos.
- Observar la composición y funcionamiento del robot, identificando oportunidades de mejora.
- Implementar un algoritmo en donde se evidencie el correcto funcionamiento del carro, calibrando los sensores para que el robot siga una línea negra sobre una superficie blanca.
- Desarrollar y afianzar habilidades personales y profesionales, como lo son el trabajo en equipo, gestión de tiempo, orientación a resultados, pensamiento analítico, entre otras.
- Documentar como fue el proceso de diseño, la construcción y pruebas de campo del robot.

Sustentación teórica de la pregunta

1. Definición

El termino robot confluyen las imágenes de máquinas para la realización de trabajos productivos y de imitación de movimientos y comportamientos de seres vivos.

Los robots actuales son obras de ingeniería y como tales concebidas para producir bienes y servicios o explotar recursos naturales. Desde esta perspectiva son máquinas con las que se continúa una actividad que parte de los propios orígenes de la humanidad, y que desde el comienzo de la Edad Moderna se fundamenta esencialmente en conocimientos científicos.

En nuestro siglo el desarrollo de las máquinas ha estado fuertemente influido por el progreso tecnológico. De esta forma se pasa de máquinas que tienen como objetivo exclusivo la amplificación de la potencia muscular del hombre, sustituyéndolo en su trabajo físico, a máquinas o instrumentos que son también capaces de procesar información, complementando, o incluso sustituyendo, al hombre en algunas actividades intelectuales. (Baturone, Aníbal Ollero, 2005)

En otras palabras, los robots son máquinas que se pueden utilizar para realizar una o más tareas automatizadas, son compuestos por componentes mecánicos, electrónicos y de comunicación, además están dotados de un sistema informático que permite almacenar y procesar información.

2. Leyes de la Robótica.

Las leyes de la robótica son un conjunto de normas o reglas establecidas por Isaac Asimov para regular el comportamiento de los robots. Tienen como objetivo principal garantizar la seguridad y bienestar de los seres humanos:

0. Un Robot no hará daño a la humanidad ni permitirá que por inacción esta sufra daño (Ortiz, 2006).
1. Un robot no debe dañar a un ser humano o, por su inacción, dejar que un ser humano sufra daño.
2. Un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto cuando estas órdenes se oponen a la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia hasta donde esa protección no entre en conflicto con la primera o segunda ley (Bejerano, 2017).

3. Tipos de Robots.

Existen muchas formas de clasificar a los robots, en este apartado se hace referencia a las dos más comunes:

Clasificación por función

Para este caso existen múltiples tipos de robots, estos son algunos de los más usados:

- **Robots industriales.** Se utilizan para realizar trabajos repetitivos, pesados o peligrosos, en entornos industriales.
- **Robots de servicio.** Son diseñados para interactuar y colaborar con los humanos, realizando distintos tipos de labores.
- **Robots de exploración.** Estos robots son usados para realizar viajes a áreas desconocidas para el descubrimiento de información.
- **Robots militares.** Son robots autónomos o controlados a distancia que van desde el transporte, hasta la búsqueda, el rescate y ataque.
- **Robots médicos.** Son usados en entornos clínicos para ayudar en cirugías, rehabilitación y otras tareas de atención médica.
- **Robots educativos.** Comúnmente son muy usados para procesos de enseñanza y aprendizaje.
- **Robots domésticos.** Sus tareas principales se basan en realizar labores del hogar, como lo es aspirar, limpiar, entre otras.

Clasificación por cronología

La aparición de los robots tiene inicio en 1969, pues fue el año en el que Víctor Scheinmann desarrolló el primer brazo robótico, el cual es considerado la primera máquina controlada por la inteligencia artificial de la industria de la cibernética.

Luego de esta máquina, se desarrollaron muchos otros robots inteligentes que, según la Asociación Francesa de Robótica Industrial – AFRI, fueron clasificados en generaciones según su cronología, de los siguientes tipos:

- **Primera Generación.** En la primera generación, se engloban los robots manipuladores, que son aquellos que repiten una o varias tareas de manera programada bajo un software, en secuencia.
- **Segunda Generación.** En la segunda generación, se encuentran los que realizan tareas luego de aprender los movimientos que ejecutan los operadores humanos. Su aprendizaje depende de sus sensores especializados y sistemas de retroalimentación.

- **Tercera generación.** La tercera generación cuenta con robots reprogramables a través de ordenadores. Estos también cuentan con sensores artificiales y otras piezas que permiten la visión y el tacto empleando lenguajes de programación.
- **Cuarta Generación.** En la cuarta generación se encuentran los robots móviles, los cuales son capaces de participar en diversos procesos gracias a la inteligencia artificial. Pero a diferencia de la generación anterior, están programados para que puedan tomar decisiones y realizar más movimientos en tiempo real.
- **Quinta Generación.** En esta generación, se encuentran las máquinas más dotadas de inteligencia artificial, aquellas con sistemas mecánicos de autónomo alcance a la hora de realizar tareas. Es decir, máquinas con elementos que permiten que se desplacen, ya sean ruedas o piernas artificiales.

4. Robot seguidor de línea

Arduino Uno

El Arduino Uno es una tarjeta basada en el microcontrolador ATmega328. Tiene 14 pines para entrada/salida digital (6 de estos pueden ser usados como PWM), 6 entradas analógicas, oscilador de cristal a 16 MHz, interfaz USB, jack de energía, conector ICSP, y botón de reset. La usamos para realizar las conexiones entre componentes, brindando energía e implementando la programación de los mismos.

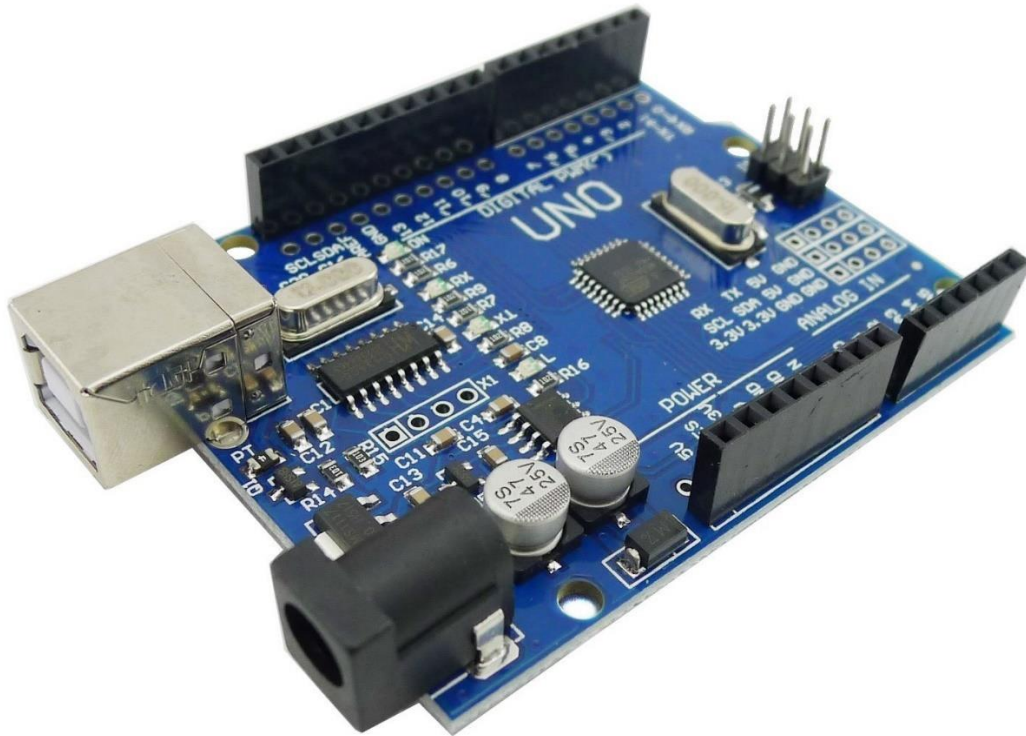


Figura 1. Placa Arduino Uno.

Cable USB para Arduino tipo A – B

Este cable permitió la conexión entre la tarjeta de Arduino Uno a la computadora para descargar programas y/o realizar la comunicación serial, además nos brinda cierta energía para realizar pruebas de funcionamiento de los componentes.



Figura 2. Cable USB para Arduino.

Cables de conexiones

Estos cables nos facilitaron la conexión entre todos los componentes del circuito.



Figura 3. Cables de conexiones Arduino.

Protoboard

La protoboard es una placa de pruebas para electrónica que contiene numerosos orificios en los que es posible insertar cables y otros elementos electrónicos para montar circuitos. En este dispositivo no se requiere soldar sus componentes para tener un circuito operativo.

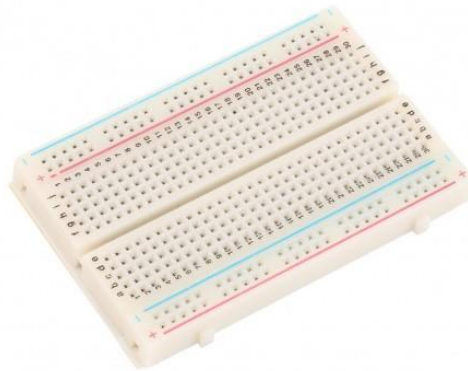


Figura 4. Protoboard.

Sensor Ultrasónico HC SR04

El HC-SR04 es un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 a 450 cm. El sensor funciona por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición. En caso de presentarse obstáculos en la trayectoria el sensor debe de identificarlo y asignar otra ruta.



Figura 4. Protoboard.

Servomotor SG90

Un servomotor es básicamente un tipo de motor eléctrico de alto rendimiento, cuyo sistema convierte la electricidad en un movimiento controlado con gran precisión. El servomotor es considerado el esclavo del servodrive (dispositivo inteligente que interpreta la señal recogida por un controlador) debido a que le informa y ejecuta las órdenes que este proporciona acerca del eje (posición, velocidad, torque).



Figura 5. Servomotor SG90.

Driver controlador L298N

El driver L298N es un circuito integrado (CI) diseñado para controlar motores de corriente continua (CC) y motores paso a paso. Es un puente en H doble, lo que le permite controlar dos motores de forma independiente (Parra, 2021). Cada canal del L298N puede suministrar una corriente de hasta 2 amperios y un voltaje de hasta 46 voltios, haciéndolo ideal para una amplia gama de motores (Naylamp Mechatronics, 2023).

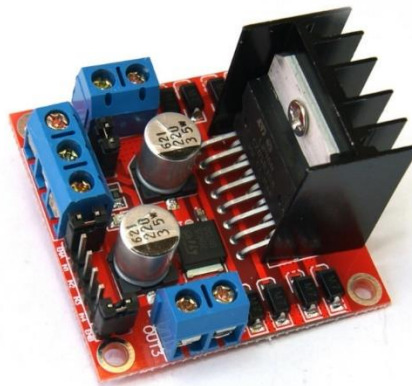


Figura 6. Driver controlador L298N.

PIR Sensor de Movimiento Infrarrojo Pasivo HC-SR505

Sensor de movimiento o Sensor PIR (Passive Infra Red - sensor infrarrojo pasivo), mide la luz infrarroja (IR) radiada de los objetos situados en su campo de visión. Los sensores PIR se basan en la medición de la radiación infrarroja. Todos los cuerpos (vivos o no) emiten una cierta cantidad de energía infrarroja, mayor cuanto mayor es su temperatura. Los dispositivos PIR disponen de un sensor pieza eléctrica capaz de captar esta radiación y convertirla en una señal eléctrica. (Universidad Pamplona, 2017).



Figura 7. Sensor de movimiento infrarrojo HC-SR505.

Motorreductor DC doble eje SIGJ077

Un motor reductor DC eléctrico funciona convirtiendo la energía eléctrica en movimiento mecánico mediante la interacción de campos magnéticos. Cuando se aplica energía eléctrica al motor DC, éste genera un campo magnético que interactúa con los imanes del rotor, produciendo un movimiento rotativo. La caja de engranajes entonces reduce la velocidad de este movimiento mientras aumenta la fuerza de torsión, lo que resulta en un rendimiento óptimo para una variedad de aplicaciones. (Suspain Técnica, 2024).



Figura 8. Motorreductor DC doble eje SIGJ077.

Porta baterías BH9VPC y batería de 9V

Contenedor de plástico de baterías de 9V, y una batería cuadrada de 9 volts para dar energía al robot.



Figura 9. Porta baterías BH9VPC y batería de 9V.

Kit chasis acrílico robot ZK-2WD

Kit chasis acrílico de carro con tres ruedas para vehículo seguidor de línea, evasor de obstáculos o vehículo a control remoto.



Figura 10. Kit chasis acrílico robot ZK-2WD.

Conclusión

- El robot seguidor de línea y evasor de obstáculos es un proyecto exigente que permite adquirir conocimientos básicos acerca de la robótica, como lo son el control de motores, la lectura de los sensores y la toma de decisiones.
- La correcta calibración de los sensores y el ajuste de los parámetros de control son fundamentales para lograr un desempeño óptimo en el robot. Los sensores mal calibrados pueden conducir a errores en la detección de la línea o los obstáculos, lo que afecta el rendimiento del robot.
- La integración de sensores a distancia (sensores ultrasónicos) posibilitó la detección de obstáculos en el camino del robot. El algoritmo implementado le permitió maniobrar exitosamente para evadir los obstáculos y continuar con el seguimiento de la línea.
- Se comprobó que es posible diseñar, programar y construir un robot móvil seguidor de línea, evasor de obstáculos, evidenciando un correcto funcionamiento.

Referencias

- Sotelo, V. R. B., Sánchez, J. R. G., & Ortigoza, R. S. (2007). Robots móviles: Evolución y estado del arte. *Polibits*, (35), 12-17.
- Tirado Robles, M. C. (2020). ¿Qué es un robot? Análisis jurídico comparado de las propuestas japonesas y europeas (No. ART-2020-118780).
- Wikipedia, (2024, mayo 12). Sistema informático.
https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_inform%C3%A1tico
- Baturone, A. O. (2005). *Robótica: manipuladores y robots móviles*. Marcombo.
- Ruiz, J., & Salazar, R. (2007). *Introducción a la robótica*.
Ortiz, Gabriel (2006): “La ley cero de Isaac Asimov”. Disponible en:
<https://www.canal-ar.com.ar/Nota.asp?Id=3337> [Fecha de consulta: 15.06.2024].
- Ruiz, J., & Salazar, R. (2007). *Introducción a la robótica*.
- Wikipedia. (2024, 15 de junio). Robot militar.
https://es.wikipedia.org/wiki/Robot_militar
- Pinto-Salamanca, M. L., Barrera-Lombana, N., & Pérez-Holguín, W. J. (2010). Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 10(1), 15-23.
- Euroinnova Business School. (s/f). Clasificación de los robots.
<https://www.euroinnova.co/blog/clasificacion-de-los-robots>
- Macronica, (s/f). Arduino Uno R3 con Cable USB.
<https://www.mactronica.com.co/arduino-uno-r3-con-cable-usb>
- Geek Factory, (s/f). USB Cable para Arduino Tipo A-B.
<https://www.geekfactory.mx/producto/cable-usb-para-arduino-tipo-a-b>
- Wikipedia, (2024, junio 15). Universal Serial Bus.
https://es.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus#Conectores_tipo_A_y_B
- Eneka SA, (s/f). Módulo sensor de distancias HC-SR04.
<https://www.eneka.com.uy/robotica/sensores/sonido/m%C3%B3dulo-sensor-de-distancias-hc-sr04-detail.html>

Uraný Costa Rica. (s/f). Conoce el funcionamiento de los servomotores.
<https://cr.urany.net/blog/conoce-el-funcionamiento-de-los-servomotores>

Parra, J. (2021). Tutorial de uso del módulo L298N. Naylamp Mechatronics.
https://naylampmechatronics.com/blog/11_tutorial-de-uso-del-modulo-l298n.html

Naylamp Mechatronics. (2023). DRIVER PUENTE H L298N 2ª.
<https://naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-l298n.html>

Universidad Pamplona. (2017, 17 de mayo). Módulo sensor de movimiento PIR.
https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_74/recursos/visual-basico-para-excel/17052017/u5_movimiento.jsp

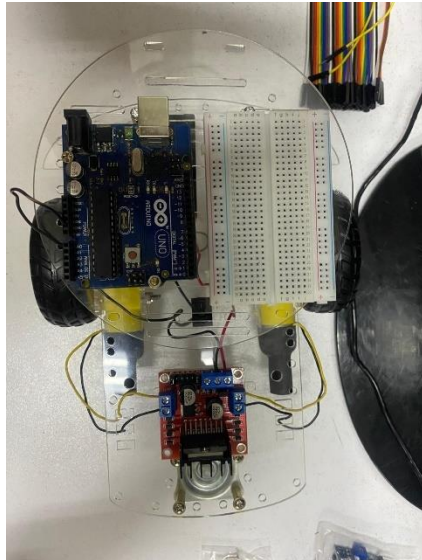
Suspain Técnica. (2024, febrero 21). Motores reductores eléctricos: Usos y funciones.
<https://suspaintecnica.es/blog/motores-reductores-dc-n53>

Anexo

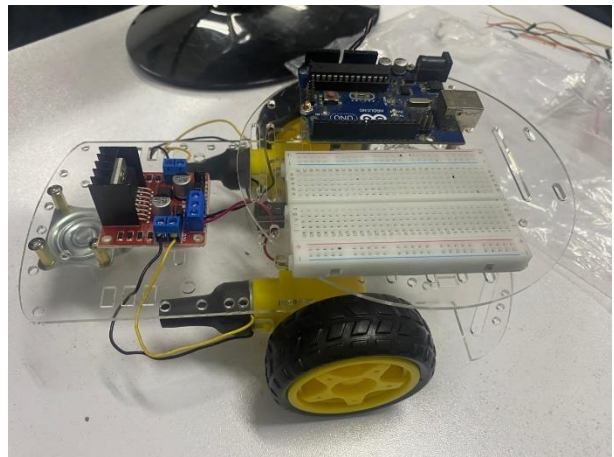
Anexo 1. Materiales

- 1 Kit chasis carro seguidor de línea con tres ruedas robot Arduino
- 1 Switch
- 1 Arduino UNO Compatible con Cable USB
- 1 Cable USB para Arduino tipo A-B
- 1 Porta baterías BH9VPC para bricolaje
- 1 Batería de 9V 2600mAh
- 1 Driver controlador L298N
- 1 Protoboard
- 1 Servomotor SG90
- 2 Separadores de Nylon M3x86
- 4 Separadores de Nylon M3 Roscado Hexagonal de 10mm
- 4 Separadores de Nylon M3 Roscado Hexagonal de 30mm
- 2 Motores DC de doble eje 200RPM DC 3-6V SIGJ077
- 2 Sensores de movimiento HC-SR505
- 12 Cables dupont macho a macho de 10cm
- 7 Cables dupont macho a macho 10cm
- 7 Cables dupont macho a macho 10cm

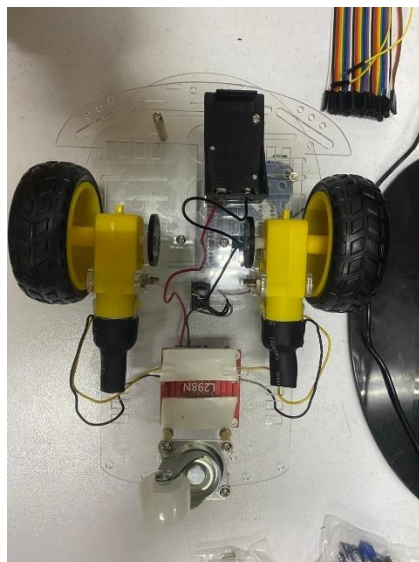
Anexo 3. Ensamblando



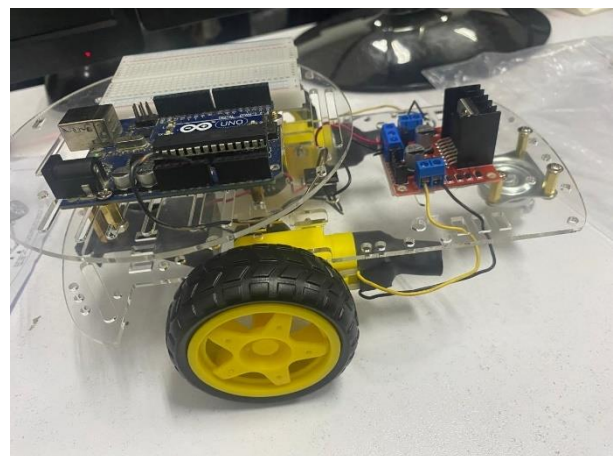
Vista Superior



Vista Lateral Izquierda



Vista Inferior



Vista lateral Derecha

Anexo 3. Código

```
/**
 * Se importa la librería e instanciamos el objeto de tipo servo,
 * tambien se define el pin digital del servomotor y variables de control
 de posicion
 */
#include <Servo.h>
Servo servomotor;
int servomotorPin = 9;
int servomotorReadLeft = 0;
int servomotorReadRight = 0;

/**
 * Definición pines para el control de la velocidad de los
 motorreductores,
 * y pines para el control de giro motorreductores (In1=12, In2=13, In3=10
 e In4=8)
 */
int speedMotor1 = 5;
int speedMotor2 = 6;
int motorTurnIzq1 = 13;
int motorTurnIzq2 = 12;
int motorTurnDer1 = 10;
int motorTurnDer2 = 8;

/**
 * Definición pines sensor ultrasonico distancia para el cálculo de la
 distancia
 */
int trigPin = 3;
int echoPin = 2;
long sensorDurationCalc;
int sensorDistance;

void setup() {
  delay(1000);

  // Se vincula el pin digital al servo instanciado
  servomotor.attach(servomotorPin);

  // Se vinculan los pines de entrada y salida del sensor de ultrasonidos
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
```

```
pinMode(echoPin, INPUT);

// Se vinculan los pines de salida del control de motores
pinMode(speedMotor1, OUTPUT);
pinMode(speedMotor2, OUTPUT);
pinMode(motorTurnIzq1, OUTPUT);
pinMode(motorTurnIzq2, OUTPUT);
pinMode(motorTurnDer1, OUTPUT);
pinMode(motorTurnDer2, OUTPUT);

// Configuración de velocidad de los motorreductores (señal PWM entre 0-
255)
analogWrite(speedMotor1, 100);
analogWrite(speedMotor2, 105);

// Mueve el servomotor a una posición de 90 grados
servomotor.write(90);
// Se establece la comunicación serial a una velocidad de 9600 baudios
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  delay(50);
  // Mide la distancia a la que tiene el objeto.
  sensorDistance = measureDistance();

  // Ejecución de la Reversa
  if (sensorDistance < 25) {
    // Detiene el robot
    stopCar();
    delay(1000);

    // Ejecuta la función de giro a la derecha de las ruedas
    turnRightCar();
    delay(1000);

    // Ejecuta la función de giro a la izquierda de las ruedas
    turnLeftCar();
    delay(1000);

    // Ejecuta la función de reversa
    reverseCar();
    delay(1000);
  }
}
```

```
// Continúa con su trayecto
pushOnCar();
}

// Continúa con su trayecto
if (sensorDistance > 45) {
  pushOnCar();
}

// Se Detiene y Gira en caso de encontrar un obstaculo
if (sensorDistance < 25) {
  // Detiene el robot
  stopCar();

  // Gira el sensor a la derecha y obtiene la distancia a la que esta
del objeto
  servomotor.write(10);
  delay(600);
  servomotorReadRight = measureDistance();

  // Gira el sensor a la izquierda y obtiene la distancia a la que esta
del objeto
  servomotor.write(170);
  delay(600);
  servomotorReadLeft = measureDistance();

  // Volver a poner el sensor en la posicion inicial
  servomotor.write(90);
  delay(600);

  // Ejecuta la funcion de giro a la izquierda de las ruedas
  if (servomotorReadLeft > servomotorReadRight) {
    turnLeftCar();
  }

  // Ejecuta la funcion de giro a la derecha de las ruedas
  if (servomotorReadRight >= servomotorReadLeft) {
    turnRightCar();
  }
}
}
```

```
/**
 * Funcion para Detener robot
 */
void stopCar() {
    digitalWrite(motorTurnIzq1, LOW);
    digitalWrite(motorTurnIzq2, LOW);

    digitalWrite(motorTurnDer1, LOW);
    digitalWrite(motorTurnDer2, LOW);
}

/**
 * Funcion para Girar a la derecha el robot
 */
void turnRightCar() {
    digitalWrite(motorTurnIzq1, HIGH);
    digitalWrite(motorTurnIzq2, LOW);

    digitalWrite(motorTurnDer1, LOW);
    digitalWrite(motorTurnDer2, LOW);
}

/**
 * Funcion para Girar a la izquierda el robot
 */
void turnLeftCar() {
    digitalWrite(motorTurnIzq1, LOW);
    digitalWrite(motorTurnIzq2, LOW);

    digitalWrite(motorTurnDer1, HIGH);
    digitalWrite(motorTurnDer2, LOW);
}

/**
 * Funcion para Avanzar hacia adelante el robot
 */
void pushOnCar() {
    digitalWrite(motorTurnIzq1, HIGH);
    digitalWrite(motorTurnIzq2, LOW);

    digitalWrite(motorTurnDer1, HIGH);
    digitalWrite(motorTurnDer2, LOW);
}
```

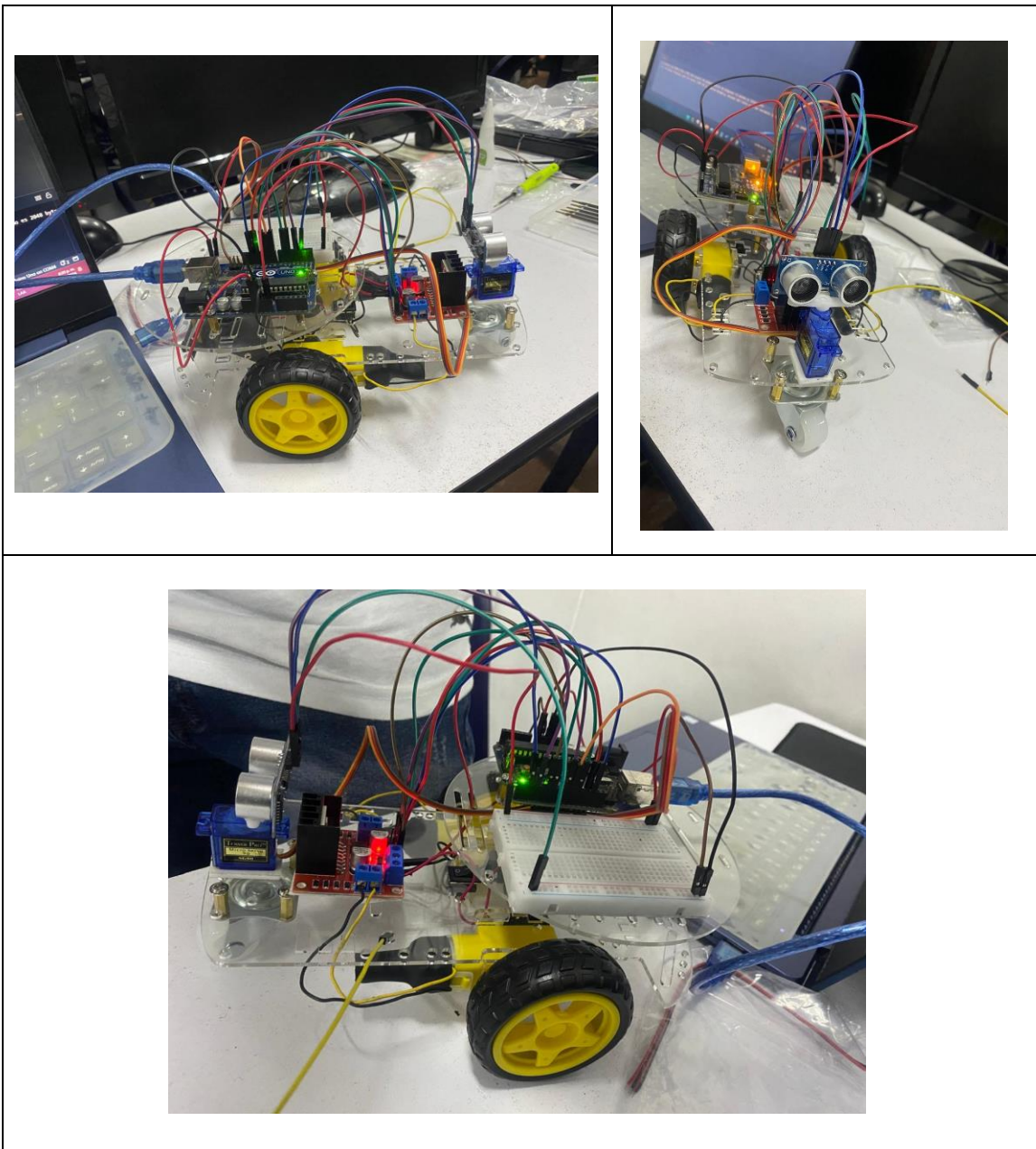
```
/**
 * En esta funcion se invierten las variables de giro de los motores para
 la reversa
 */
void reverseCar() {
    digitalWrite(motorTurnIzq1, LOW);
    digitalWrite(motorTurnIzq2, HIGH);

    digitalWrite(motorTurnDer1, LOW);
    digitalWrite(motorTurnDer2, HIGH);
}

/**
 * En esta funcion se calcula la distancia a la que está el robot del
 objeto y se retorna la misma
 */
int measureDistance() {
    // Envía pulso de sonido
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);

    // Se obtiene lo que tarda el pulso en llegar al sensor y calculamos
 distancia
    sensorDurationCalc = pulseIn(echoPin, HIGH);
    sensorDistance = sensorDurationCalc * 0.034 / 2;

    return sensorDistance;
}
```

Anexo 4. Evidencia práctica.

Evidencia robot seguidor de línea evasor de obstáculos hecho con Arduino