

Apéndice A. Cálculo del mecanismo Piñón-cremallera

En el siguiente anexo se desarrolla una serie de ecuaciones que estandarizan el proceso de selección para el piñón de este mecanismo. El primer paso es definir los datos iniciales para empezar el cálculo de los valores que se necesitan para diseñar el piñón y la cremallera.

Datos Iniciales:

- Diámetro primitivo del piñón (d): 40 mm
- Número de dientes (z): 20

Estos datos fueron considerados teniendo en cuenta tanto las especificaciones del servomotor MG945 como las dimensiones de la estructura. Se realizaron los cálculos necesarios para asegurar que todos los componentes encajen adecuadamente sin que la estructura resultara excesivamente grande.

Ecuación A1. Módulo (m)

$$m = \frac{d}{z}$$

Fuente:(Norton, 2011)

Esta ecuación se usa para calcular el módulo y así, a su vez, poder determinar otros datos importantes para el diseño del piñón y la cremallera.

Ecuación A2. Paso diametral (P)

$$P = \pi * m$$

Fuente:(Norton, 2011)

Ecuación A2. Diámetro exterior (De)

$$De = m * (z + 2)$$

Fuente:(Norton, 2011)

Ecuación A2. Diámetro de fondo (Df)

$$Df = d - (2 * m * 1.167)$$

Fuente:(Norton, 2011)

Ecuación A2. Espesor del diente (e)

$$e = P/2$$

Fuente:(Norton, 2011)

Ecuación A2. Altura total del diente (h)

$$h = m * 2.167$$

Fuente:(Norton, 2011)

Ecuación A2. Altura de la cabeza del diente (addendum)

$$ha = m$$

Fuente:(Norton, 2011)

Ecuación A2. Altura del pie del diente (dedendum)

$$hf = m * 1.167$$

Fuente:(Norton, 2011)

Después de mostradas las ecuaciones necesarias para el diseño del mecanismo, se procede a realizar los cálculos, y para facilitar la comprensión y el análisis de los resultados, se organizó la información en una tabla, la cual presenta los valores calculados.

Tabla A1. Datos de los cálculos realizados en el diseño del mecanismo.

<i>Datos</i>	<i>Valores</i>	<i>Unidad</i>
Módulo (m)	2	mm
Paso diametral (P)	6,28	mm
Número de dientes (z)	20	dientes
Diámetro primitivo (d)	40	mm
Diámetro exterior (De)	44	mm
Diámetro de fondo (Df)	35	mm
Espesor del diente (e)	3,14	mm
Altura total del diente (h)	4.5	mm
Altura de la cabeza del diente (addendum)	2	mm
Altura del pie del diente (dedendum)	2,5	mm
Diámetro interior eje	7	mm

Nota. En la Tabla A1 se presentan los valores calculados Usando las ecuaciones anteriormente seleccionadas.

En el diseño de la cremallera, es fundamental considerar los datos del diseño del piñón, ya que ambos componentes deben ser compatibles para garantizar un movimiento coordinado del mecanismo. La cremallera y el piñón comparten características críticas que

deben tener ambas para encajar adecuadamente como el addendum, dedendum, paso diametral, módulo y altura del diente. Estas dimensiones deben ser idénticas en ambas piezas para asegurar un engranaje preciso y un movimiento suave. Al mantener la congruencia en estos parámetros, se logra una transmisión de fuerza eficiente y se minimiza el desgaste, prolongando la vida útil del sistema.

Apéndice B. Código del prototipo.

```
#include <Servo.h>
// Motor A
int ENA = 1;
int IN1 = 2;
int IN2 = 3;

// Motor B
int ENB = 6;
int IN3 = 4;
int IN4 = 5;

Servo myservo;
char command;
// Definición de pines sensor de humedad
const int sensorPin = A0; // Pin analógico donde está conectado el sensor HL-69
int sensorValue = 0; // Variable para almacenar el valor del sensor
int dryValue = 1023; // Valor cuando el suelo está completamente seco
int wetValue = 0; // Valor cuando el suelo está completamente mojado

void setup() {
  pinMode(ENA, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  myservo.attach(11);
  pinMode(sensorPin, INPUT); // Configura el pin del sensor como entrada
  Serial.begin(9600); // Start serial communication for Bluetooth
}

void loop() {
  if(Serial.available() > 0) {
    command = Serial.read();

    switch(command) {
      case 'U': // Forward
        moveForward();
        break;
      case 'D': // Backward
        moveBackward();
    }
  }
}
```

```
    break;
case 'L': // Left
    turnLeft();
    break;
case 'R': // Right
    turnRight();
    break;
case 'S': // Stop
    stopMotors();
    break;
case 'M': // Medicion de humedad
    medirHumedad();
    break;
case 'A': // trayectoria automatica
    automatico();
    break;
}
}
}
```

```
void moveForward() {
```

```
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, HIGH);
    analogWrite(ENA, 200);
    analogWrite(ENB, 200);
```

```
}
```

```
void moveBackward() {
```

```
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    analogWrite(ENA, 200);
    analogWrite(ENB, 200);
```

```
}
```

```
void turnLeft() {
```

```

    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, HIGH);
    analogWrite(ENA, 200);
    analogWrite(ENB, 200);

}

void turnRight() {

    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    analogWrite(ENA, 200);
    analogWrite(ENB, 200);

}

void stopMotors() {

    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    analogWrite(ENA, 0);
    analogWrite(ENB, 0);
}

void medirHumedad() {
myservo.write(50);
delay(1500);
    myservo.write(90);
    delay(7000);
//cuando el servo pare hago que el sensor de humedad mida y envíe ese valor a la app para
mirarla
    sensorValue = analogRead(sensorPin); // Lee el valor analógico del sensor
    int humidityPercent = map(sensorValue, dryValue, wetValue, 0, 100); // Convierte el valor
del sensor a un porcentaje de humedad

// Asegurarse de que el valor esté dentro del rango de 0 a 100%
humidityPercent = constrain(humidityPercent, 0, 100);

```

```
Serial.println(humidityPercent);  
delay(500);
```

```
myservo.write(130);  
delay(1500);  
myservo.write(90);  
delay(2000);  
}  
//Proceso automatico
```

```
void forward(unsigned long duration) {  
  unsigned long timeStart = millis();  
  //unsigned long duration = 750;
```

```
  while(millis() - timeStart < duration){  
    digitalWrite(IN1, LOW);  
    digitalWrite(IN2, HIGH);  
    digitalWrite(IN3, LOW);  
    digitalWrite(IN4, HIGH);  
    analogWrite(ENA, 100);  
    analogWrite(ENB, 100);  
  }
```

```
  stopMotors();  
  delay(1000);  
}
```

```
void derecha() {  
  unsigned long timeStart = millis();  
  unsigned long duration = 1500;
```

```
  while(millis() - timeStart < duration){  
    digitalWrite(IN1, LOW);  
    digitalWrite(IN2, HIGH);  
    digitalWrite(IN3, HIGH);  
    digitalWrite(IN4, LOW);  
    analogWrite(ENA, 100);  
    analogWrite(ENB, 100);  
  
  }
```

```
  stopMotors();
```

```

    delay(1000);
}

void izquierda() {
    unsigned long timeStart = millis();
    unsigned long duration = 1500;

    while(millis() - timeStart < duration){
        digitalWrite(IN1, HIGH);
        digitalWrite(IN2, LOW);
        digitalWrite(IN3, LOW);
        digitalWrite(IN4, HIGH);
        analogWrite(ENA, 200);
        analogWrite(ENB, 200);

    }

    stopMotors();
    delay(1000);
}

void automatico() {

    int i;

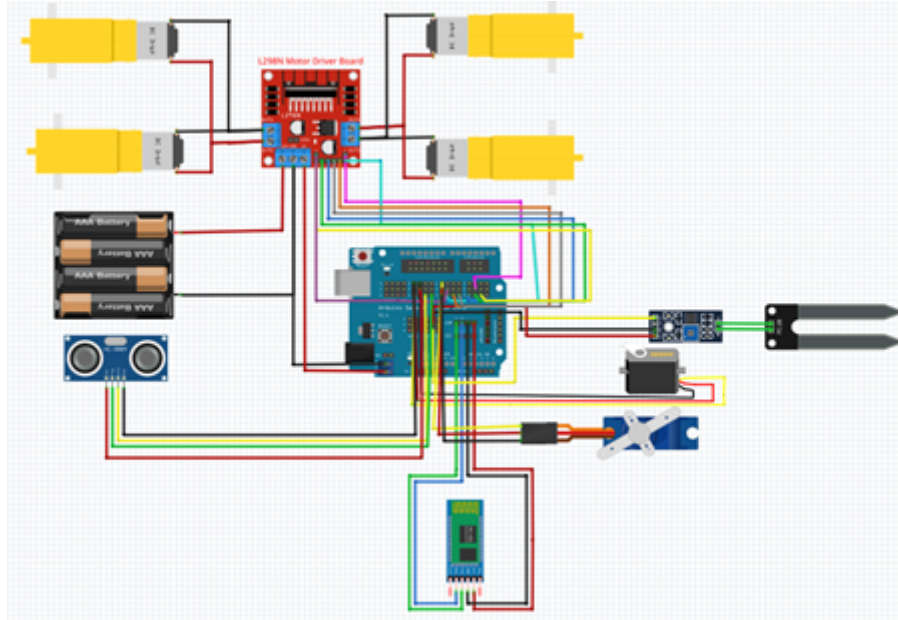
    for (i = 0; i < 12; i++){
        foward(500);
        //medirHumedad();
        if(i == 2 || i == 8){
            derecha();
            foward(500);
            derecha();
            foward(500);
        }
        if(i == 5){
            foward(500);
            izquierda();
            foward(500);
            izquierda();
        }
    }

}

```

Apéndice C. Conexiones del prototipo.

Figura C1. Esquema Final del vehículo Prototipo de Invernadero



Para el funcionamiento del vehículo se elaboro un esquema de cómo deberían de ir todas las conexiones de los sensores, placas y demás componentes, los componentes que se ven en el esquema son: Arduino uno, sensor shield v5, 4 moto reductores, placa L298N, sensor ultrasónico HC-SR04, servo motor de 180° y de 360° modelos sg90 y mg945, sensor de humedad hl-69,módulo de bluetooth.

Para el funcionamiento del vehículo, se desarrolló un esquema detallado que muestra cómo deben conectarse todos los sensores, placas y demás componentes. A continuación, se describen los componentes involucrados y sus conexiones:

Componentes del Sistema:

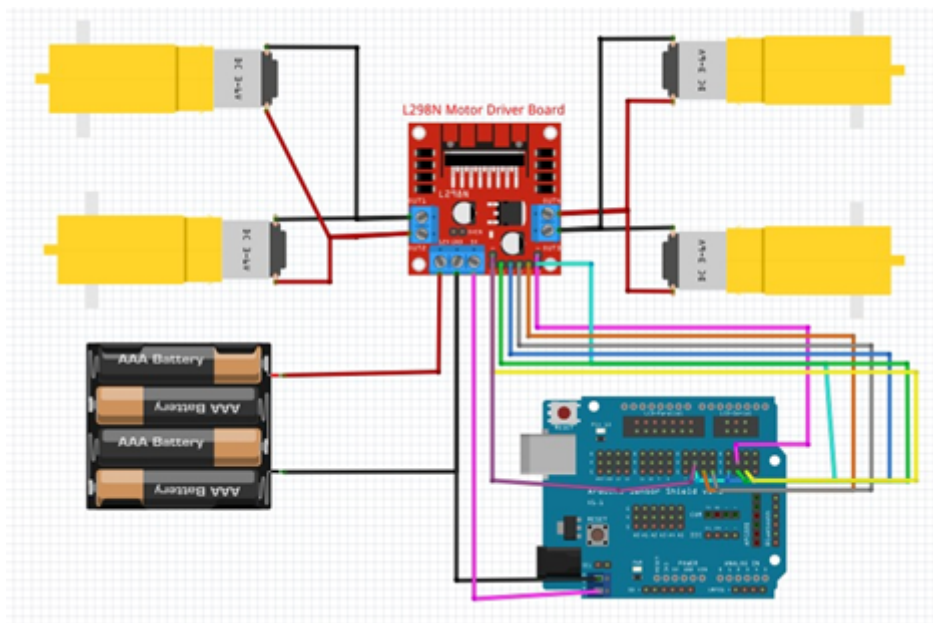
- · Arduino Uno
- · Sensor Shield V5
- · 4 Motorreductores

- · Placa L298N
- · Sensor ultrasónico HC-SR04
- · Servomotores: Modelos SG90 (180°) y MG945 (360°)
- · Sensor de humedad HL69
- · Módulo de Bluetooth

Conexiones Detalladas:

Motorreductores: Conectados a las salidas del controlador de motores L298N, que a su vez se conecta a las entradas de control (IN1, IN2, IN3, IN4) en la placa Arduino a través del Sensor Shield V5 como se muestra en la siguiente imagen.

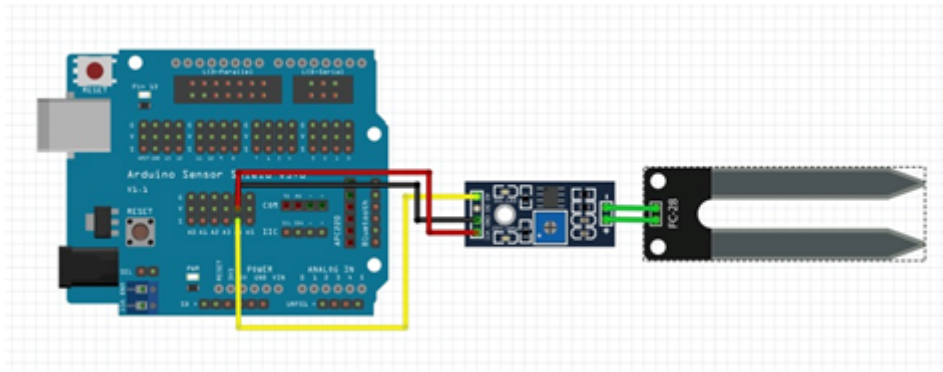
Figura C2. *Conexión de cables a la placa L298N*



Alimentación: Proporcionada por un pack de baterías AAA, conectado tanto al controlador de motores como a la placa Arduino.

Sensor de Humedad HL-69: Conectado a la placa Arduino para medir los niveles de humedad en el suelo.

Figura C3. *Conexión del sensor de humedad a la placa shield*



En la Figura C3 se muestra el esquema de conexión de un sensor de humedad de suelo FC-28 (utilizamos ese modelo para ilustrar, ya que el HI-69 no estaba en fritzing) a una placa Arduino Uno a través de un Sensor Shield V5.0. A continuación, se describe cada una de las conexiones detalladamente:

El sensor de humedad HL-69 tiene dos partes principales: las sondas que se insertan en el suelo y el módulo de procesamiento que interpreta las señales de humedad.

Conexiones del Sensor de Humedad:

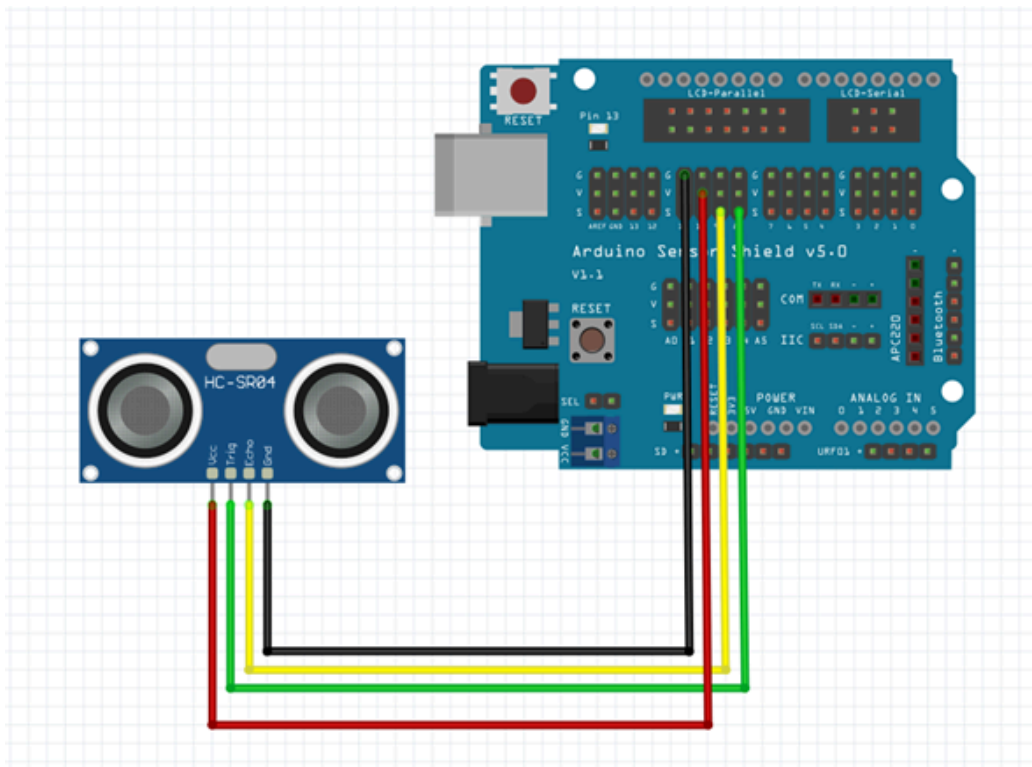
VCC (Rojo): Conectado a la línea de 5V del Sensor Shield.

GND (Negro): Conectado a la línea de tierra (GND) del Sensor Shield.

A0 (Amarillo): Conectado a la entrada analógica A0 en el Sensor Shield.

Sensor Ultrasónico HC-SR04: Conectado a la placa Arduino para la detección de obstáculos.

Figura C4. *Conexión del sensor ultrasónico*



En la figura C4 se muestra el esquema de conexión de un sensor ultrasónico HC-SR04 a una placa Arduino Uno a través de un Sensor Shield V5.0. A continuación, se describe cada una de las conexiones detalladamente:

Conexiones del Sensor Ultrasónico:

VCC (Rojo): Conectado a la línea de 5V del Sensor Shield.

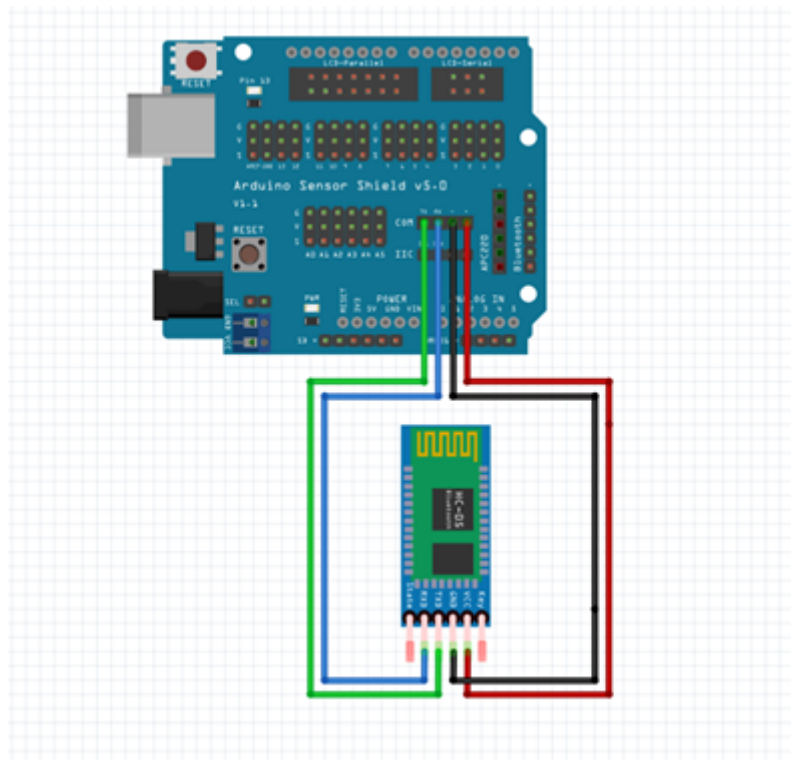
GND (Negro): Conectado a la línea de tierra (GND) del Sensor Shield.

Trig (Verde): Conectado al pin digital D9 del Sensor Shield.

Echo (Amarillo): Conectado al pin digital D8 del Sensor Shield.

Módulo de Bluetooth: Integrado para permitir la comunicación inalámbrica con el vehículo, conectado a la placa Arduino.

Figura C5. *Conexión del sensor Bluetooth Hc-05*



En la Figura C5 se muestra el esquema de conexión de un módulo Bluetooth HC-05 a una placa Arduino Uno utilizando un Arduino Sensor Shield v5.0. A continuación, se describen las conexiones detalladamente:

VCC (Rojo): Conectado a la línea de 5V del Sensor Shield.

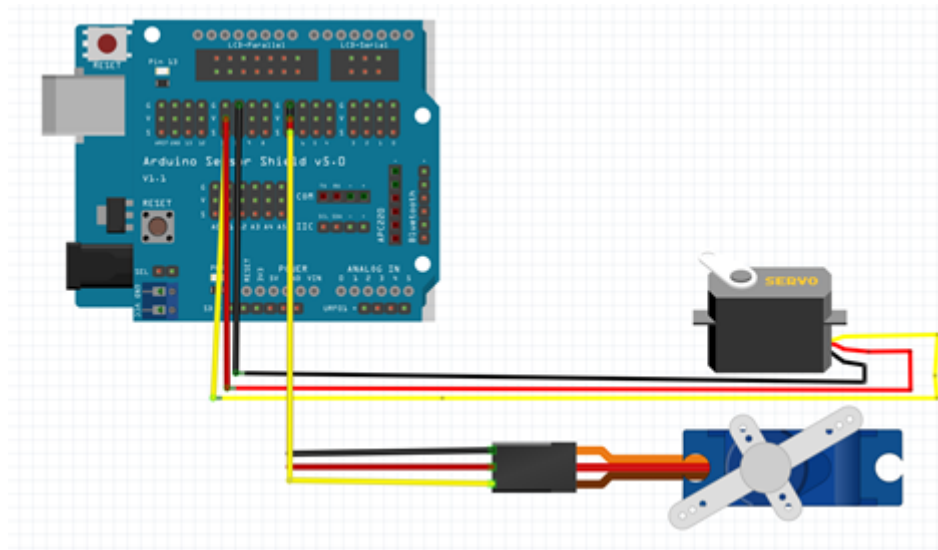
GND (Negro): Conectado a la línea de tierra (GND) del Sensor Shield.

TXD (Verde): Conectado al pin digital TX del Sensor Shield.

RXD (Azul): Conectado al pin digital RX del Sensor Shield.

Servomotores: Conectados a la placa Arduino para controlar el movimiento de componentes adicionales del vehículo.

Figura C6. *Conexión servomotores*



En la Figura C6 se muestra el esquema de conexión de un servomotor y un motor paso a paso a una placa Arduino Uno utilizando un Arduino Sensor Shield v5.0. A continuación, se describen las conexiones detalladamente:

Conexiones del Servomotor 180° sg90:

Cable Rojo: Conectado a la línea de alimentación (5V) del Sensor Shield.

Cable Negro: Conectado a la línea de tierra (GND) del Sensor Shield.

Cable Amarillo: Conectado a un pin digital del Sensor Shield, S7

Conexiones del Motor Paso a Paso MG945:

Cable Negro: Presumiblemente conectado a GND a través del controlador.

Cable Rojo: Conectado a la línea de alimentación (5V) del Sensor Shield.

Cable Amarillo: Conectado a un pin digital del Sensor Shield, S11

Apéndice D. Construcción de prototipo de invernadero

Construcción y Acondicionamiento del Prototipo de Invernadero.

Una vez presentado el bosquejo realizado para el diseño del prototipo de invernadero. Se ha considerado cuidadosamente la distribución del espacio, teniendo en cuenta las necesidades tanto de las plantas como del vehículo autónomo que realizará las mediciones de humedad.

Se dejaron márgenes de 40 cm en cada extremo, tanto a lo ancho como a lo largo del invernadero. Estos márgenes cumplen dos funciones principales:

- Proporcionar espacio suficiente para que el vehículo autónomo realice su recorrido y efectúe las mediciones de humedad en las plantas.
- Simular los bordes de un invernadero real, permitiendo maniobrar alrededor de las plantas de manera más realista.

Una vez establecidas las dimensiones del espacio, se eligió el material para construir el prototipo de invernadero. Se optó por madera de uso en carpintería debido a las siguientes razones:

- Económica y accesible.
- Adecuada para contener el sustrato (tierra) necesario para el cultivo.
- Especificaciones de la madera:
 - Grosor: 2 cm
 - Ancho: 25 cm
- Cortes:
 - 2 piezas de 1,84 metros (para los lados largos)

→ 2 piezas de 2,2 metros (para los lados cortos)

Esta configuración permite crear un marco robusto y funcional para el prototipo de invernadero, adaptado a las necesidades específicas del proyecto de monitoreo de humedad en cultivos de pimiento.

Figura D1. *Estructura de madera del prototipo de Invernadero*



Una vez establecida la estructura básica del invernadero, se procedió a su acondicionamiento para simular con la mayor fidelidad posible las condiciones de un invernadero real. Este proceso se llevó a cabo en varias etapas:

Preparación del suelo: Inicialmente, se colocó una capa de plástico en la base de la estructura. Este paso es crucial para Prevenir la filtración de agua y nutrientes, Mantener la integridad del sustrato, Facilitar el control de la humedad dentro del invernadero.

Figura D2. *Base de plástico invernadero*



Distribución de las Plantas: Se siguió un patrón de plantación preciso, basado en las medidas previamente establecidas, Se inició con una planta en el punto de origen designado y Las plantas subsiguientes se colocaron a intervalos de 35 cm, Se completaron dos hileras, cada una con 5 plantas tener Esta disposición permite Facilitar el acceso para el cuidado y monitoreo de cada planta y Simular la densidad de plantación típica en invernaderos comerciales.

Figura D3. *Ubicación plantas en invernadero*



Adición del Sustrato: Una vez establecida la estructura y la disposición de las plantas, se procedió a la adición del sustrato. Este paso es crucial para proporcionar el medio donde el vehículo hará su recorrido. Para determinar la cantidad exacta de tierra necesaria, se realizaron cálculos basados en las dimensiones del prototipo de invernadero. Con medidas de 220 cm de largo, 184 cm de ancho y 25 cm de alto.

Cálculos de adición de sustrato

$$V = 220 \text{ cm} \times 184 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} = 1,012,000 \text{ cm}^3 = 1.012 \text{ m}^3$$

densidad promedio de tierra de jardín de $1,450 \text{ kg/m}^3$:

$$\text{Peso} = 1.012 \text{ m}^3 \times 1,450 \text{ kg/m}^3 = 1,467.4 \text{ kg}$$

Ajuste considerando espacio para crecimiento y volumen de las plantas:

$$\text{Peso ajustado} \approx 1,467.4 \text{ kg} \times 0.75 = 1,100 \text{ kg}$$

Figura D4. *Disposición Final del Prototipo de Invernadero*



Apéndices E. Entrevista al agricultor

CUESTIONARIO DE LA ENTREVISTA

DESAFÍO: ¿Cómo mejorar el riego y el cultivo de pimiento en un invernadero?

Fecha de entrevista: 26/05/2024

Nombre de entrevistado/a: Luis Alberto Camacho

Profesión/Oficio: Agricultor

Tabla E1. *Entrevista al agricultor*

Cuestionario de la entrevista	
Preguntas	Respuestas
¿Con qué frecuencia se realiza el riego de las plantas de pimiento?	Se realiza día por medio. Además, se hace un chequeo diario de la zona. Si esta se ve seca, se realiza el riego inmediatamente.
¿Cuál es la distancia recomendada entre cada planta de pimiento?	La distancia recomendada es de 35 cm entre cada planta. A veces lo dejamos de 30 cms para aprovechar espacio aunque menos de 35 es lo más recomendable.
¿Cuáles son las dimensiones típicas del invernadero para el cultivo de pimientos?	Nuestro invernadero mide 50 metros de largo por 30 metros de ancho, lo que nos da un área de 1500 m ² .
¿Qué tipo de sistema de riego utiliza en su invernadero?	Utilizamos un sistema de riego por goteo. Es eficiente en el uso del agua y nos permite controlar con precisión la cantidad de agua y nutrientes que recibe cada planta.
¿Cada cuánto tiempo dan frutos los pimientos en condiciones óptimas?	En condiciones óptimas, los pimientos comienzan a dar frutos entre 60 y 90 días después del trasplante. Luego, la cosecha puede continuar por varios meses, con recolecciones cada 1-2 semanas.

¿Cuáles son los principales desafíos en el cultivo de pimientos en invernadero?

Los principales desafíos son el control de plagas como los áfidos y la mosca blanca, mantener una temperatura y humedad óptimas, y prevenir enfermedades fúngicas. También es crucial mantener un balance adecuado de nutrientes en el suelo

¿Cuál es la altura máxima que pueden alcanzar las plantas de pimiento en su invernadero?

Las plantas de pimiento en nuestro invernadero pueden alcanzar grandes alturas. En condiciones óptimas de cultivo, con un manejo adecuado, nuestras plantas de pimiento pueden crecer hasta 2 metros de altura.

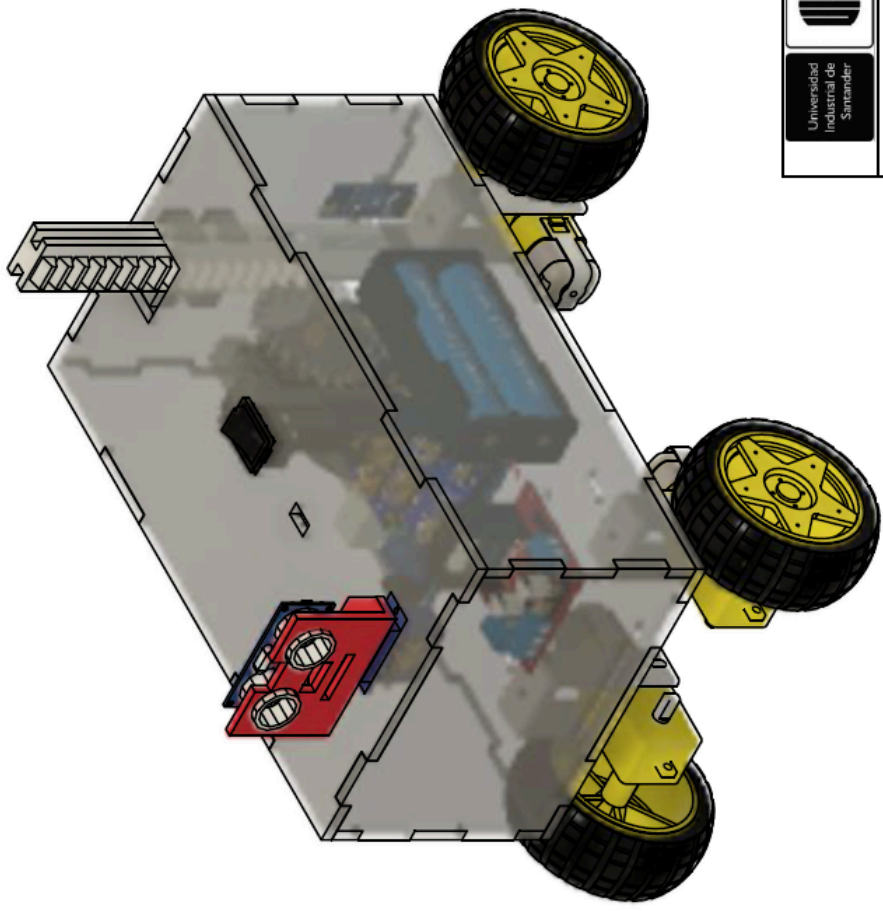
¿Qué medidas toma para prevenir y controlar enfermedades en los pimientos?




Mantenemos una buena higiene en el invernadero y tratamos de mantener el invernadero cerrado y en buen estado.

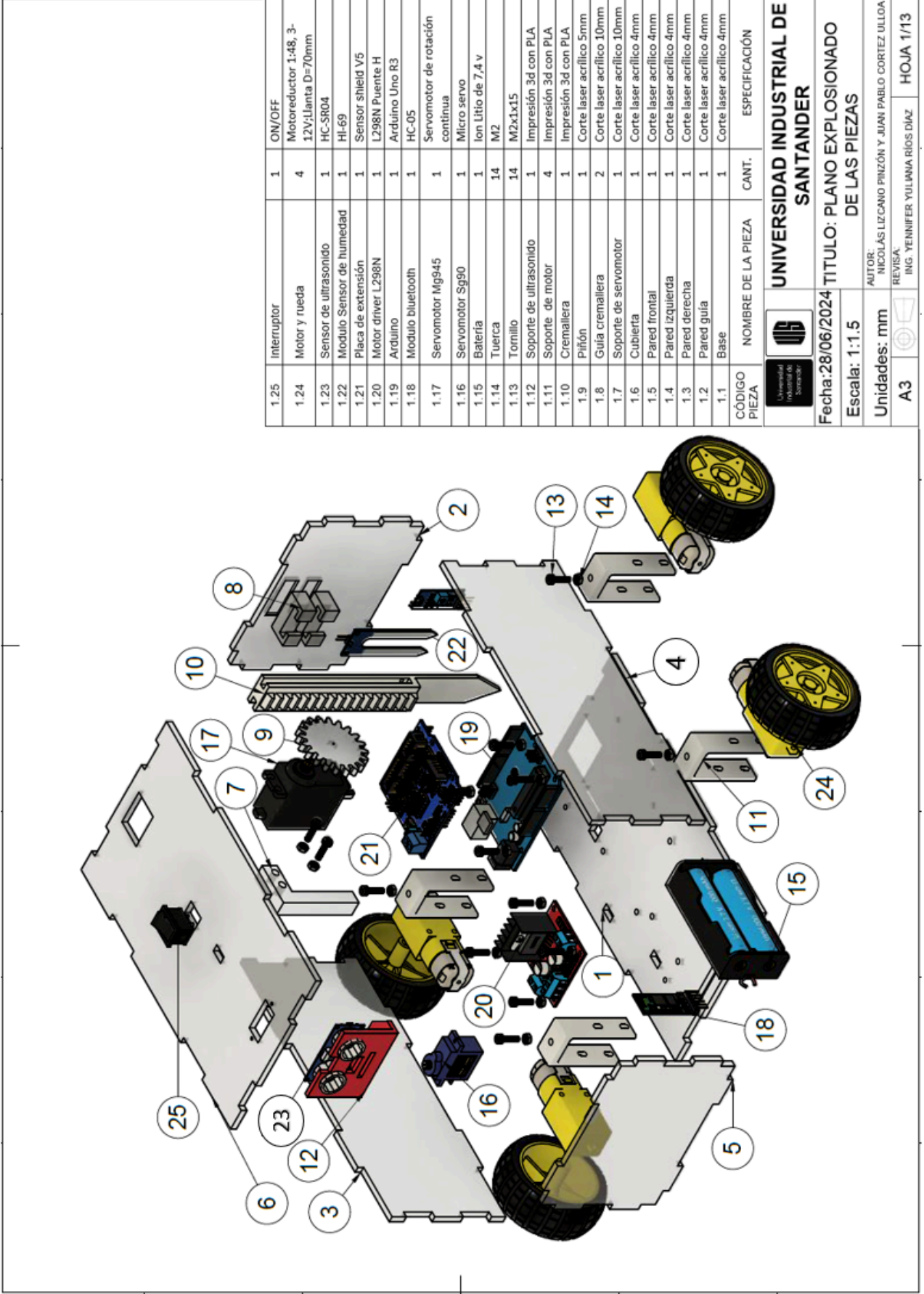
¿Qué tecnologías innovadoras ha implementado recientemente en su invernadero?

Ninguna, no utilizamos ninguna tecnología para el control del pimiento todo va en base a mi experiencia.

Apéndices F. Planos del prototipo

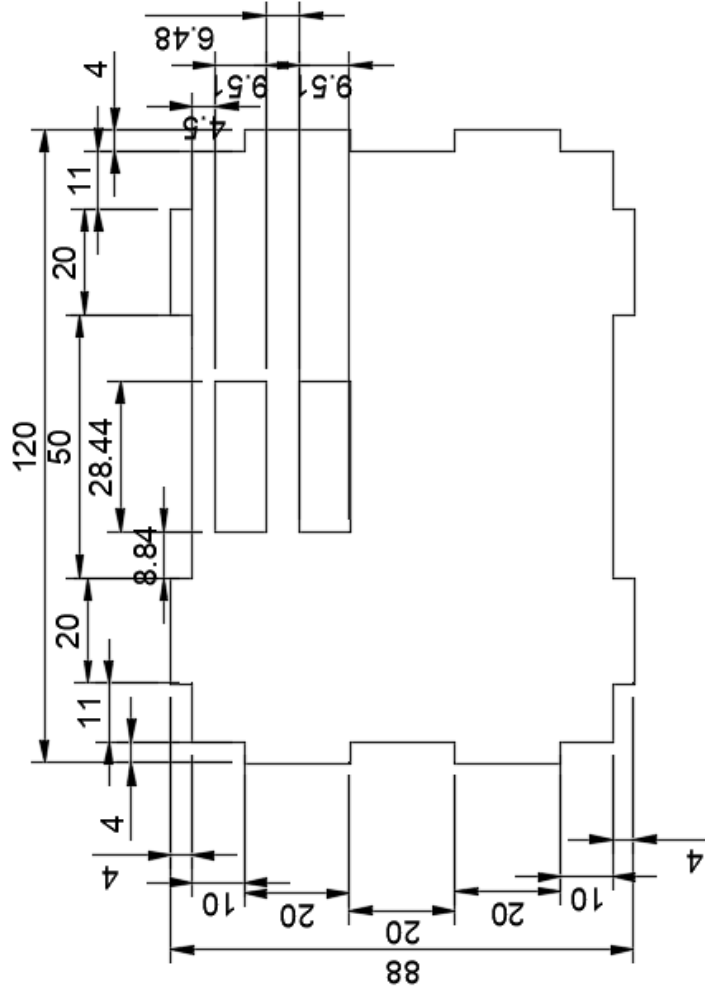
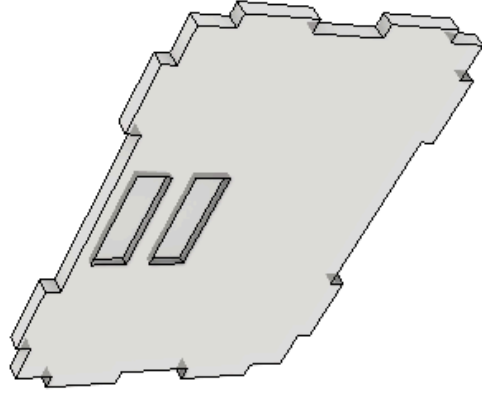



 Universidad Industrial de Santander		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DE ENSAMBLAJE GLOBAL DEL PROTOTIPO	
Escala: 1:2	AUTOR: NICOLÁS LIZCANO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZ ULLOA	
Unidades: mm	REVISÁ: ING. YENNIFER YULIANA RÍOS DÍAZ	
A4		

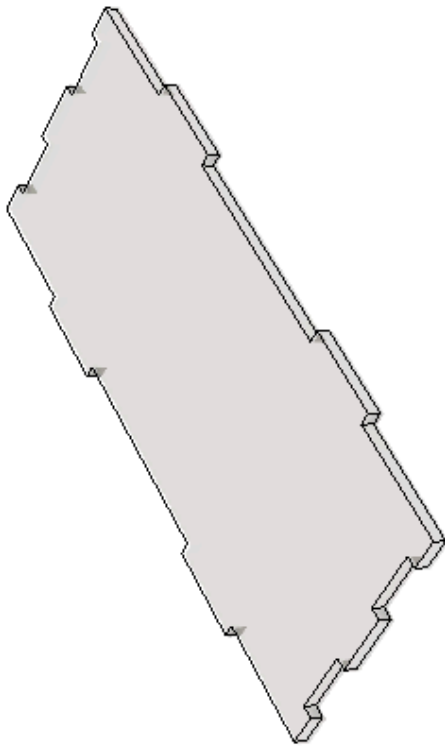
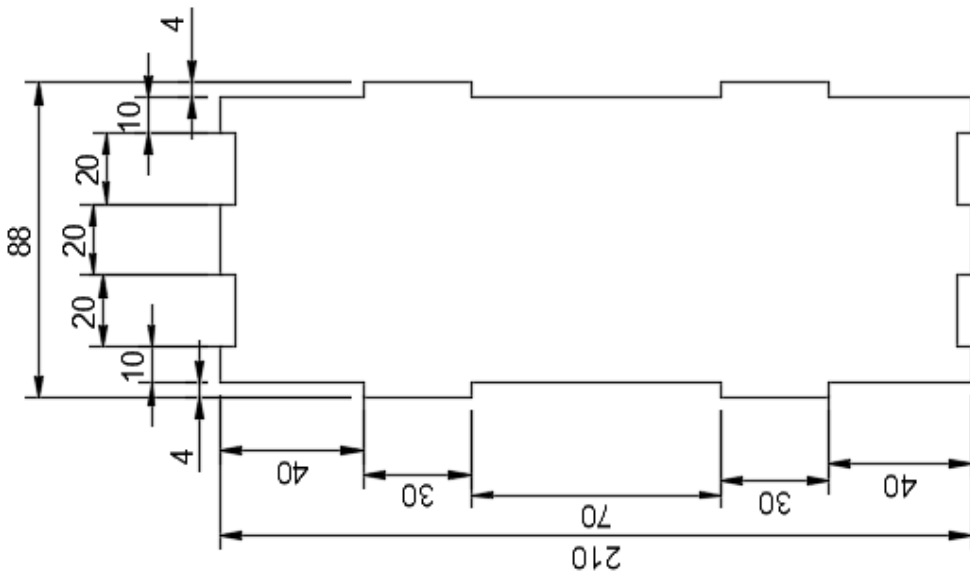



1.25	Interrupcion	1	ON/OFF
1.24	Motor y rueda	4	Motorreductor 1:48, 3-12V; Lanta D=70mm
1.23	Sensor de ultrasonido	1	HC-SR04
1.22	Modulo Sensor de humedad	1	HI-69
1.21	Placa de extension	1	Sensor shield V5
1.20	Motor driver L298N	1	L298N Puente H
1.19	Arduino	1	Arduino Uno R3
1.18	Modulo bluetooth	1	HC-05
1.17	Servomotor M9g45	1	Servomotor de rotacion continua
1.16	Servomotor Sg90	1	Micro servo
1.15	Bateria	1	Ion Litio de 7,4 v
1.14	Tuerca	14	M2
1.13	Tomillo	14	M2x1x15
1.12	Soporte de ultrasonido	1	Impresion 3d con PLA
1.11	Soporte de motor	4	Impresion 3d con PLA
1.10	Cremallera	1	Impresion 3d con PLA
1.9	Pifon	1	Corte laser acrilico 5mm
1.8	Guia cremallera	2	Corte laser acrilico 10mm
1.7	Soporte de servomotor	1	Corte laser acrilico 10mm
1.6	Cubierta	1	Corte laser acrilico 4mm
1.5	Pared frontal	1	Corte laser acrilico 4mm
1.4	Pared izquierda	1	Corte laser acrilico 4mm
1.3	Pared derecha	1	Corte laser acrilico 4mm
1.2	Pared guia	1	Corte laser acrilico 4mm
1.1	Base	1	Corte laser acrilico 4mm
CODIGO PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	CANT.	ESPECIFICACION

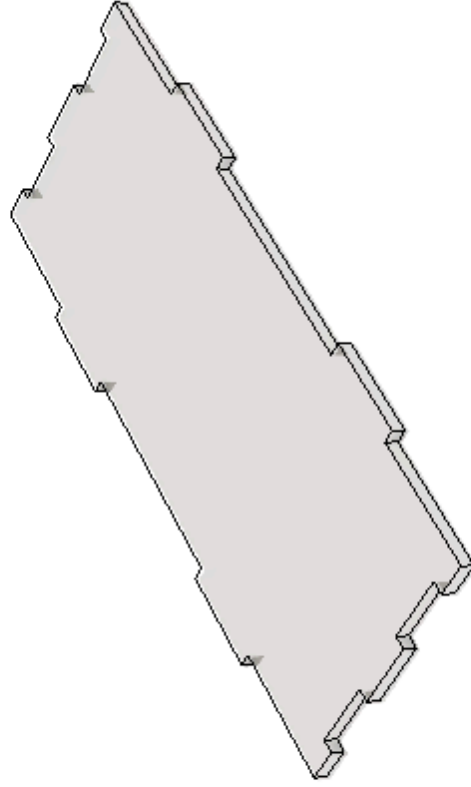
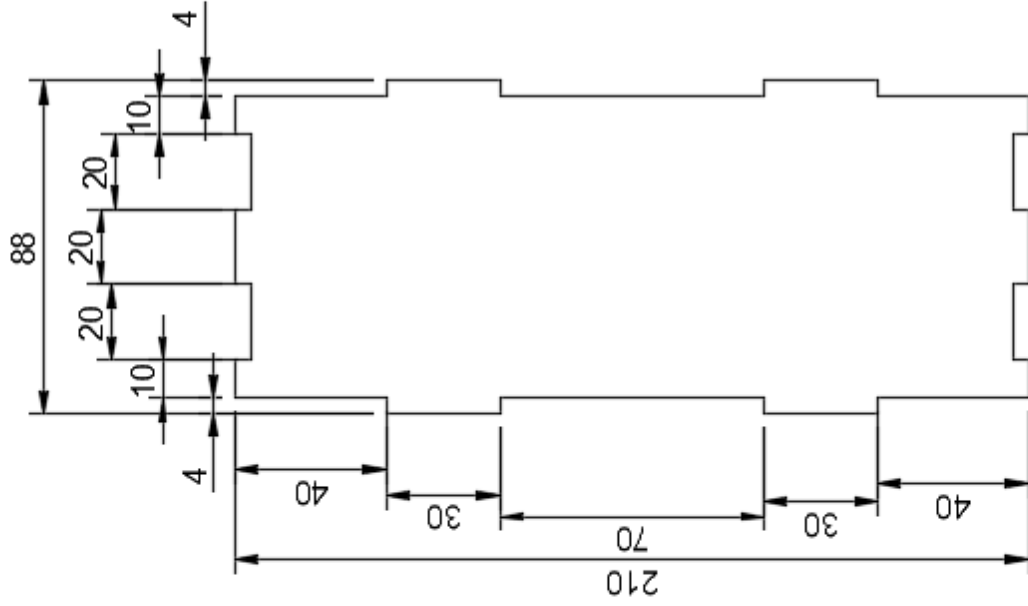

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 Fecha: 28/06/2024 TITULO: PLANO EXPLOSIONADO DE LAS PIEZAS
 Escala: 1:1.5
 Unidades: mm
 A3
 AUTOR: NICOLAS LIZCANO PRIZON Y JUAN PABLO CORTEZ ULLIDA
 REVIS: ING. YENNIFER YULIANA RIOS DIAZ
 HOJA 1/13





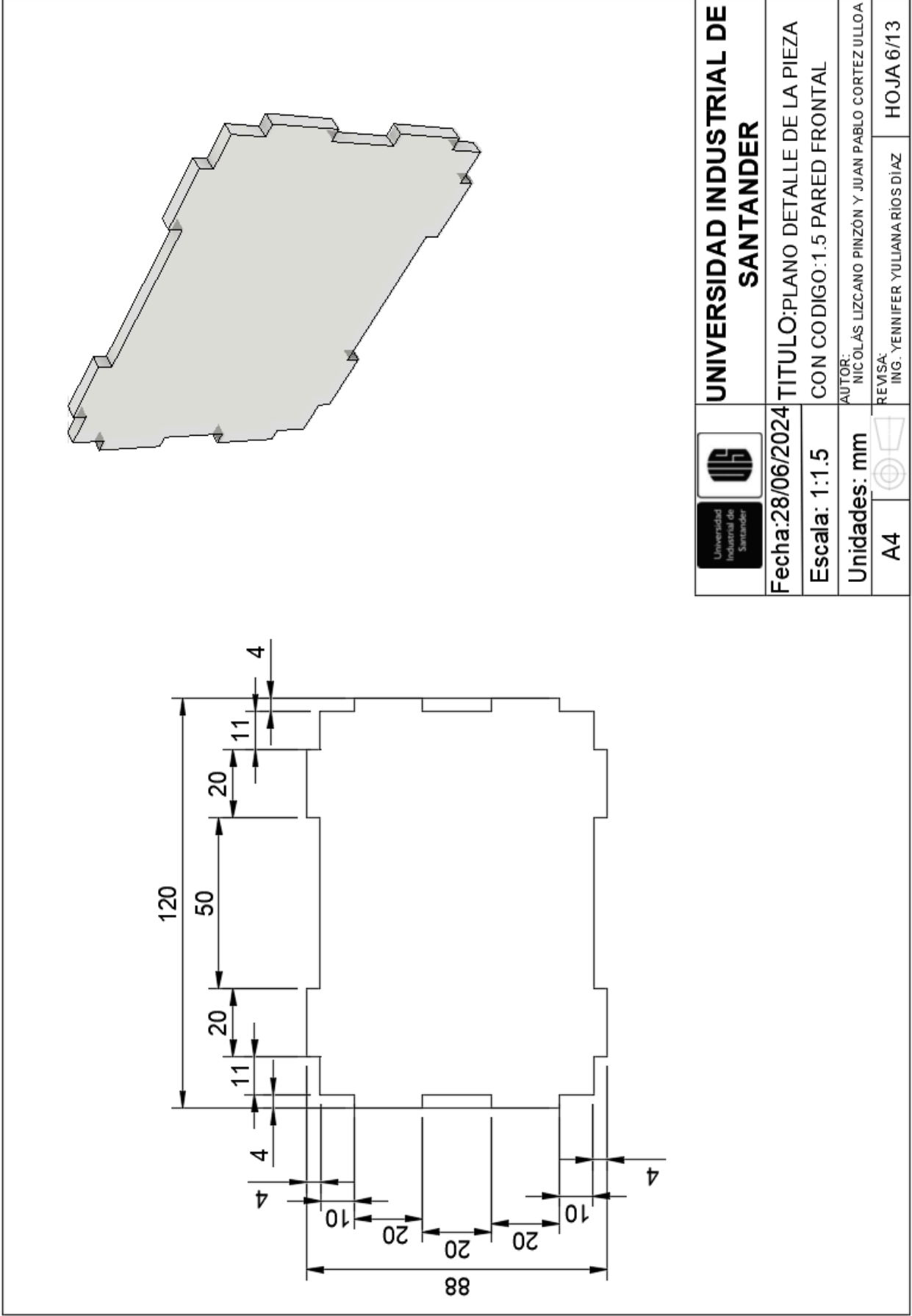
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA CON CODIGO: 1.2 PARED GUIA	
Escala: 1:1.5	AUTOR: NICOLÁS LIZCANO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZULLOA	
Unidades: mm	REVISOR: ING. YENNIFER YULIANA RÍOS DÍAZ	
A4	HOJA 3/13	



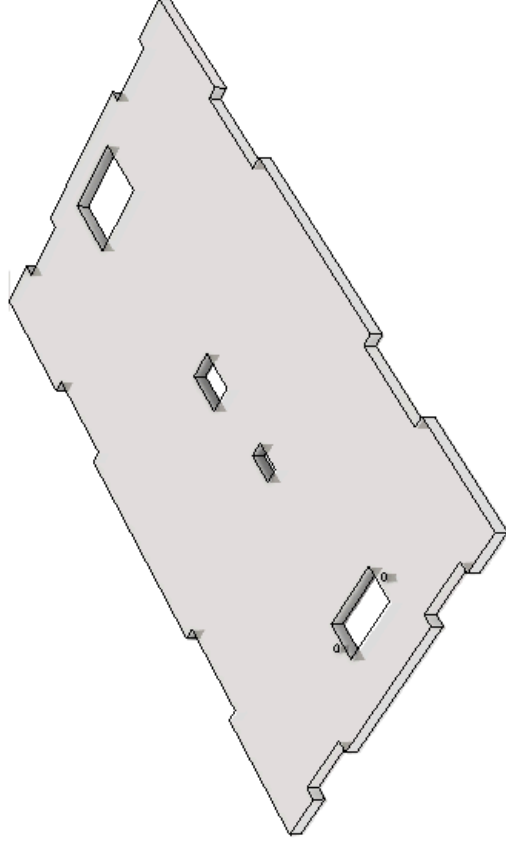
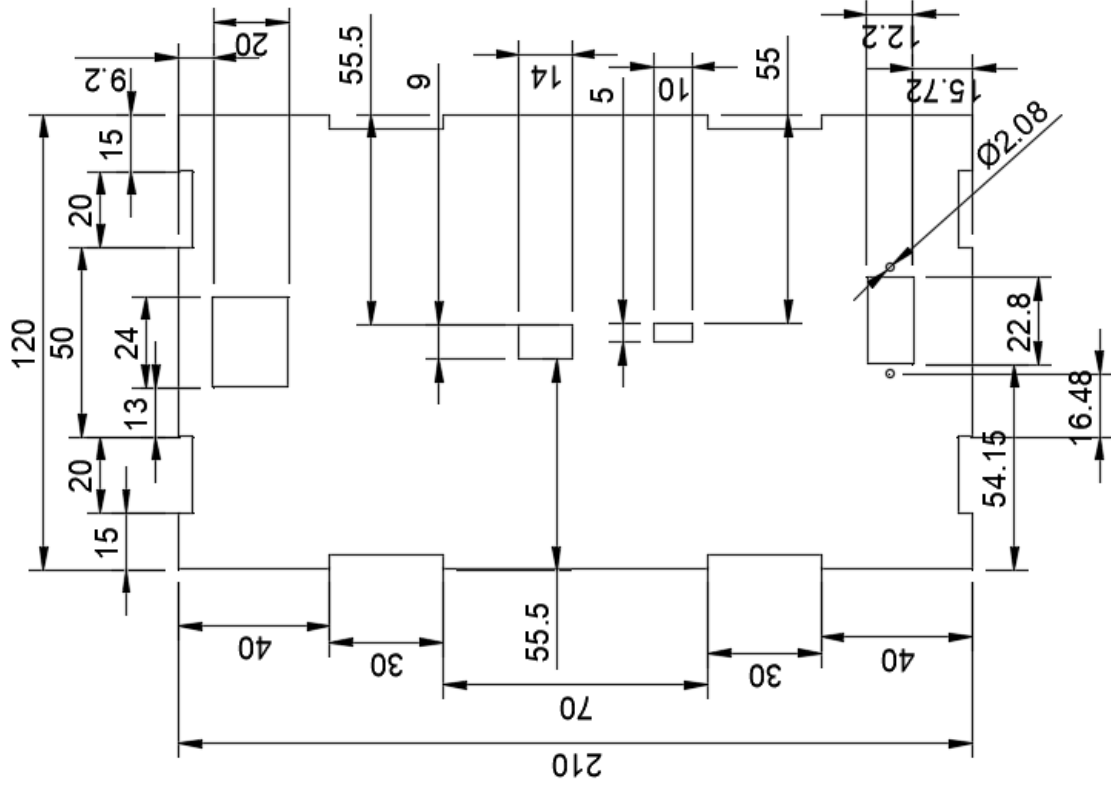
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO PLANO DETALLE DE LA PIEZA
Escala: 1:1.5	CON CODIGO: 1.3 PARED DERECHA
Unidades: mm	AUTOR: NICOLAS LIZCANO PINZON Y JUAN PABLO CORTEZ ULLOA
A4	REVISOR: ING. YENNIFER YLLIANA RIOS DIAZ
HOJA 4/13	



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA
Escala: 1:1.5	CON CODIGO: 1.4 PARED IZQUIERDA
Unidades: mm	AUTOR: NICOLAS LIZCANO PINZON Y JUAN PABLO CORTEZ ULLOA
A4	REVISIA: ING. YENNIFER YULIANA RIOS DIAZ
	HOJA 5/13



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA CON CODIGO: 1.5 PARED FRONTAL
Escala: 1:1.5	UNIDADES: mm
A4	HOJA: 6/13
	AUTOR: NICOLÁS LIZCANO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZ ULLOA REVISOR: ING. YENNIFER YULIANA RÍOS DÍAZ



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Fecha: 28/06/2024

TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA
CON CODIGO: 1.6 CUBIERTA

Escala: 1:1.5

Unidades: mm

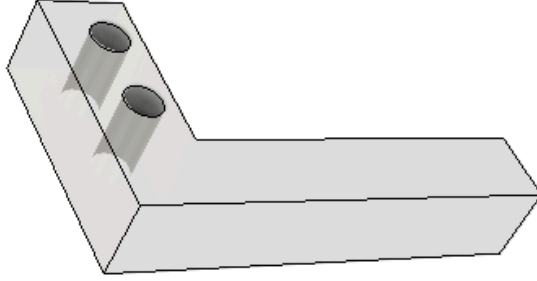
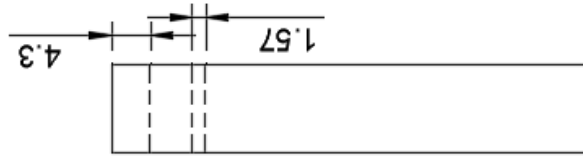
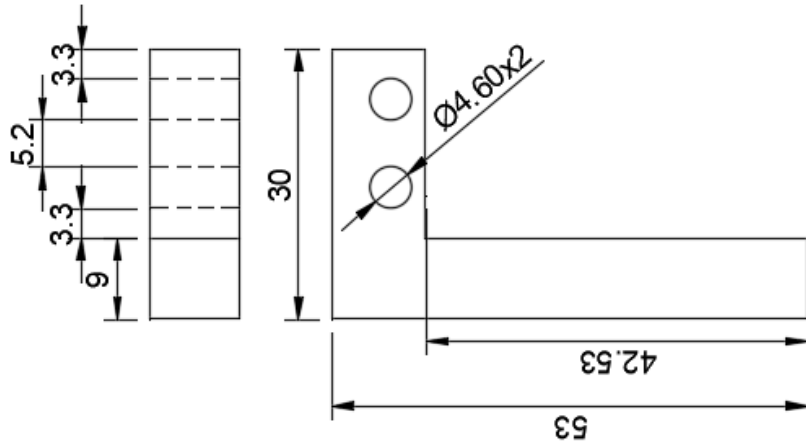
AUTOR: NICOLÁS LIZCANO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZ ULLOA






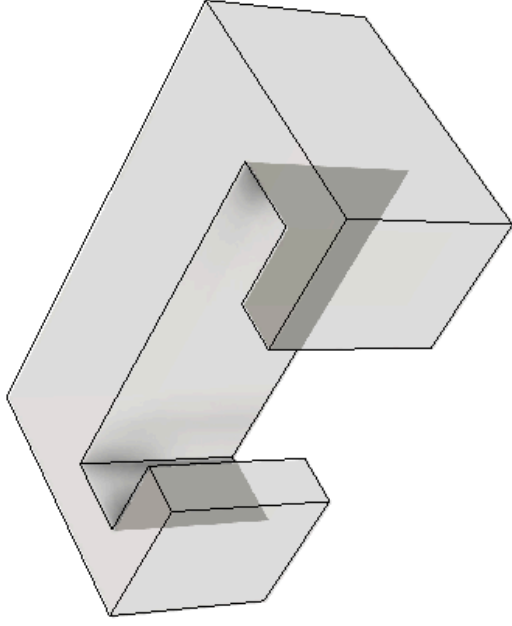
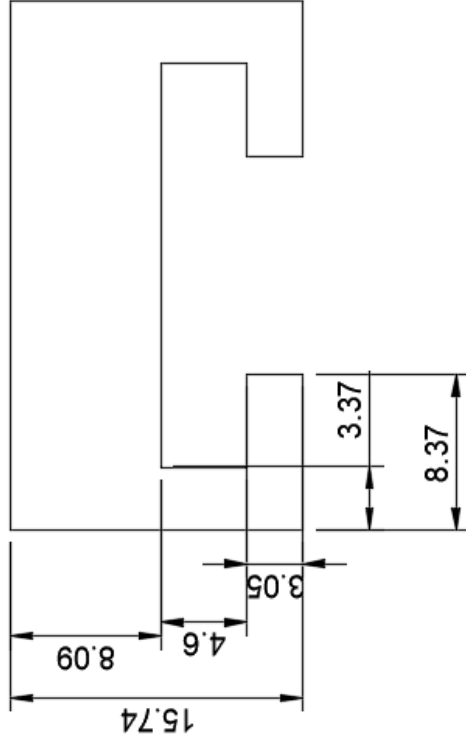
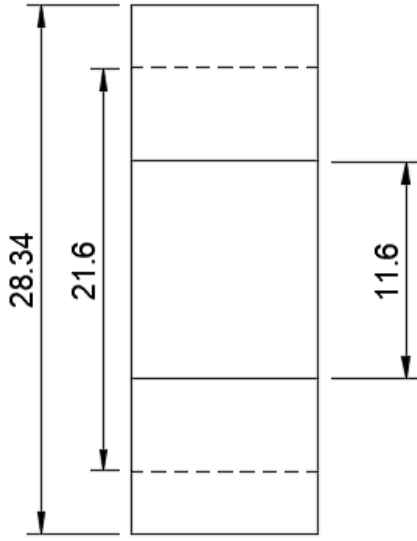
REVISIA: ING. YENIFER YULIANA RÍOS DÍAZ


A4

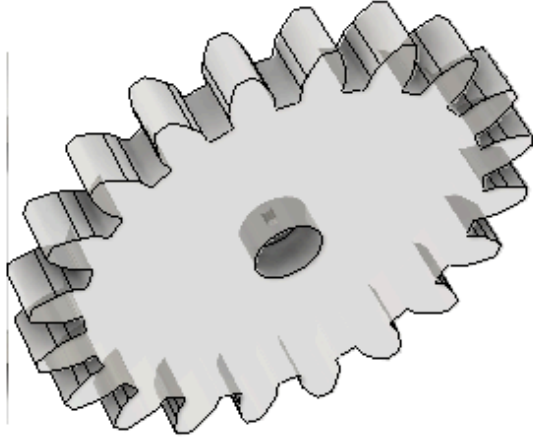
HOJA 7/13



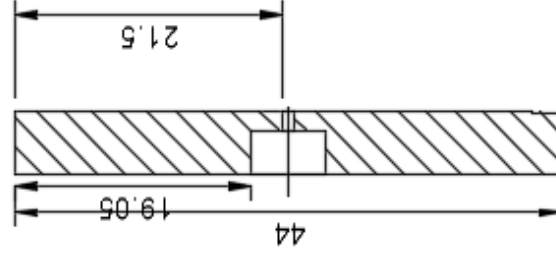
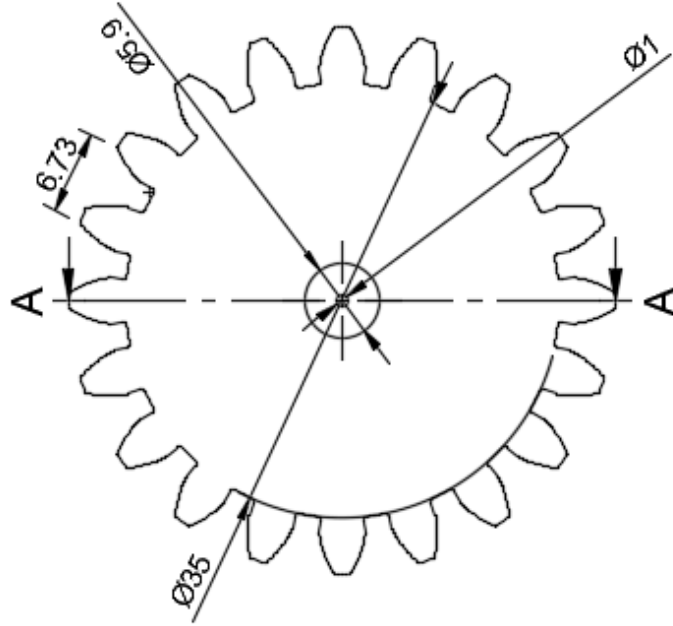
		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA CON CODIGO: 1.7 SOPORTE SERVOMOTOR	
Escala: 1:1	AUTOR: NICOLÁS LIZCANO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZ ULLOA	
Unidades: mm	REVISA: ING. YENNIFER YULLIANA RÍOS DÍAZ	
A4		HOJA 8/13



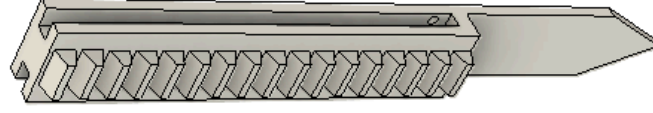
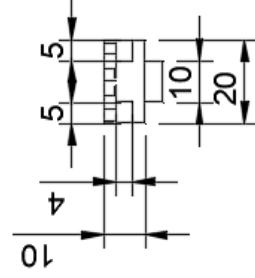
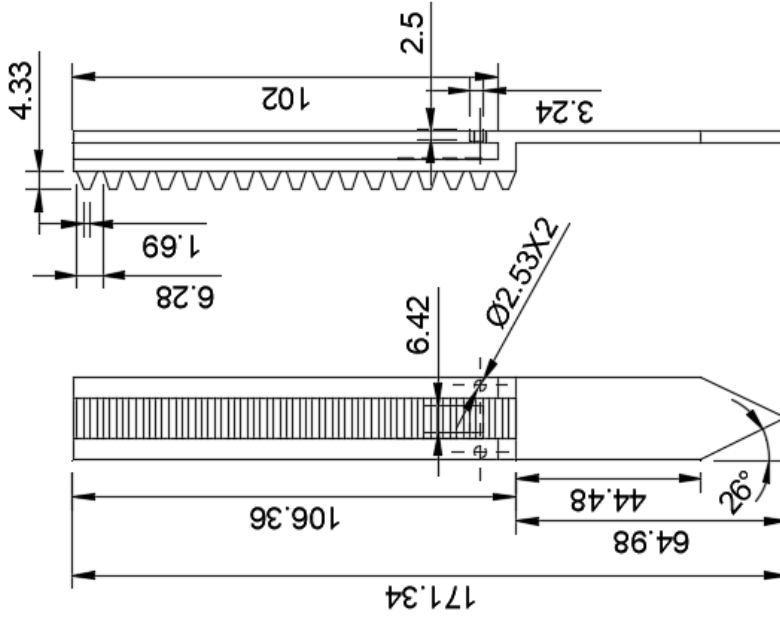
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA
Escala: 3:1	CON CODIGO: 1.8 GUÍA CREMALLERA
Unidades: mm	AUTOR: NICOLÁS LIZCAÑO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZULLOA
A4	REVISAR: ING. YENNIFER YULIANA RÍOS DÍAZ HOJA: 9/13





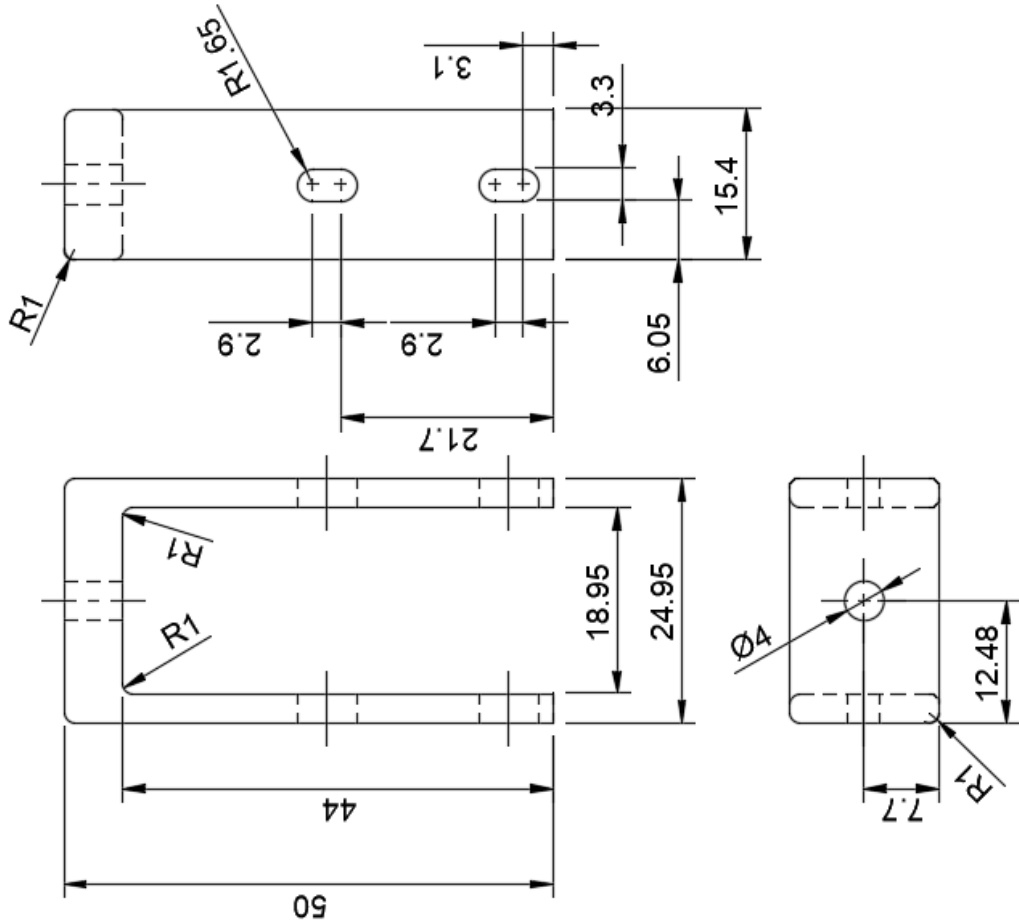
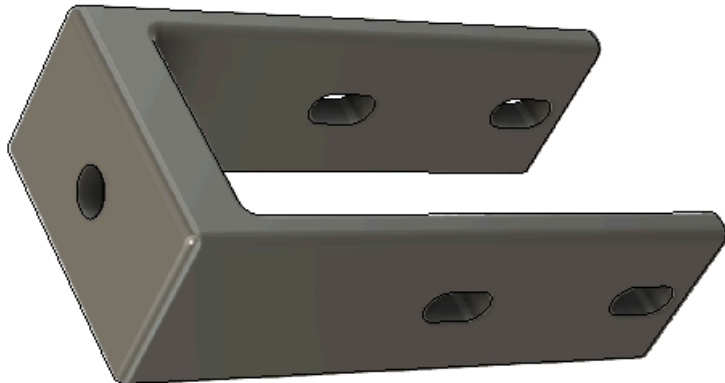
A-A (2:1)



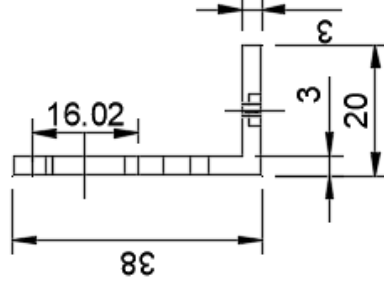
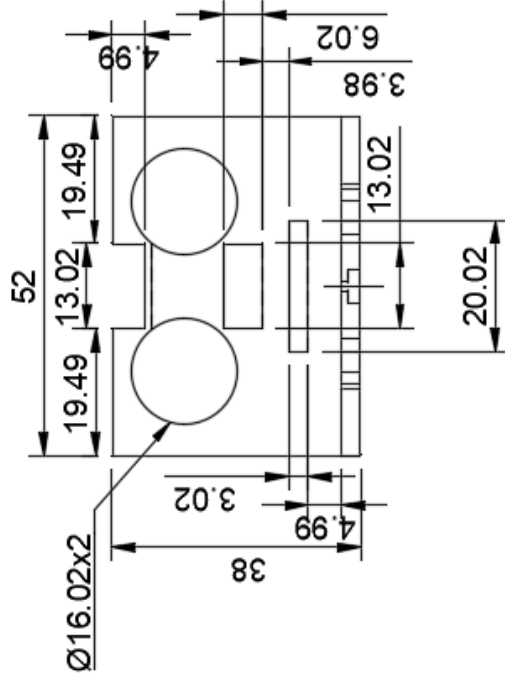
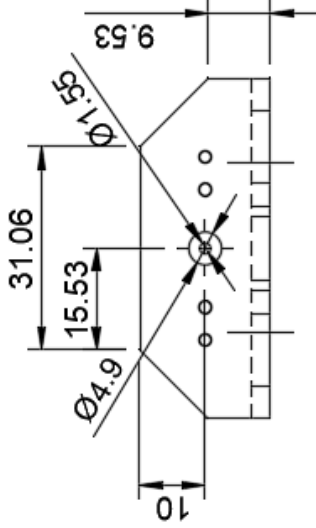
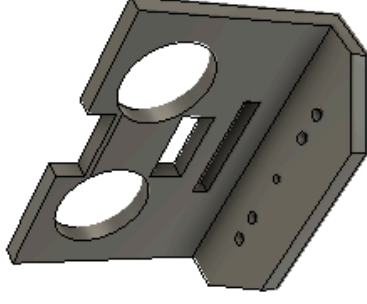
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA
Escala: 2:1	CON CODIGO: 1.9 PIÑÓN
Unidades: mm	AUTOR: NICOLÁS LIZCANO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZULLOA
A4	REVISAR: ING. YENIFER YULIANA RIOS DIAZ
	HOJA 10/13




	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA
Escala: 1:1.5	CON CODIGO: 1.10 CREMALLERA
Unidades: mm	AUTOR: NICOLÁS LUZCANO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZ ULLOA
A4	REVISAR: ING. YENIFER YULIANA RÍOS DÍAZ
	HOJA 11/13



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA
Escala: 2:1	CON CODIGO: 1.11 SOPORTE DE MOTOR
Unidades: mm	AUTOR: NICOLÁS LIZCANO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZ UJILLOA
A4	REVISÁ: ING. YENNIFER YULLIANA RÍOS DÍAZ
HOJA 12/13	



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Fecha: 28/06/2024	TITULO: PLANO DETALLE DE LA PIEZA
Escala: 1:1	CON CODIGO: 1.12 SOPORTE UL TRASONIDO
Unidades: mm	<small>AUTOR: NICOLÁS LIZCANO PINZÓN Y JUAN PABLO CORTEZULLOA</small>
A4	<small>REVISÁ: ING. YENNIFER YULIANA RÍOS DÍAZ</small>
	HOJA 13/13

Apéndice G. Programación de aplicación.

Utilizando la plataforma MIT App Inventor, se llevó a cabo el diseño y desarrollo de la aplicación móvil para el control del robot. Esta herramienta de programación visual basada en bloques facilitó la creación de una interfaz de usuario intuitiva y funcional.

Inicialmente, se diseñó la parte gráfica de la aplicación, incluyendo botones, controles y elementos visuales necesarios para la interacción con el robot.

Figura G1. *Primera parte*

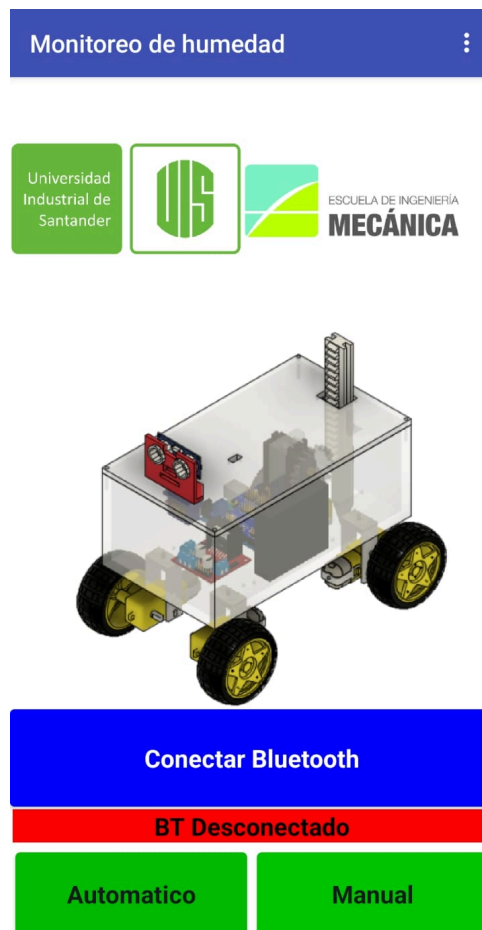


Figura G2. *Segunda parte*

Posteriormente, se procedió a la fase de programación utilizando el sistema de bloques característico de App Inventor. Este enfoque permitió implementar la lógica de control y las funcionalidades requeridas de manera eficiente, sin necesidad de escribir código tradicional. La programación por bloques posibilitó la definición de eventos, acciones y comunicaciones necesarias para operar el robot, resultando en una aplicación robusta y fácil de mantener.

Figura G4. Programación en bloques del modo automatico

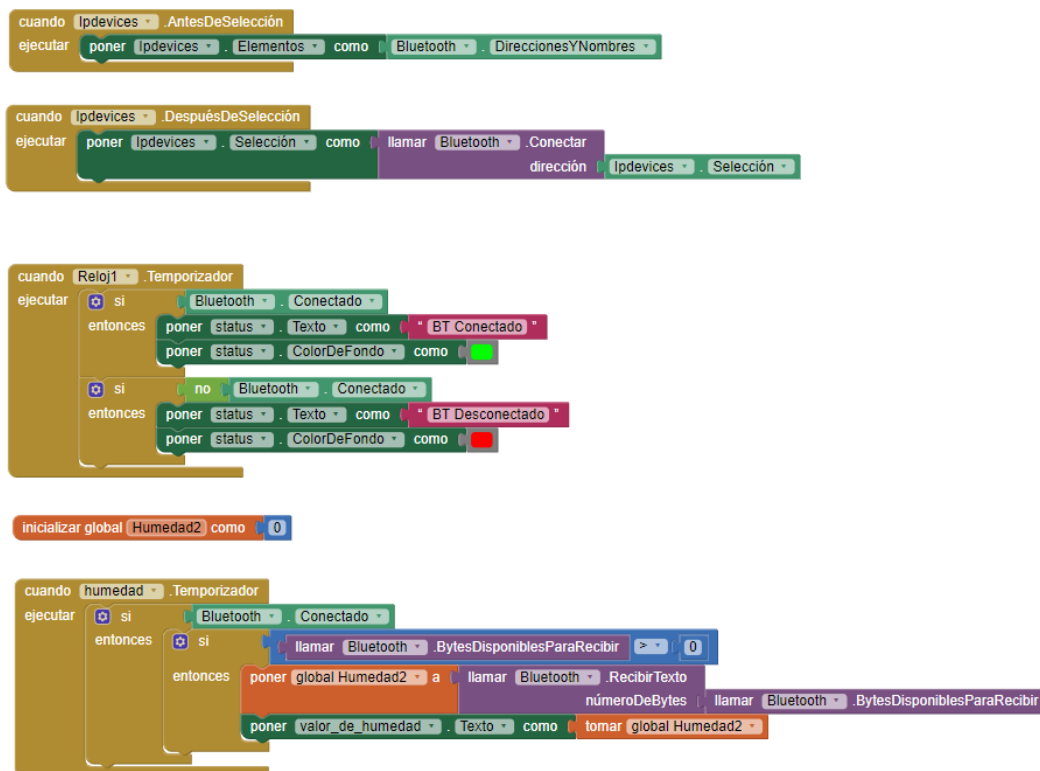
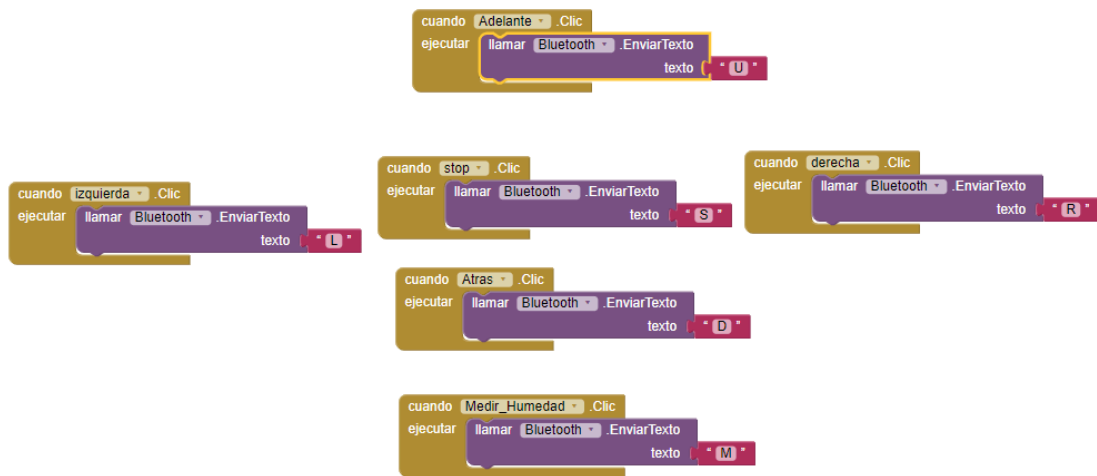


Figura G5. Programación en bloques del modo manual



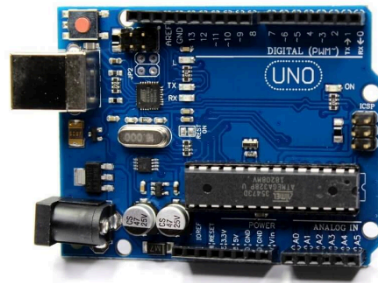
Apéndice H. Selección de componentes

Sistema procesamiento y transmisión de datos.

El sistema de control y procesamiento es el núcleo central del prototipo, responsable de recopilar datos de los sensores, procesar la información y controlar los actuadores. Este sistema es importante para el funcionamiento eficiente y preciso del vehículo móvil de monitoreo de humedad.

Por esta razón para este proyecto, se han considerado dos alternativas principales: la Raspberry Pi y el Arduino, las cuales se compararon y se decidió que el arduino era la mejor opción. Por lo cual se analizó qué modelo de arduino es mejor.

Figura H1. *Arduino Uno R3*

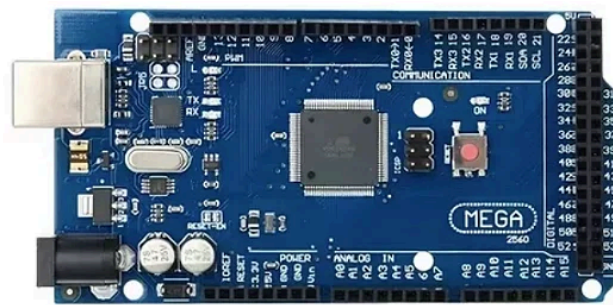


Nota. Tomado de: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>

El Arduino UNO es una placa de microcontrolador basada en el ATmega328P. Cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida, de los cuales 6 pueden utilizarse como salidas PWM. Además, dispone de 6 entradas analógicas y opera con un resonador cerámico de 16 MHz. Para facilitar su uso, incluye una conexión USB, una toma de corriente, un conector ICSP y

un botón de reinicio. La placa contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente se conecta a una computadora con un cable USB o se alimenta con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar a trabajar. Puedes experimentar con tu UNO sin preocuparte demasiado por cometer errores, ya que en el peor de los casos puedes reemplazar el chip por unos pocos dólares y comenzar de nuevo. (Aguayo, 2019).

Figura H2. *Arduino Mega 2560*



Nota. Tomado de: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560/#tech-specs>

El Arduino Mega 2560 es una placa de microcontrolador basada en el ATmega2560. Esta potente placa cuenta con 54 pines digitales de entrada/salida, de los cuales 15 pueden utilizarse como salidas PWM. Además, dispone de 16 entradas analógicas y 4 UARTs (puertos seriales por hardware), lo que la hace ideal para proyectos que requieren múltiples conexiones seriales. La placa opera con un oscilador de cristal de 16MHz, lo que garantiza una operación estable y precisa. Para facilitar la conexión con otros dispositivos, incluye una conexión USB, una toma de corriente, un conector ICSP y un botón de reinicio. Gracias a estas características, esta es una opción versátil y robusta para una amplia gama de aplicaciones en el ámbito de la electrónica y la programación. (Arduino Mega 2560, s. f.)

Para seleccionar la mejor alternativa adecuada, se utilizará una matriz de selección que evaluará ambas opciones según criterios relevantes para nuestros objetivos.

Tabla H1. *Evaluación de alternativas (control y procesamiento)*

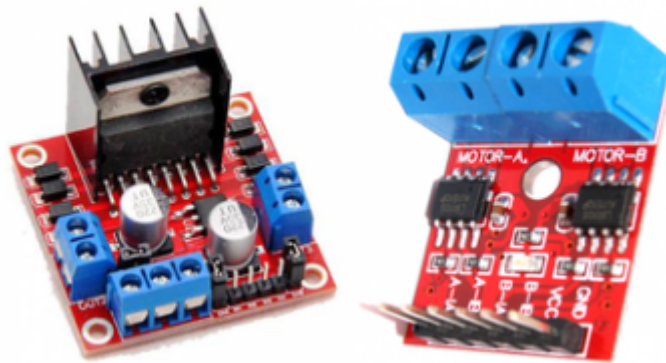
Criterios	Alternativas	
	Arduino Mega 2560	Arduino Uno
Costo	3	5
Facilidad de implementación	5	5
Compatibilidad	4	4
Facilidad de programación	4	5
Amplia comunidad y soporte	5	5
Valoración Total	21	24

Basándonos en los resultados de la matriz de selección, se ha elegido el **Arduino Uno** como la plataforma de control y procesamiento para nuestro prototipo. Esta elección se fundamenta principalmente en su menor costo y facilidad de implementación.

Controlador de los motores.

Para la selección del controlador de los motores del prototipo de vehículo móvil, se han considerado dos alternativas principales: El controlador L9110 y el controlador L298n. Ambos controladores permiten el control preciso de los motores que impulsan el movimiento del dispositivo. Por consiguiente, la correcta elección de este componente es crucial para lograr un funcionamiento óptimo y consistente del movimiento del vehículo.

Figura H3 Controlador L298N (izquierda) y L9110 (derecha)



Nota. Tomada de: https://bricolabs.cc/wiki/guias/control_de_motores

El L9110 es un controlador de motor de doble canal diseñado para aplicaciones de baja potencia. Este chip puede controlar dos motores de CC o un motor paso a paso. Funciona con un rango de voltaje de 2.5V a 12V, lo que lo hace ideal para proyectos con baterías o sistemas de bajo voltaje. Cada canal puede manejar hasta 800mA de corriente continua, suficiente para muchos motores pequeños y medianos. Su tamaño compacto y bajo consumo de energía lo hacen particularmente útil en proyectos donde el espacio y la eficiencia energética son importantes. (*Driver L9110S*, s. f.)

El L298N es un controlador de motor de puente H dual de alta tensión y corriente. Puede controlar cargas inductivas como relés, solenoides, motores de CC y motores paso a paso. Ofrece una corriente de salida de hasta 2A por canal y puede operar a voltajes de hasta 46V. Este controlador es capaz de controlar dos motores de CC o un motor paso a paso

bipolar de mayor potencia. Además, incorpora diodos de protección contra corrientes inversas, lo que aumenta su robustez en aplicaciones con cargas inductivas. (*Prometec*, s. f.)

Para seleccionar la alternativa más adecuada, se utilizará una matriz de selección que evaluará ambas opciones según criterios relevantes para nuestro proyecto.

Tabla H2. *Evaluación de alternativas (control de los motores)*

Criterios	Alternativas	
	Controlador L9110	Controlador L298n
Costo	5	4
Protecciones integradas	3	5
Escabilidad	4	5
Disponibilidad	4	4
Capacidad de corriente	3	5
Valoración Total	19	23

Nota. Elaboración propia

Basándonos en los resultados de la matriz de selección, se ha elegido el **controlador L298N** para nuestro prototipo. Esta elección se fundamenta en el control preciso y eficiente de los motores en el prototipo de vehículo móvil. Además de su capacidad de manejar dos motores independientemente, junto con sus características de protección y compatibilidad con

sistemas de control basados en Arduino, lo convierten en un componente ideal para este proyecto.

Sensor de humedad.

El sensor de humedad es un componente esencial en nuestro prototipo de vehículo móvil, ya que permitirá medir con precisión la humedad del suelo, facilitando una gestión eficiente del riego y optimizando el crecimiento de las plantas.

Para la selección del sensor de humedad del suelo en este prototipo de vehículo móvil, se realizó un análisis comparativo de tres opciones disponibles en el mercado. Cada sensor fue evaluado en función de sus características técnicas, precisión, costo y adecuación al proyecto. A continuación, se detallan las opciones consideradas.

Figura H4. *Sensor de humedad Adafruit STEMMA (izquierda). Sensor de humedad de suelo inoxidable YL100 (centro). Sensor de humedad HI-69(derecha)*



Nota. Tomado de: <https://listado.mercadolibre.com.co/sensor-de-humedad>

El sensor de humedad de suelo Adafruit STEMMA utiliza tecnología capacitiva avanzada para medir la humedad del suelo. Funciona a través de una interfaz I2C, lo que facilita su integración con microcontroladores y otros dispositivos. Este sensor se destaca por su alta precisión, proporcionando datos confiables para aplicaciones agrícolas y de jardinería. Aunque su costo es de \$37,900 COP, su ventaja principal radica en su facilidad de integración y la precisión de las mediciones, lo que lo hace ideal para proyectos que requieren datos

precisos sobre la humedad del suelo. Sin embargo, su principal desventaja es el costo elevado en comparación con otras opciones del mercado. (*Electronilab*, 2024)

El sensor de humedad de suelo anticorrosivo YI-100 funciona con tecnología resistiva, diseñada para ofrecer resistencia al desgaste y la corrosión. Este sensor proporciona una precisión moderada en la medición de la humedad del suelo, siendo adecuado para aplicaciones donde la durabilidad es una prioridad. Su costo es de \$22,900 COP, y se destaca por su diseño simple y su resistencia al deterioro en entornos húmedos. Sin embargo, la precisión que ofrece es menor en comparación con sensores más avanzados, lo que puede ser una limitación en aplicaciones que requieren datos altamente precisos. (*Sensor de Humedad anticorrosivo*, s.f.)

El sensor de humedad del suelo HL-69 utiliza tecnología resistiva y proporciona una interfaz analógica para la lectura de datos. Este sensor es conocido por su facilidad de instalación y su costo económico de \$7,000 COP, lo que lo hace accesible para una amplia variedad de proyectos. Aunque ofrece una precisión básica, su confiabilidad ha sido probada en múltiples aplicaciones. La principal ventaja del HL-69 es su bajo costo y simplicidad, lo que permite su uso en proyectos educativos y experimentales. Sin embargo, su precisión limitada puede no ser adecuada para aplicaciones que requieren mediciones exactas de la humedad del suelo. (*Sensor de Humedad HL-69*, s. f.)

Para seleccionar la alternativa más adecuada, se utilizará una matriz de selección que evaluará las opciones según criterios relevantes para nuestro proyecto.

Tabla H3. Evaluación de alternativas (sensores de humedad)

Criterios	Alternativas		
	Adafruit STEMMA	Sensor YL 100	Sensor HL-69
Costo	3	3	5
Precisión	5	4	4
Resistencia	4	5	4
Implementación	5	4	5
Consumo energético	3	4	4
Valoración Total	20	20	22

Nota. Elaboración propia.

Basándonos en los resultados de la matriz de selección, se ha elegido el **sensor de humedad del suelo HL-69** para nuestro prototipo. Esta elección se fundamenta en su menor costo y facilidad de implementación.

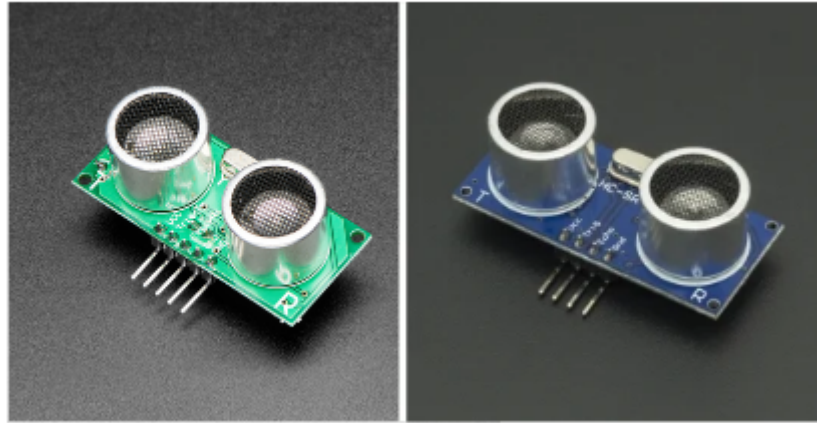
Sensor ultrasónico.

El sensor ultrasónico es un componente esencial en nuestro prototipo de vehículo móvil, ya que permite una detección precisa de obstáculos en tiempo real, facilitando la navegación dinámica del vehículo, permitiendo al sistema de control ajustar la trayectoria del vehículo, evitando colisiones y optimizando su ruta de manera eficiente.

Para la selección del sensor ultrasónico en este prototipo de vehículo móvil, se realizó un análisis comparativo de dos opciones disponibles en el mercado. Cada sensor fue evaluado

en función de sus características técnicas, precisión, costo y adecuación al proyecto. A continuación, se detallan las opciones consideradas.

Figura H5. Sensor ultrasónico US-100 (izquierda) y Sensor ultrasónico HC-SR04 (derecha)



Nota. Tomada de: <https://electronilab.co/categoria-producto/sensores/proximidad/>

El sensor ultrasónico HC-SR04 utiliza tecnología de ecos acústicos avanzada para medir distancias con precisión. Funciona emitiendo pulsos de ultrasonido a 40 kHz y midiendo el tiempo que tarda el eco en regresar, lo que permite calcular la distancia a objetos cercanos. Este sensor se destaca por su amplio rango de detección, que va desde 2 cm hasta 4.5 metros, con una resolución de 1 cm. Su interfaz es sencilla, requiriendo solo un pulso de disparo de 10 μ s para iniciar la medición, lo que facilita su integración con microcontroladores como Arduino. (*Sensor Ultrasonido HC-SR04*, s. f.)

El sensor ultrasónico US-100 es un dispositivo versátil y eficiente para la medición precisa de distancias en una amplia gama de aplicaciones. Con un rango de detección impresionante de 2 cm a 450 cm y una precisión notable de 0.3 cm + 1%, este sensor ofrece mediciones confiables en diversos entornos. Su diseño compacto, con dimensiones de 45 x 20 mm y un peso de solo 9 gramos, lo hace ideal para proyectos donde el espacio y el peso son

factores críticos. El US-100 se destaca por su amplio rango de voltaje de operación, que va de 2.4V a 5.5V DC, permitiendo su integración en sistemas con diferentes requisitos de alimentación. (*Electronilab*, 2024)

Para seleccionar la alternativa más adecuada, se utilizará una matriz de selección que evaluará las opciones según criterios relevantes para nuestro proyecto.

Tabla H4. *Evaluación de alternativas (Sensor para evasión de obstáculos)*

Criterios	Alternativas	
	Sensor HC-SR04	Sensor US-100
Costo	5	3
Rango de detección	4	4
Precisión	4	5
Interfaz de comunicación	5	5
Disponibilidad	4	4
Durabilidad	4	4
Compatibilidad	5	4
Valoración Total	31	29

Nota. Elaboración propia

Basándonos en los resultados de la matriz de selección, se ha elegido el **sensor de humedad del suelo HL-69** para nuestro prototipo. Además de esto se considera la selección del servomotor SG90, para lograr que el sistema de evasión de obstáculos pueda llegar a un mejor rango de detección.

Servomotor para inyección.

El servomotor es un componente crucial que permite un control preciso y dinámico del movimiento en tiempo real, facilitando la inserción eficiente de la cremallera en el suelo. Para determinar la fuerza necesaria que debe generar el servomotor, es crucial convertir el peso del conjunto formado por el brazo, la cremallera y el sensor de humedad a una medida de fuerza. El peso total de este conjunto es de 40 gramos. Para realizar esta conversión, aplicamos el principio básico de la física que relaciona la masa con la fuerza gravitacional. Primero, convertimos los 40 gramos a kilogramos, obteniendo 0.040 kg. Luego, multiplicamos esta masa por la aceleración debido a la gravedad, que es aproximadamente 9.81 m/s^2 . El cálculo resultante es: $\text{Fuerza} = 0.040 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 0.3924 \text{ N}$. Por lo tanto, la fuerza mínima que el servomotor debe ser capaz de generar para mover el brazo con todos sus componentes es de 0.3924 Newtons. Este valor representa la fuerza básica requerida, sin considerar aún factores adicionales como la resistencia del suelo o la fricción durante la inserción.

Para obtener una estimación más precisa de la fuerza requerida, es esencial considerar la resistencia adicional del suelo durante la inserción de la cremallera. Tomando en cuenta que el suelo del cultivo tiene una densidad de 2.5 g/cm^3 y que el volumen desplazado por la cremallera es aproximadamente $5 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm} = 5 \text{ cm}^3$, podemos calcular la masa de suelo desplazada. Esta masa se obtiene multiplicando el volumen por la densidad, resultando en 12.5 g. Convertimos esta masa a fuerza multiplicándola por la aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2), obteniendo 0.123 N. Para considerar factores adicionales como la compactación y la fricción, aplicamos un factor de seguridad de 4, lo que nos da una fuerza estimada de resistencia del suelo de 0.492 N. Sumando esta fuerza a la previamente calculada para mover el brazo (0.3924 N), obtenemos una fuerza total requerida de 0.8844 N para el proceso de inyección. Este valor total nos permite seleccionar un servomotor capaz de generar esta

fuerza o una mayor, asegurando así un funcionamiento eficiente y confiable del sistema de inyección.

Para el sistema de inserción de la cremallera, se seleccionó el servomotor modelo MG945, una elección que cumple y supera ampliamente los requisitos de fuerza calculados para la aplicación. Este robusto servomotor destaca por su capacidad de generar un par de 1,176 N·m, lo cual proporciona un margen significativo sobre la fuerza total requerida para el proceso de inyección. La potencia del MG945 no solo garantiza la inserción eficiente de la cremallera en diversos tipos de suelo, sino que también asegura un rendimiento consistente bajo condiciones variables del terreno. (Tienda Prometec Spain, 2022)

Figura H6. Servomotor Mg945 Rotación continua



Nota. Tomada de: <https://makerselectronics.com/product/servo-motor-half-metal-mg945>

Motor de tracción.

Para la selección de motor se debe tener en cuenta el peso aproximado, que los motores deberán poder mover. Por lo que se asume como unos 2 kg, este dato lo tomaremos en cuenta para calcular la fuerza necesaria, la cual se calcula con la ecuación de Fuerza= Masa * Aceleración de la gravedad= $1.5 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 14.7 \text{ N}$. La cual se asume para una superficie plana y después se considera un factor de 1,5 para asegurar que los motores puedan manejar cargas adicionales con esta ecuación Fuerza total = $14.7 \text{ N} * 1.5 = 22.07 \text{ N}$.

Luego se distribuye la fuerza entre los 4 motores para hallar el torque por motor que se necesita, Fuerza por motor = $22.07 \text{ N} / 4 = 5.675 \text{ N}$, esta fuerza se usa para hallar el torque, teniendo en cuenta que el radio de la llanta es de 0,035 m (35mm), Torque por motor = $5.675 \text{ N} * 0.035 \text{ m} = 0.1986 \text{ Nm}$ (1,98 kg.cm) Con este valor se puede seleccionar un motor que cumpla con este torque requerido.

Tras realizar los cálculos pertinentes y considerar las diversas condiciones de operación, se ha determinado que la mejor opción para este proyecto son los motorreductores con caja reductora. Estos motores han sido seleccionados debido a su capacidad para proporcionar un torque de 2 kg*cm, lo cual satisface los requerimientos establecidos en nuestros análisis previos.

Figura H7. Motorreductor con llanta



Nota. Tomada de: <https://dualtronica.com/motores/62-motorreductor-con-llanta-9v-12v.html>