



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

MÁQUINA PARA ESTRIAMIENTO DE BACTERIAS EN CAJA PETRI

ERICK VALDIVIESO

JULIO 2022



**INGENIERÍA
MECATRONICA**



Tema: Máquina automatizada para el estriamiento de bacterias en caja Petri con agar

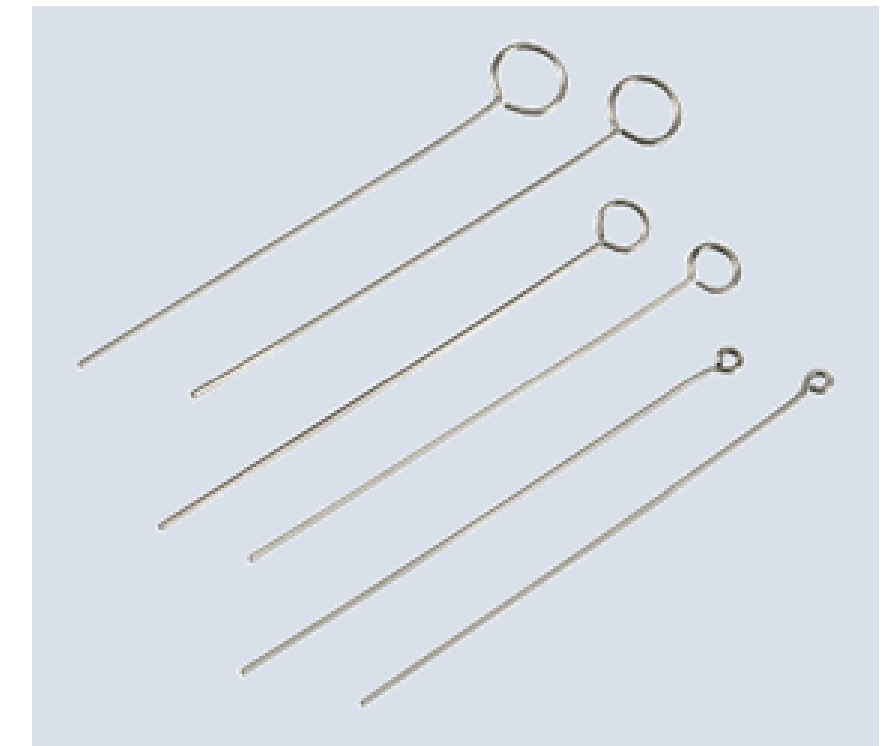
Introducción



Caja Petri con agar

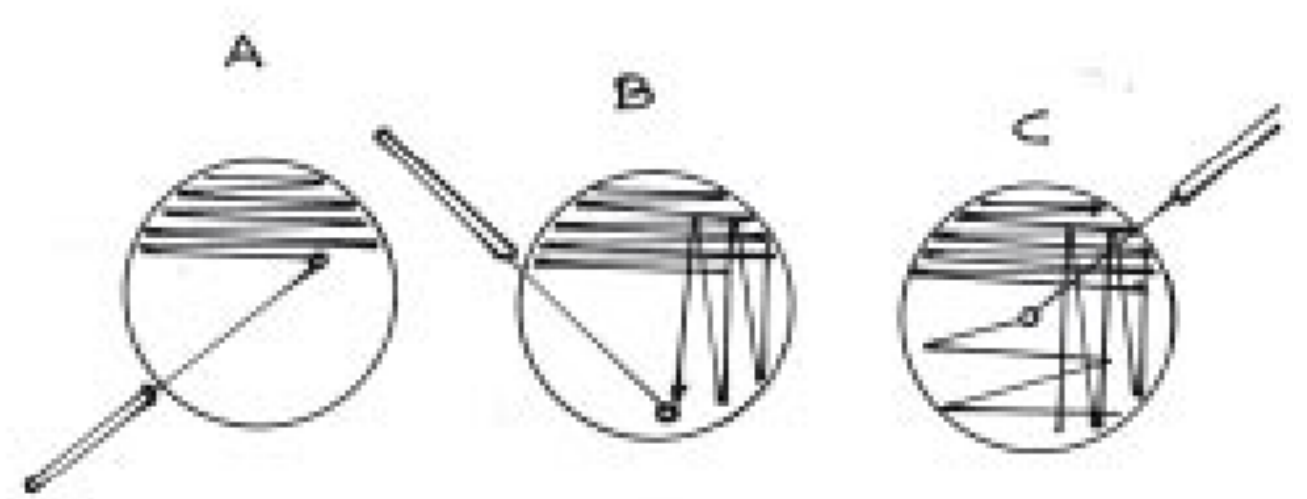
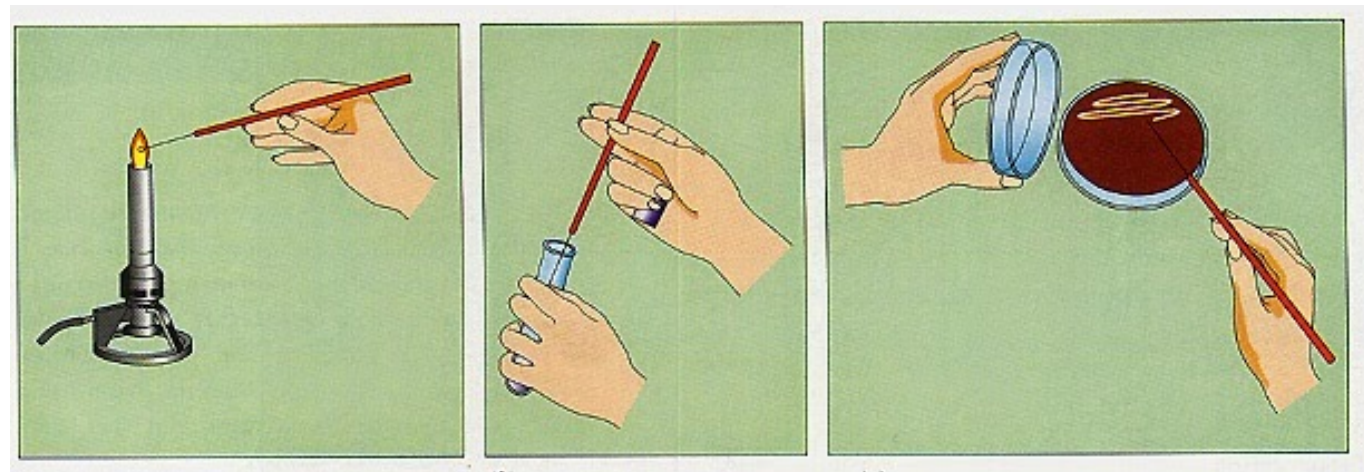


Muestra de orina

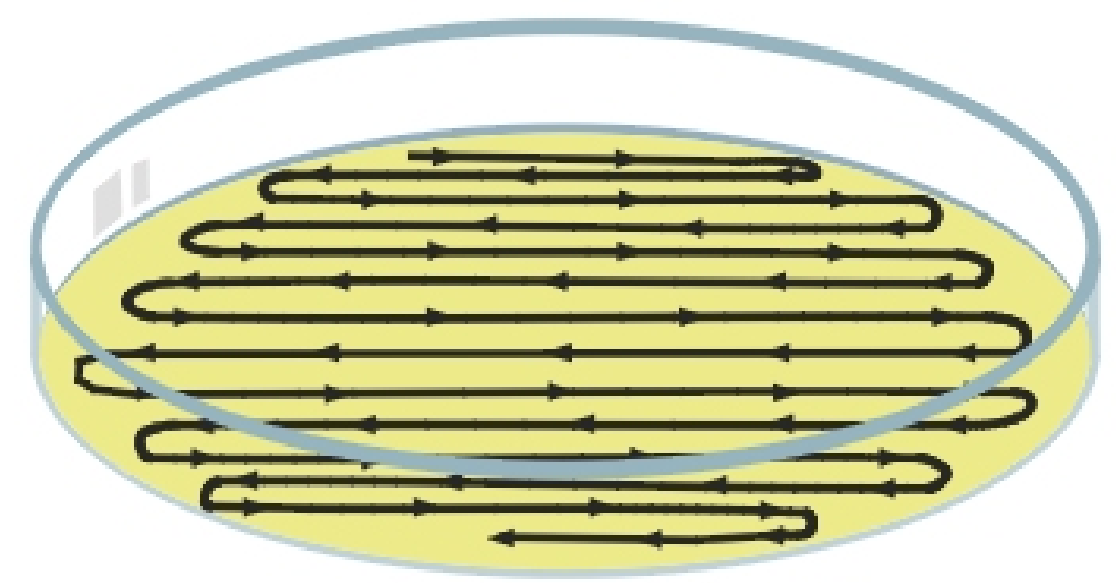


Asa bacteriológica

Manual de estriamiento



Agotamiento



Simple



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

Problema

En el laboratorio clínico LabSol llegan aproximadamente 50 muestras de orina al día para cultivo de bacterias, este procedimiento manual toma entre 10 y 15 minutos y puede existir errores humanos como una mala técnica de rayado haciendo que el agar se rompa.



Hipótesis

La máquina realizara el estriamiento de bacterias entre 5-7 minutos reduciendo el tiempo en un 50%, con una capacidad de 100 cultivos al día. Busca minimizar los errores humanos y obtener un rayado homogéneo con mejores resultados. La dimensiones máximas son 600 x 400 x 200 mm.



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA



Objetivos



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

General

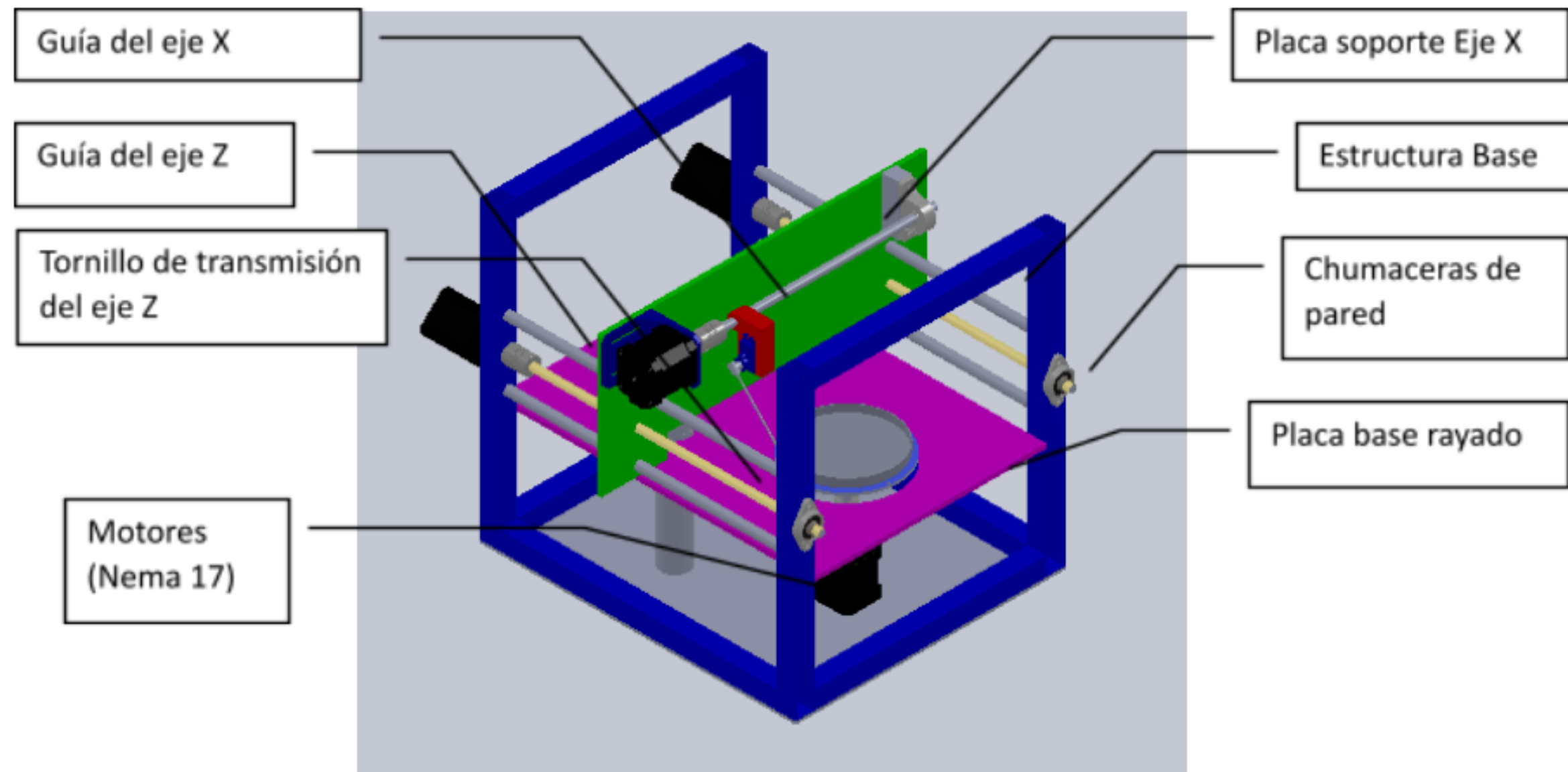
Diseñar un sistema automatizado para el estriamiento de bacterias en caja Petri con agar

Específicos

- Documentar el proceso de frotis de bacterias en laboratorios clínicos.
- Identificar normas y requisitos para el cultivo de bacterias.
- Diseñar los elementos mecánicos para el sistema automatizado.
- Diseñar un sistema de control del movimiento para realizar el estriamiento de bacterias capaz de realizar el estriamiento entre 5 y 7 minutos.
- Diseñar una interfaz HMI para la comunicación e identificación de condiciones de funcionamiento del sistema.

Diseño Mecánico

Componentes





Dimensionamiento de la guía del eje Z

Elemento de máquina de precisión moderada

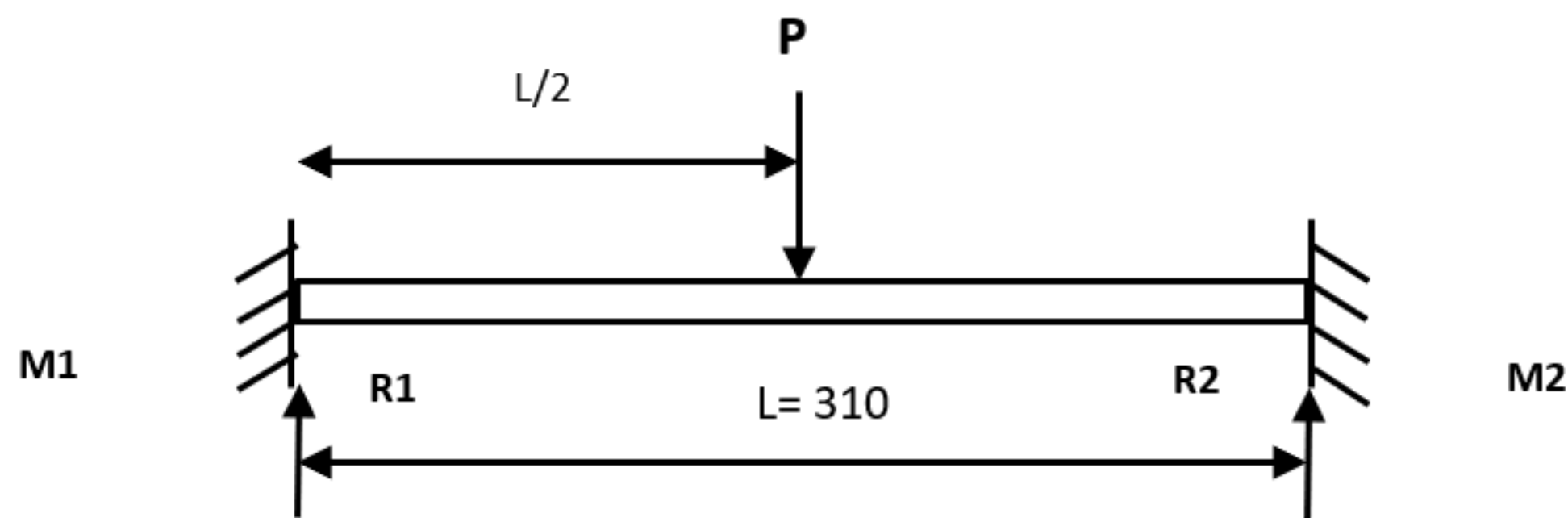
| ASIGNACIÓN | CRITERIOS |
|------------------------------|--|
| Parte general de una máquina | $Y_{max} = 0,0005$ a $0,003$ mm/mm de longitud de viga |
| Precisión Moderada | $Y_{max} = 0,00001$ a $0,0005$ mm/mm de longitud de viga |
| Alta precisión | $Y_{max} = 0,000001$ a $0,00001$ mm/mm de longitud de viga |

$$L=310 \text{ mm}$$

$$Y=0.0005 * L$$

$$Y=0.155 \rightarrow \text{Deflexión admisible}$$

Diagrama de cuerpo libre



Doblemente empotrada



Carga en el punto P

$$P = 2 \cdot W_{componentes}$$

Peso = 50N considerando chapa metálica,
motores, ejes y accesorios del eje X

$$P = 100 \text{ N}$$

- Si una persona se arrime a la máquina.
- Se considera que un solo eje soporta todo el peso.
- Como se tratan de componentes pequeños y cuyo costo no es representativo es preferible sobredimensionada las cargas

$$Y_{adm} = - \frac{PL^3}{192 E I_{req}}$$

$$I_{req} = 4.8359e^{-10} m^4$$

Donde:

Y_{adm} = Deflexión admisible (m)

P = Carga en el centro de la viga (N)

L = Longitud de la viga (m)

E = Módulo de elasticidad del material (N/m²)

I_{req} = Segundo momento de área (m⁴)

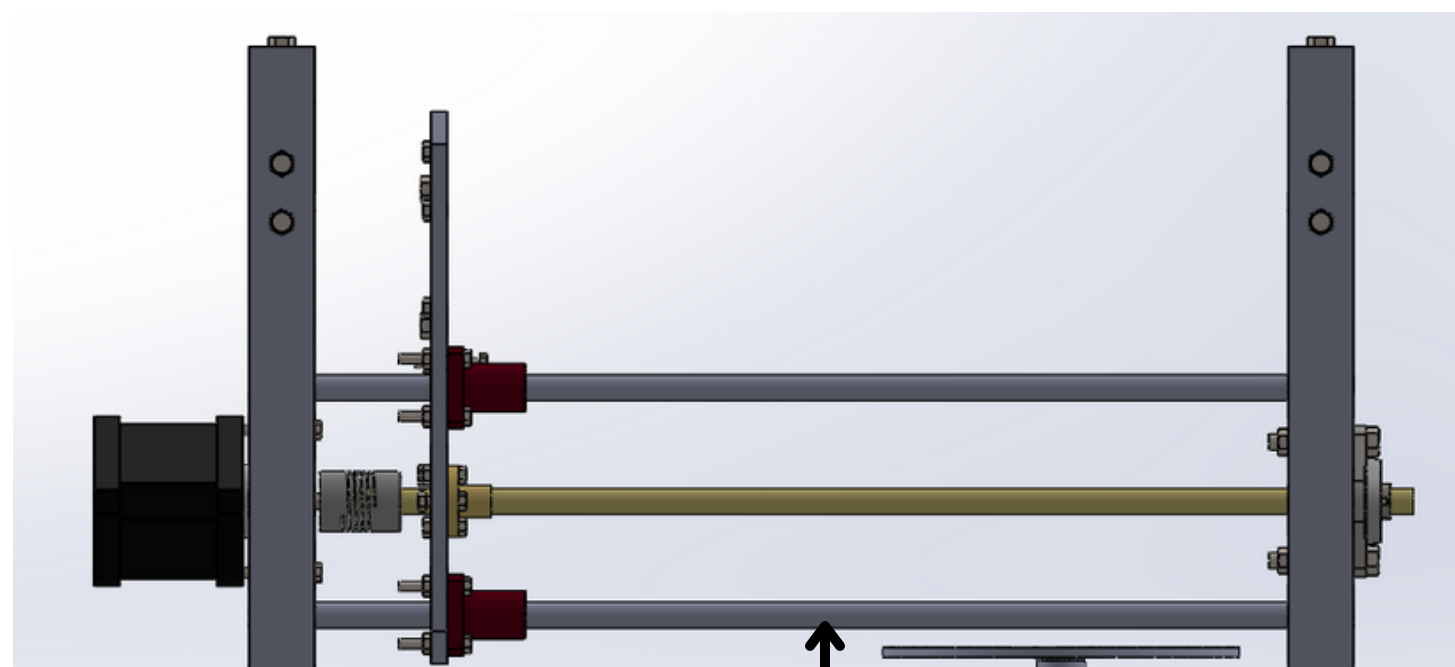


$$I_{req} = \frac{\pi \cdot D_{req}^4}{64}$$

$$D_{req} = 0,009962m = 9,96mm$$

Acero Plata DF2

| Diámetro (mm) | Peso (kg/m) |
|---------------|-------------|
| 4 | 0,1 |
| 5 | 0,2 |
| 6 | 0,2 |
| 7 | 0,3 |
| 8 | 0,4 |
| 9 | 0,5 |
| 10 | 0,6 |
| 11 | 0,8 |
| 12 | 0,9 |
| 13 | 1,1 |
| 14 | 1,2 |
| 16 | 1,6 |
| 18 | 2,0 |
| 20 | 2,5 |
| 22 | 3,0 |
| 25 | 3,9 |



Eje Guia

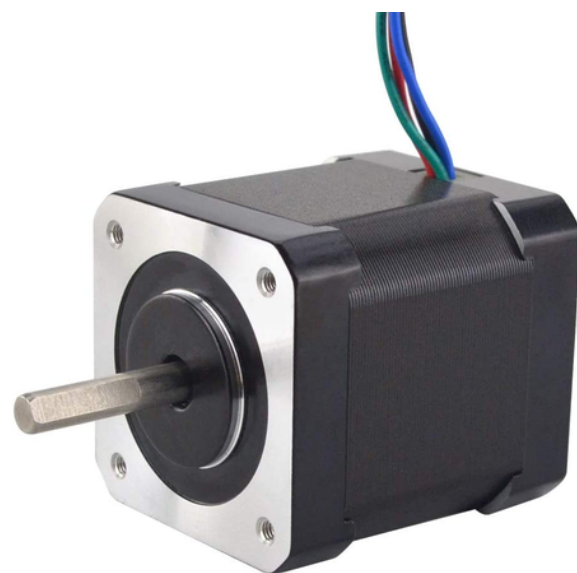
Selección: eje de acero Plata DF2 de 10mm de diámetro

Dimensionamiento de la transmisión de potencia eje X, Y y Z

Para convertir un giro en un desplazamiento se utilizan tornillos de potencia que se acoplan a motores Nema 17 mediante acoples flexibles y permiten que los diferentes mecanismos acoplados a los ejes X Y Z trabajen efectivamente.



| | |
|-----------------|----------|
| Acople | 5 a 8 mm |
| Material | Aluminio |



| | |
|-----------------|---------|
| Motor | Nema 17 |
| Torque | 0,4 Nm |
| Diámetro | 5 mm |

| | |
|-----------------|---------|
| Tornillo | Sin fin |
| Diámetro | 8 mm |
| Paso | 2 mm |



| | |
|------------------|-----------|
| Chumacera | KFL08-001 |
| Diámetro | 8 mm |



| | |
|-------------------|--------|
| Longitud Z | 330 mm |
| Longitud X | 250 mm |
| Longitud Y | 100 mm |



Cálculo del peso que puede transportar el tornillo seleccionado

Características del tornillo

- Número de entradas = 1
- Paso del tornillo = 2 mm
- Diámetro exterior = 8 mm
- Tipo de rosca = ACME
- Torque a transmitir = 0.44 N m

$$T = \frac{F}{2} \left[\frac{l + u \cdot \pi \cdot d_m}{\pi \cdot d_m - u \cdot l} \cdot d_m + \mu_c \cdot d_c \right]$$

$$F = 208,12N$$

Supera a la carga considerada, por lo que un factor de carga de 2 es aceptable para este diseño

Carga min. esperada = 100 N

Donde

T = Torque a transmitir, en N m

F = Carga que puede desplazar el tornillo, en N

l = Avance del tornillo, en m

d_m = Diámetro medio del tornillo, en m

μ = Coeficiente de fricción entre roscas

μ_c = Coeficiente de fricción del collarín

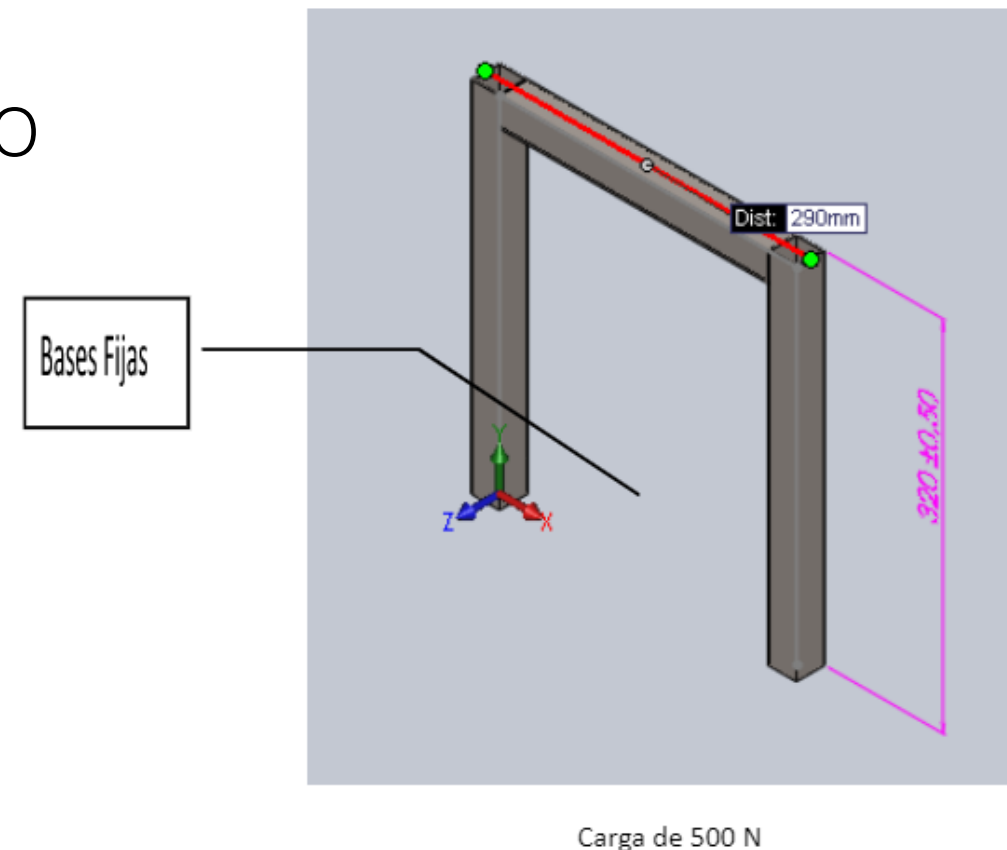
d_c = Diámetro del collarín, en m

Dimensionamiento de la estructura base

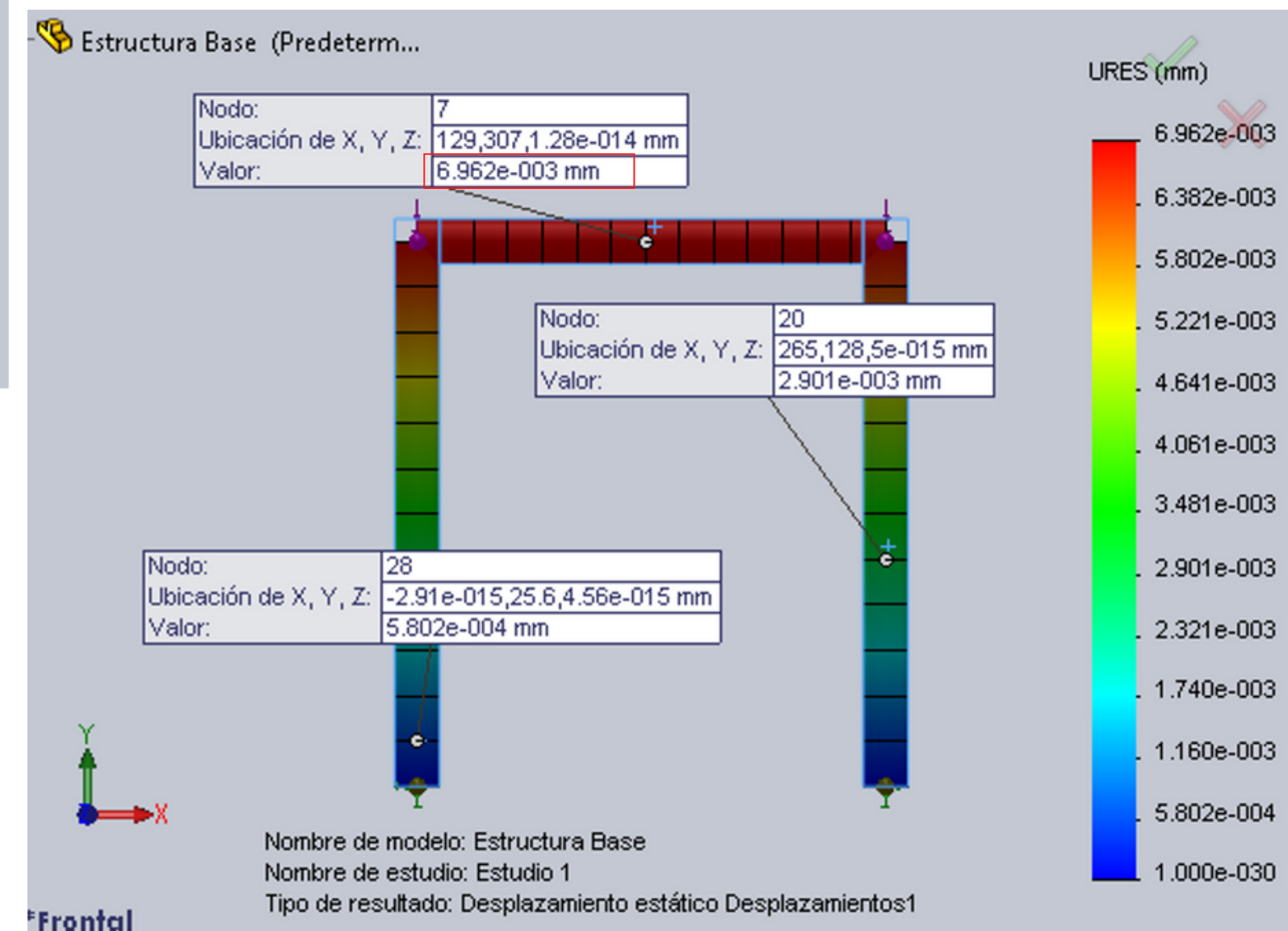
Seleccionamos un tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304

Tubos cuadrados y rectangulares AISI 304

| Medidas (mm) | Espesor de pared (mm) | Peso Aprox. (kg/m) |
|--------------|-----------------------|--------------------|
| 20.0 x 20.0 | 1.2 | 0.80 |
| 20.0 x 40.0 | 1.2 | 1.15 |
| 25.0 x 50.0 | 1.2 | 1.40 |
| 25.4 x 25.4 | 1.2 | 0.95 |
| 30.0 x 30.0 | 1.2 | 1.10 |
| 38.1 x 38.1 | 1.2 | 1.45 |
| 38.1 x 38.1 | 1.5 | 1.75 |
| 50.8 x 50.8 | 1.5 | 2.35 |
| 50.8 x 50.8 | 2.0 | 3.10 |
| 40.0 x 80.0 | 1.5 | 2.80 |
| 50.0 x 100.0 | 1.5 | 3.55 |
| 50.0 x 100.0 | 2.0 | 4.65 |



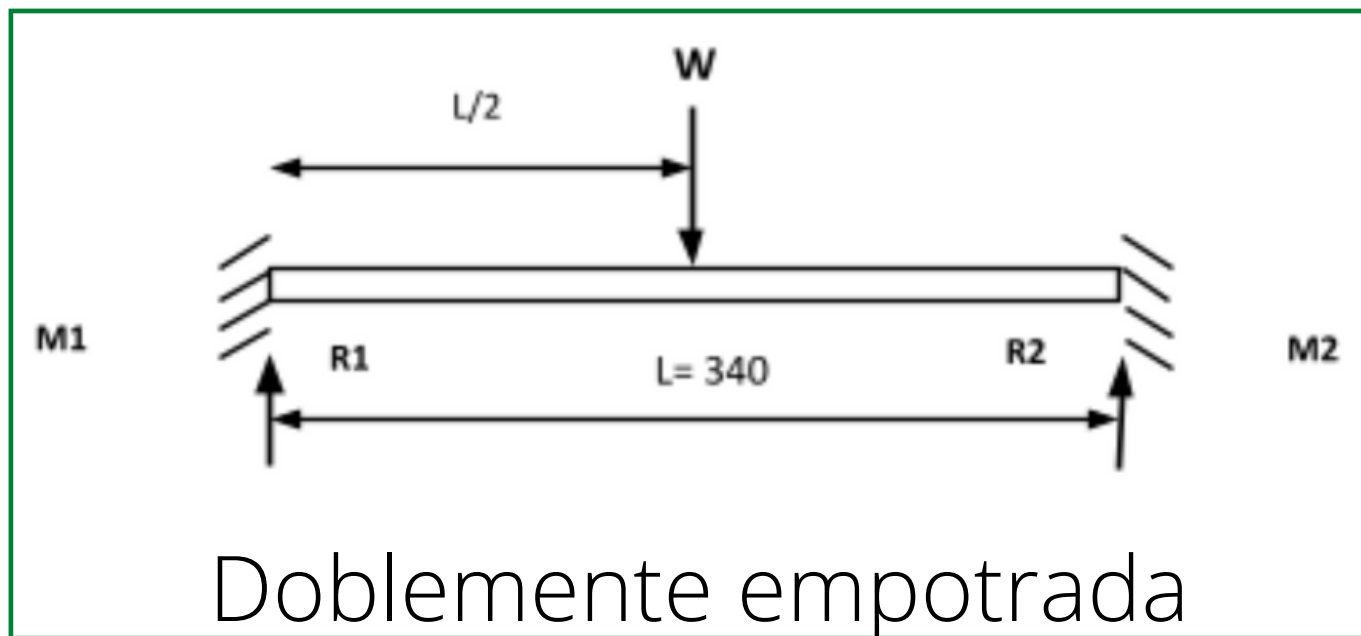
Dentro del rango aceptable según deformación permisible para elementos de máquina de precisión moderada



Dimensionamiento de la placa base rayado

Se selecciona una placa de acero inoxidable ASTM A240 de espesor 2.5 mm

Se busca rigidez así que se aplica una carga de 50N



$L=340 \text{ mm}$

$Y=0.0005 * L$

$Y=0.17 \rightarrow$ Deflexión admisible

$$I_{req} = \frac{P \cdot L^3}{192 \cdot E \cdot Y_{adm}}$$

$I_{req} = 2.9086e^{-10} \text{ m}^4$

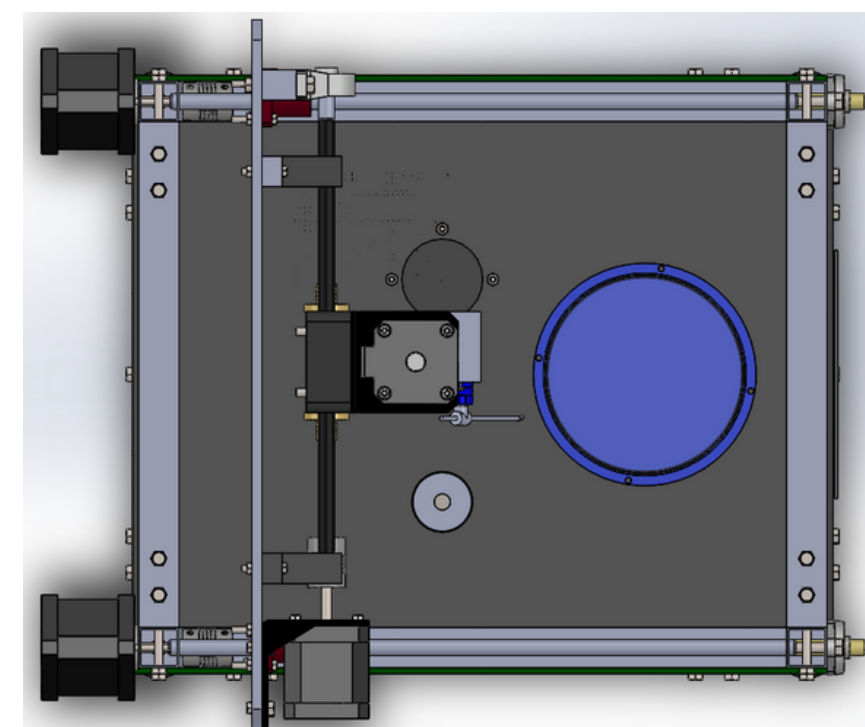
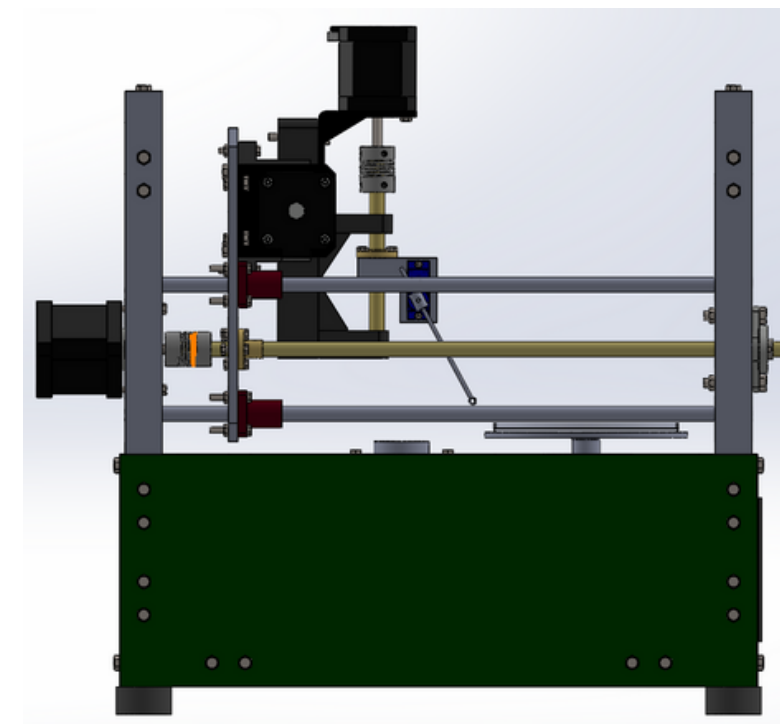
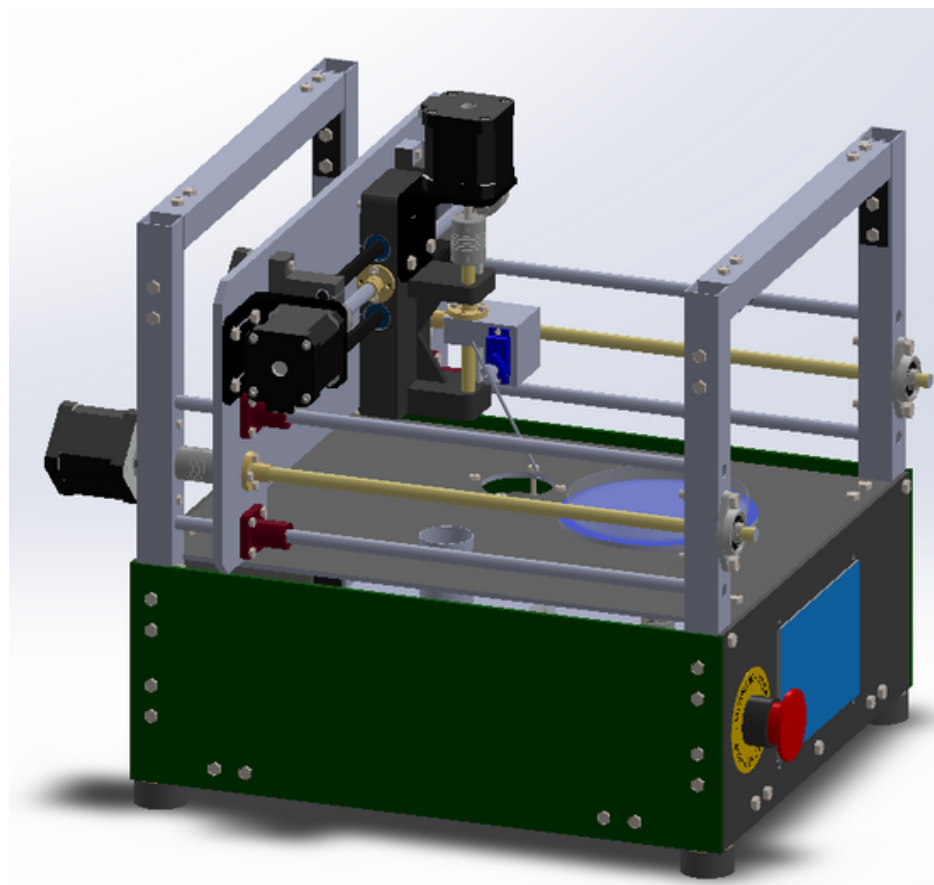
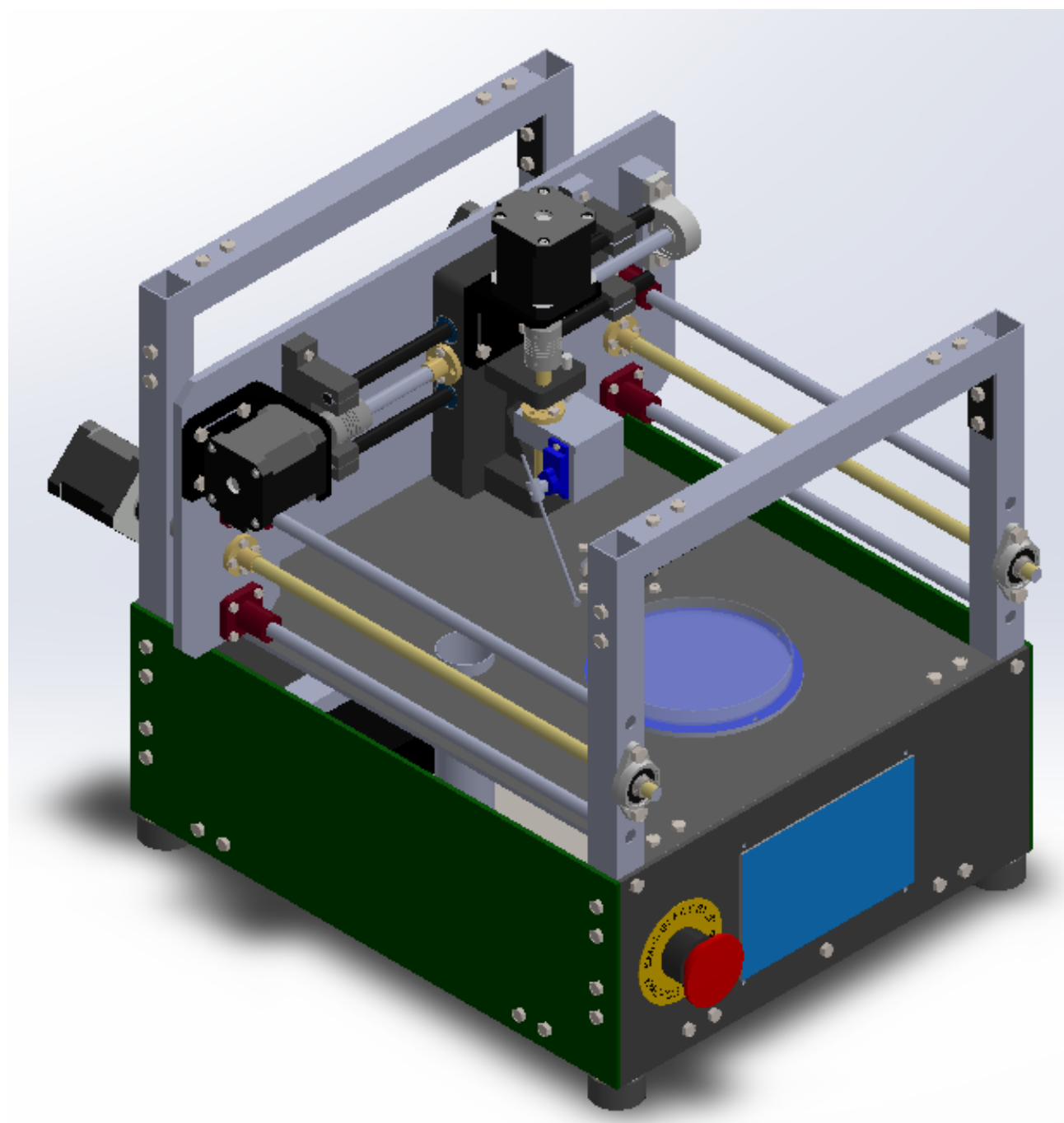
$I_{req} = -\frac{\pi \cdot h_{req}^3}{64} \leftarrow$ Sección rectangular

$$h = \sqrt[3]{\frac{2,9086 \exp -10m^4 \cdot 12}{340^{-3}}}$$

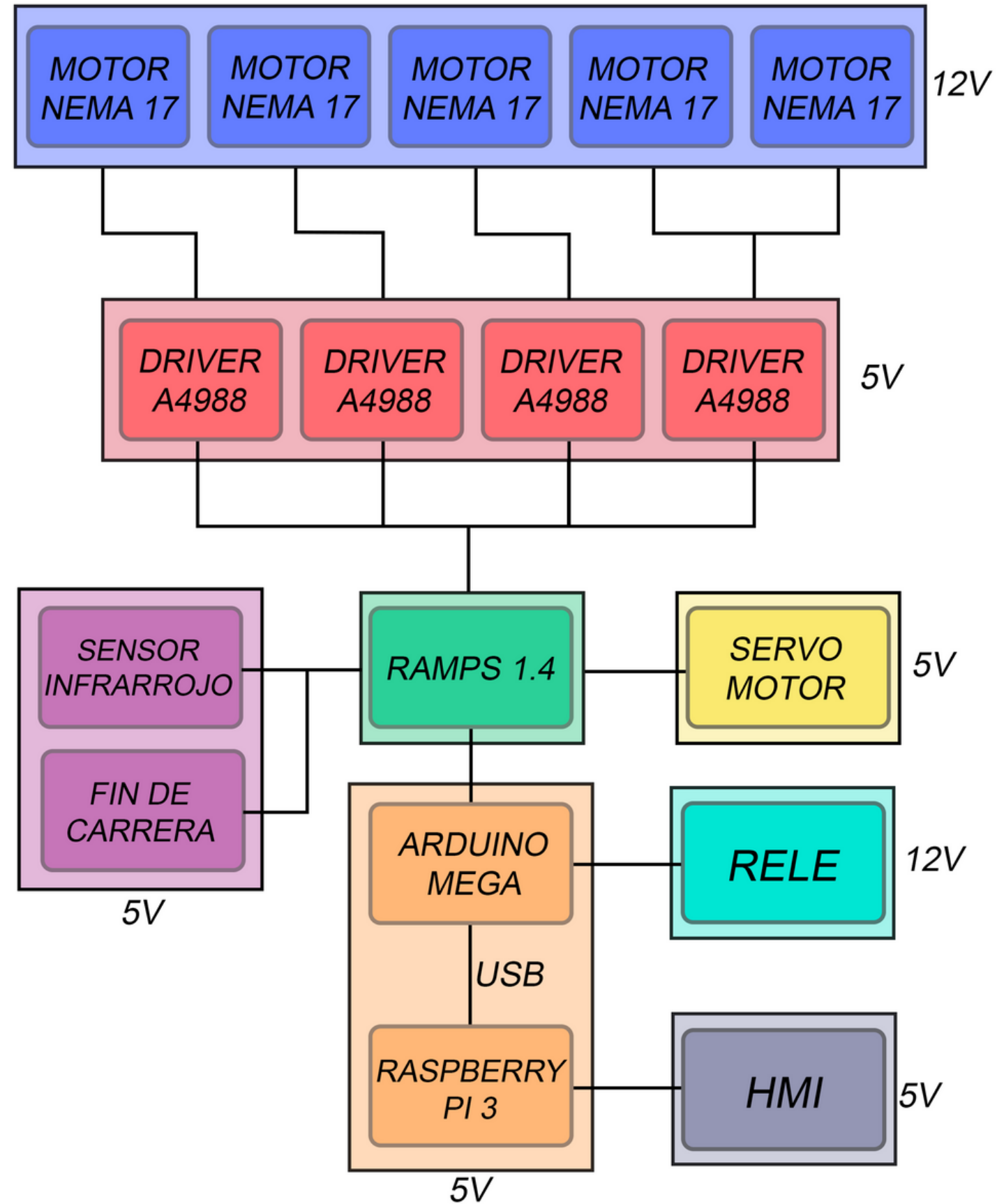
$h = 0,0021m = 2,17mm$

| (ESPESOR) mm | ANCHO X LONGITUD mm | PESO APROX. (Kg) | 304 | 316-L | 430 | ACABADO |
|--------------|---------------------|------------------|-----|-------|-----|-----------|
| 0.4 | 1220x2440 | 9.4 | | | * | 2B o N° 4 |
| 0.5 | 1220x2440 | 11.8 | * | | * | 2B o N° 4 |
| 0.6 | 1220x2440 | 14.2 | * | | | 2B |
| 0.7 | 1220x2440 | 17.0 | * | | * | 2B o N° 4 |
| 0.8 | 1220x2440 | 18.7 | * | | | 2B |
| 0.9 | 1220x2440 | 21.03 | * | | | 2B |
| 1.0 | 1220x2440 | 24.0 | * | | | 2B o N° 4 |
| 1.2 | 1220x2440 | 28.2 | * | | * | 2B o N° 4 |
| 1.5 | 1220x2440 | 35.0 | * | | | 2B o N° 4 |
| 2.0 | 1220x2440 | 48.0 | * | * | | 2B o N° 4 |
| 2.5 | 1220x2440 | 60.0 | * | * | | 2B |
| 3.0 | 1220x2440 | 71.0 | * | * | | 2B |
| 4.0 | 1220x2440 | 97.0 | * | * | | N°1 |
| 5.0 | 1220x2440 | 118.0 | * | * | | N°1 |
| 6.0 | 1220x2440 | 144.0 | * | * | | N°1 |
| 8.0 | 1220x2440 | 187.0 | * | * | | N°1 |
| 10.0 | 1220x2440 | 234.0 | * | | | N°1 |
| 12.0 | 1220x2440 | 282.0 | * | | | N°1 |

Modelo 3D final



Diseño Electrónico



Componentes electrónicos

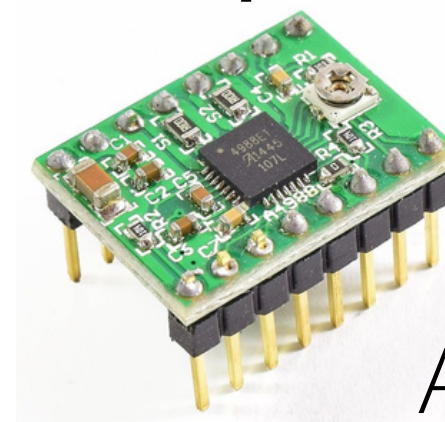
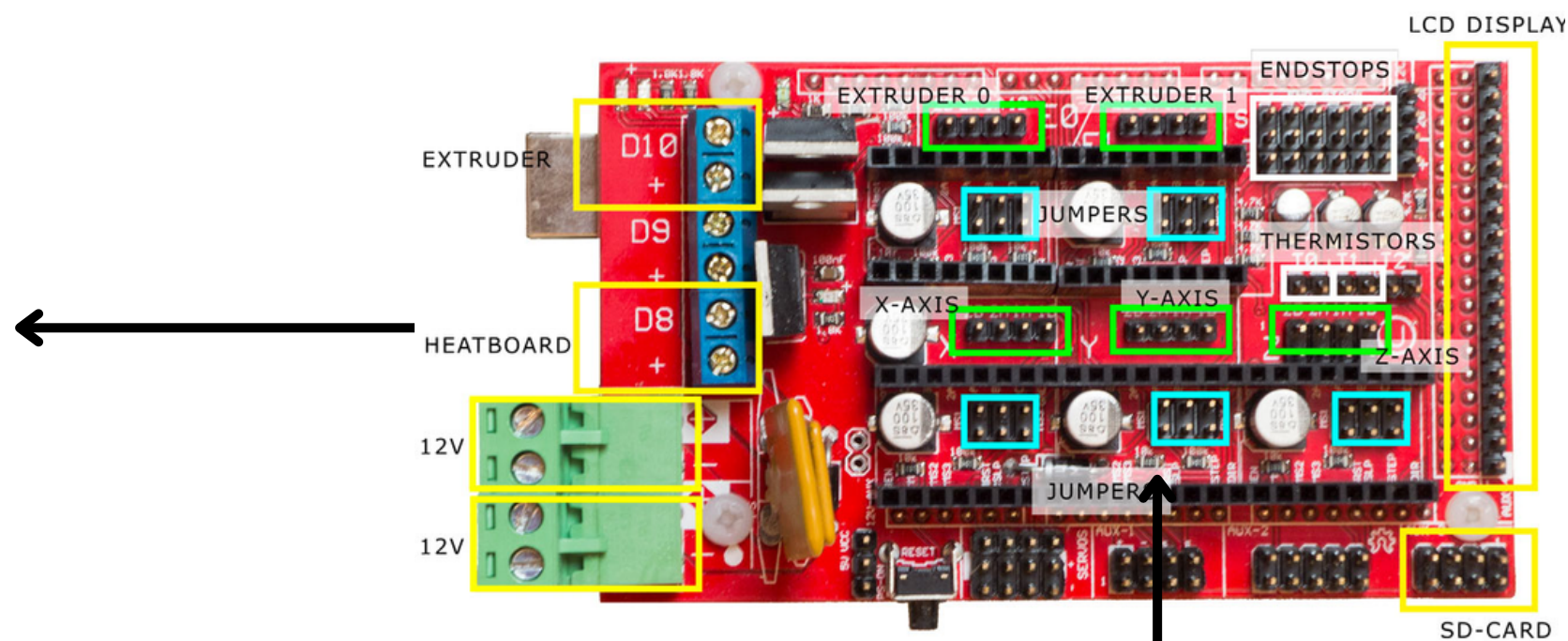
Controlador



Arduino MEGA

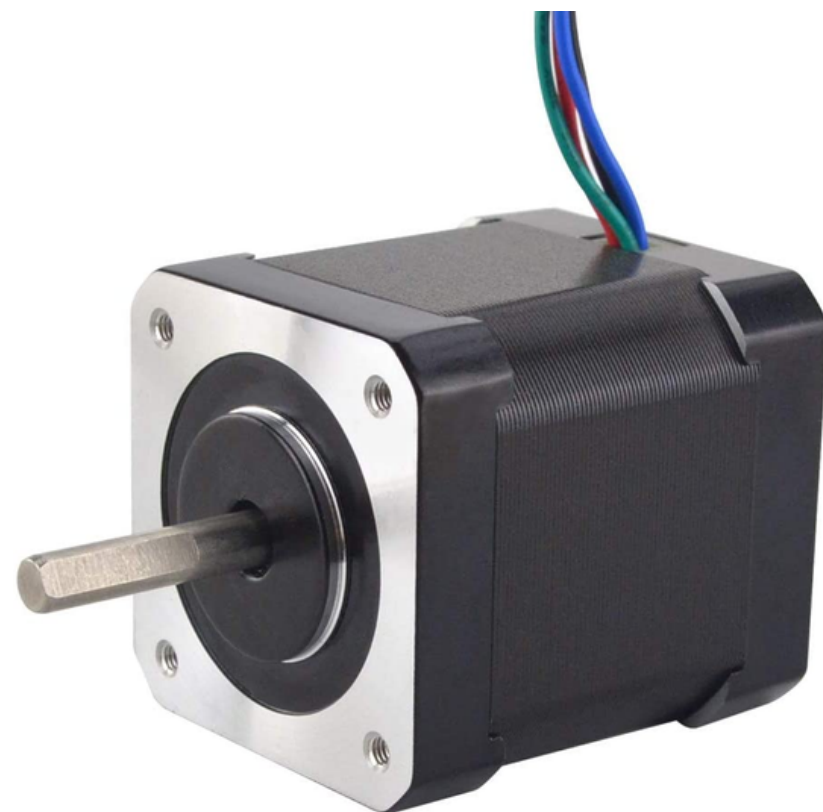
| Descripción | Características |
|-----------------------|-------------------------|
| Digitales I/O | 54 entradas/salidas |
| Análogos | 16 entradas/salidas |
| Dimensiones W x H x D | 101 x 53 x 15 |
| Alimentación | 7 - 12 Vdc(recomendado) |

RAMPS 1.4



A4988

Motor Nema 17



1 Vuelta = 200 pasos

Cálculo del avance del motor

| MS1 | MS2 | MS3 | Microstep Resolution |
|------|------|------|----------------------|
| Low | Low | Low | Full step |
| High | Low | Low | Half step |
| Low | High | Low | Quarter step |
| High | High | Low | Eighth step |
| High | High | High | Sixteenth step |

$$Pasos_{1/8} = \frac{Pasos_{vuelta}}{micropaso}$$

$$Pasos_{1/8} = \frac{200}{\frac{1}{8}}$$

$$Pasos_{1/8} = 1600 Pasos_{vuelta}$$

$$N_{Pasos} = \frac{Pasos_{vuelta}}{\frac{avance}{1600}}$$

$$N_{Pasos} = \frac{1600}{2}$$

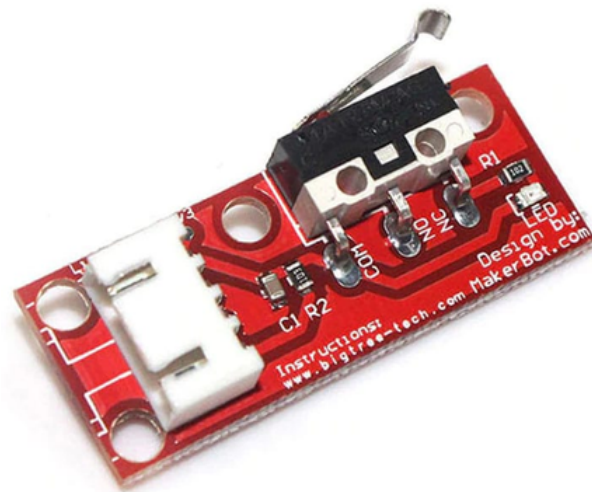
$$N_{Pasos} = 800 Pasos_{1mm}$$

$$N_{Pasos} = n \cdot 800 Pasos$$

Donde;
n = Avance (mm)

Sensores

Alimentación



| | |
|----------------|-----------|
| Modelo | Sharp |
| Sensor | 2Y0A21 |
| Lectura | Analógica |
| Rango | 4 - 30 cm |

| | |
|---------------|----------------|
| Sensor | Fin de carrera |
| Tipo | N. C. |

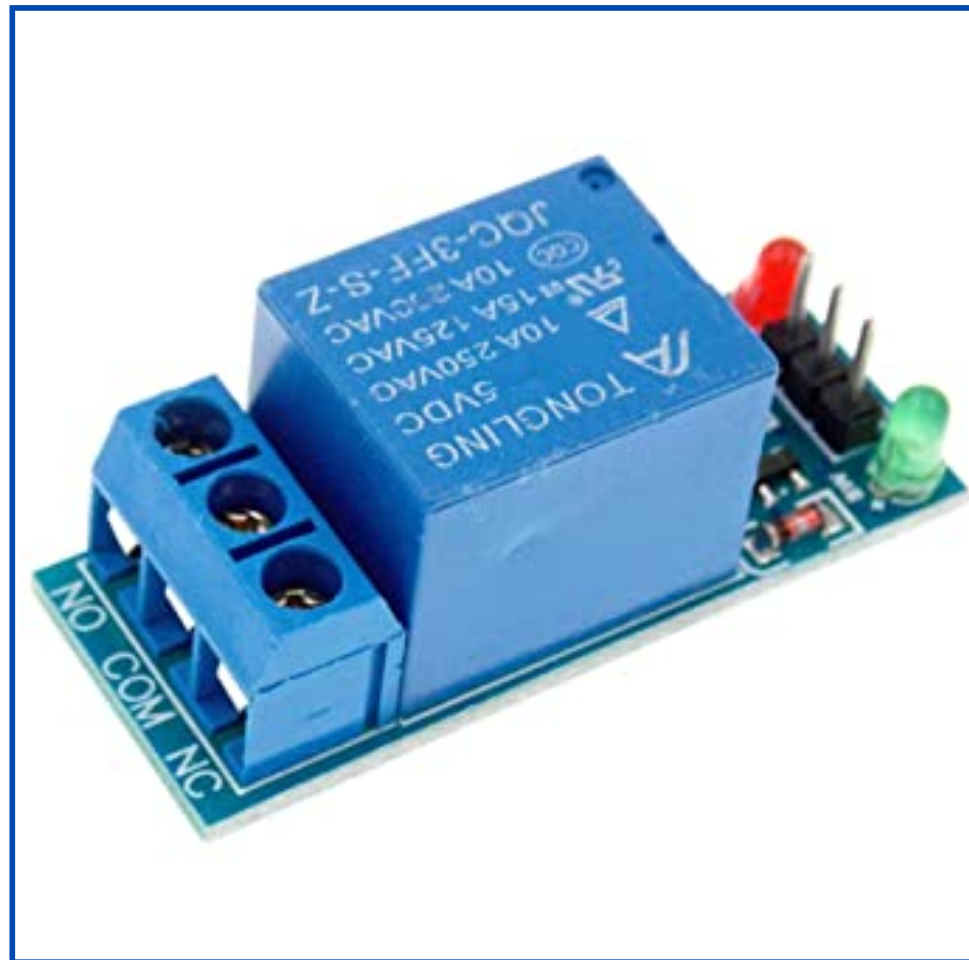


| | |
|------------------|--------|
| Voltaje | 12 Vdc |
| Corriente | 4 A |

| | |
|------------------|-------|
| Voltaje | 5 Vdc |
| Corriente | 2,5 A |

Corriente nominal de la máquina = 3,1A

Esterilización Asa bacteriológica



Rele 12 V

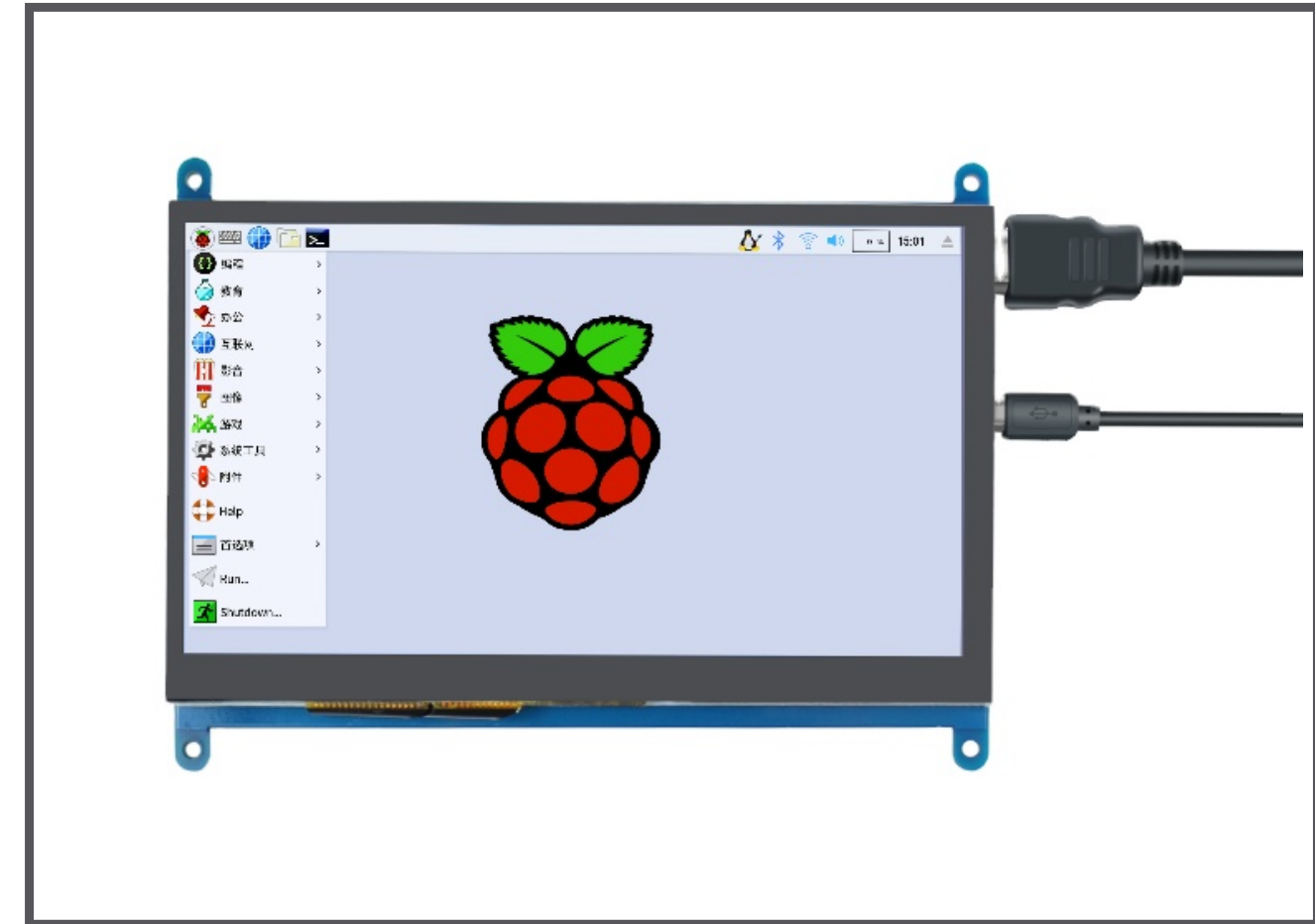


Resistencia cartucho de 100W

Componentes HMI



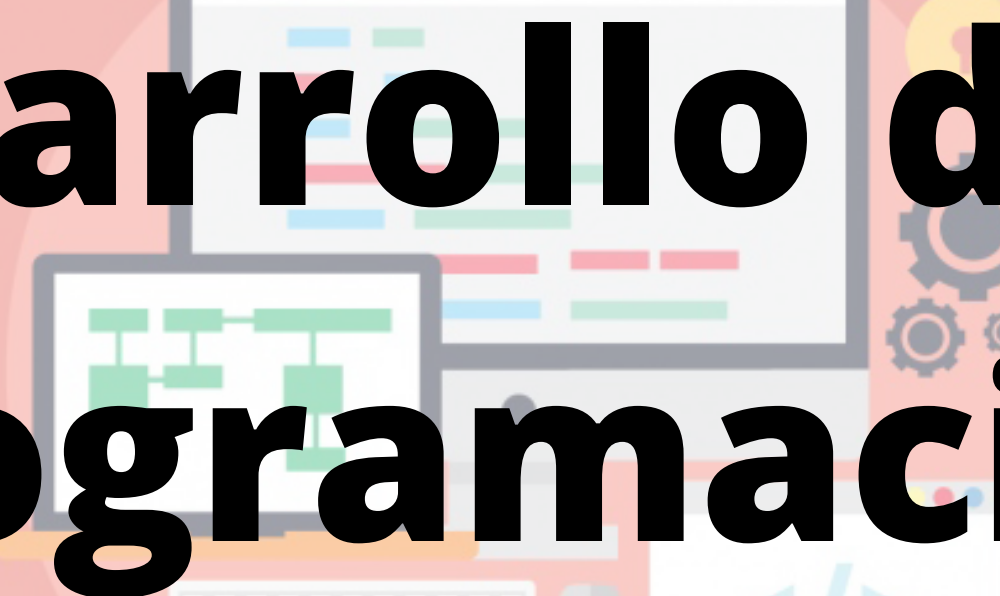
Raspberry Pi 3



Pantalla táctil 7 pulgadas



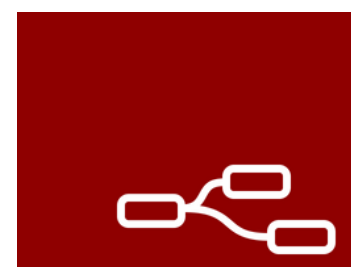
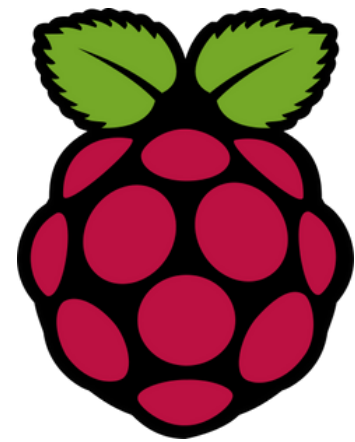
Desarrollo de la programación

An illustration centered on a light red background. It features a large computer monitor displaying a code editor with syntax-highlighted text. Below the monitor is a keyboard and a mouse. To the right of the monitor are several interlocking gears and a padlock. At the bottom, two hands are shown typing on the keyboard. The word 'CODING' is written in white capital letters at the bottom center of the illustration.

CODING



Desarrollo de la HMI



Node-RED

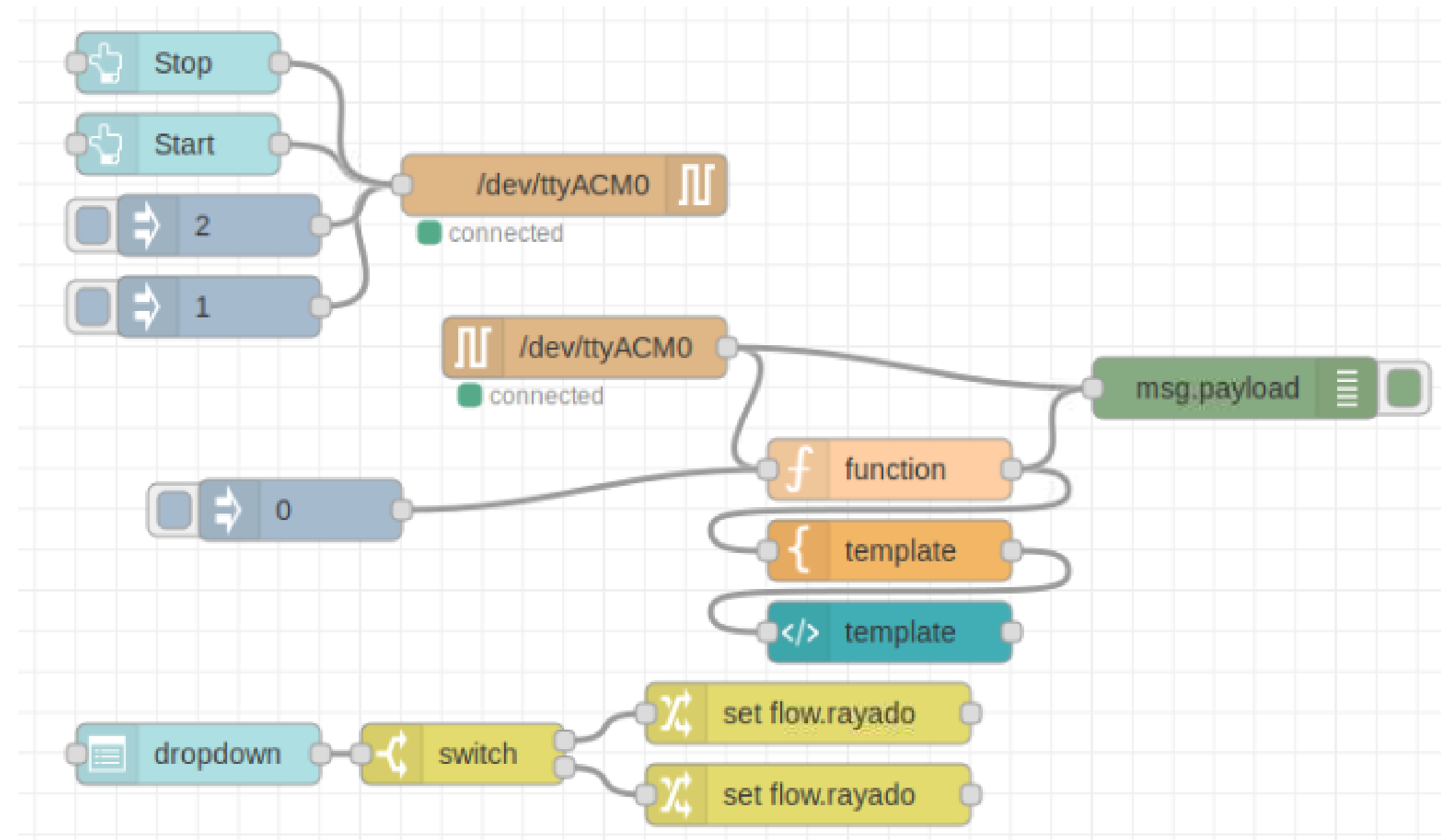
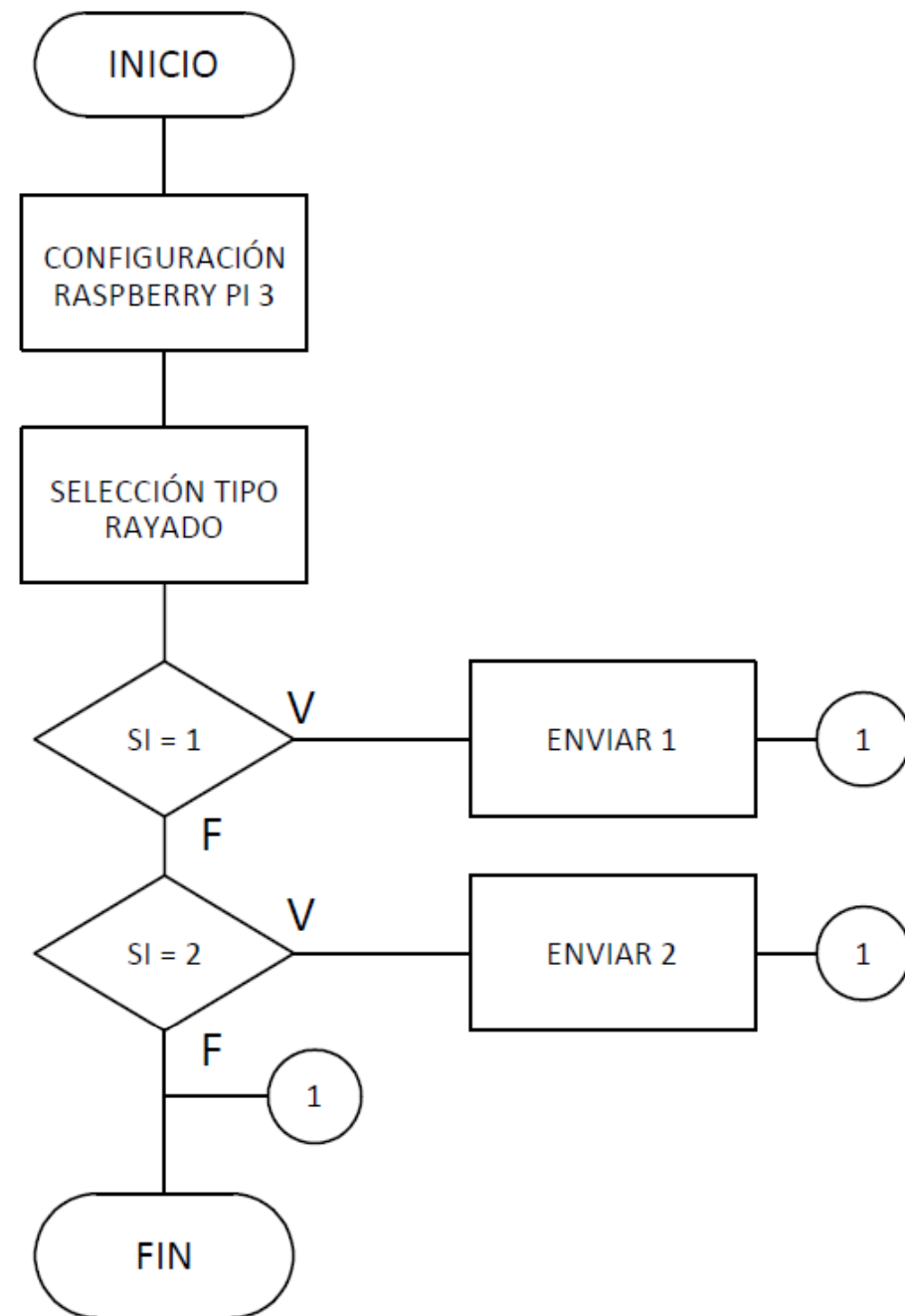
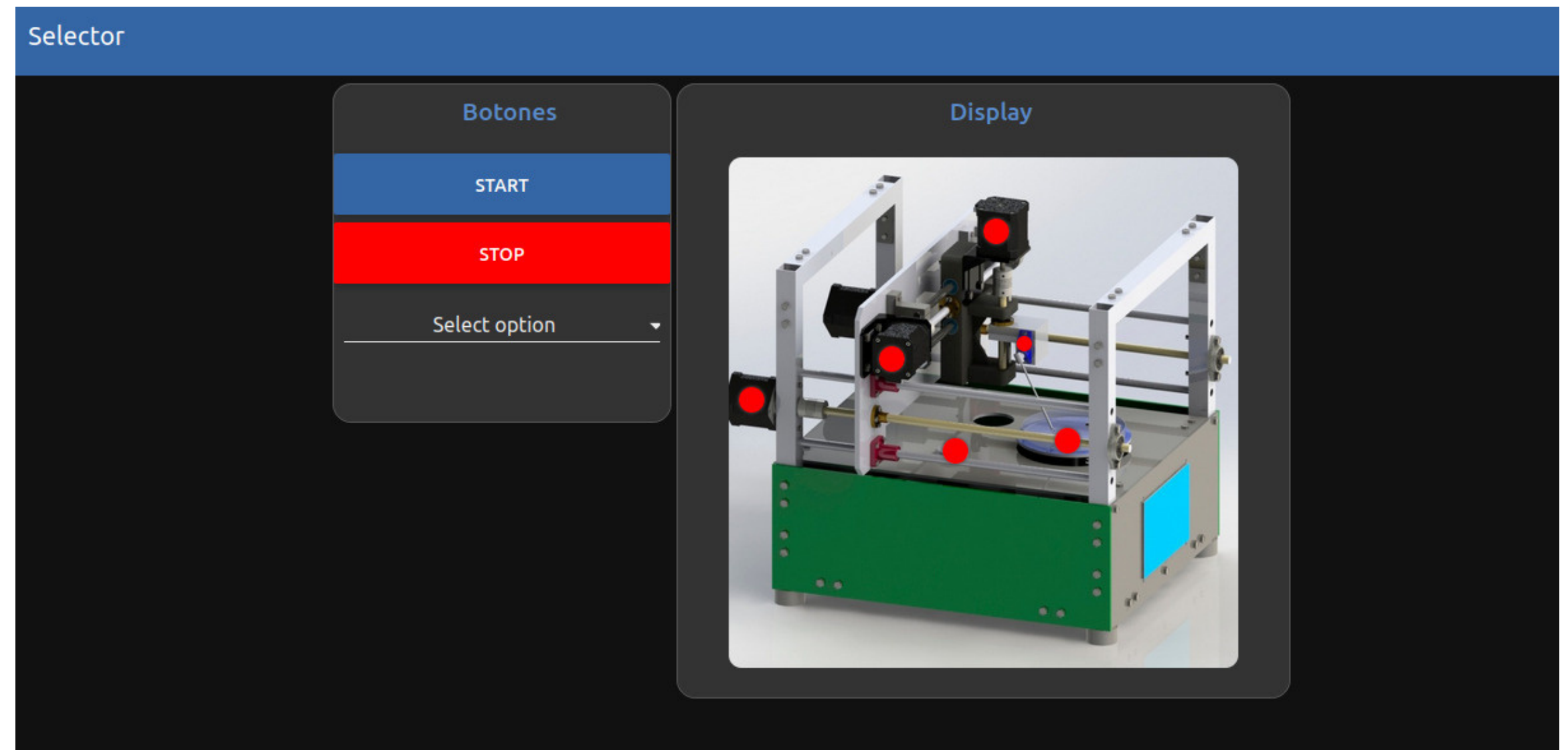


Diagrama de flujo

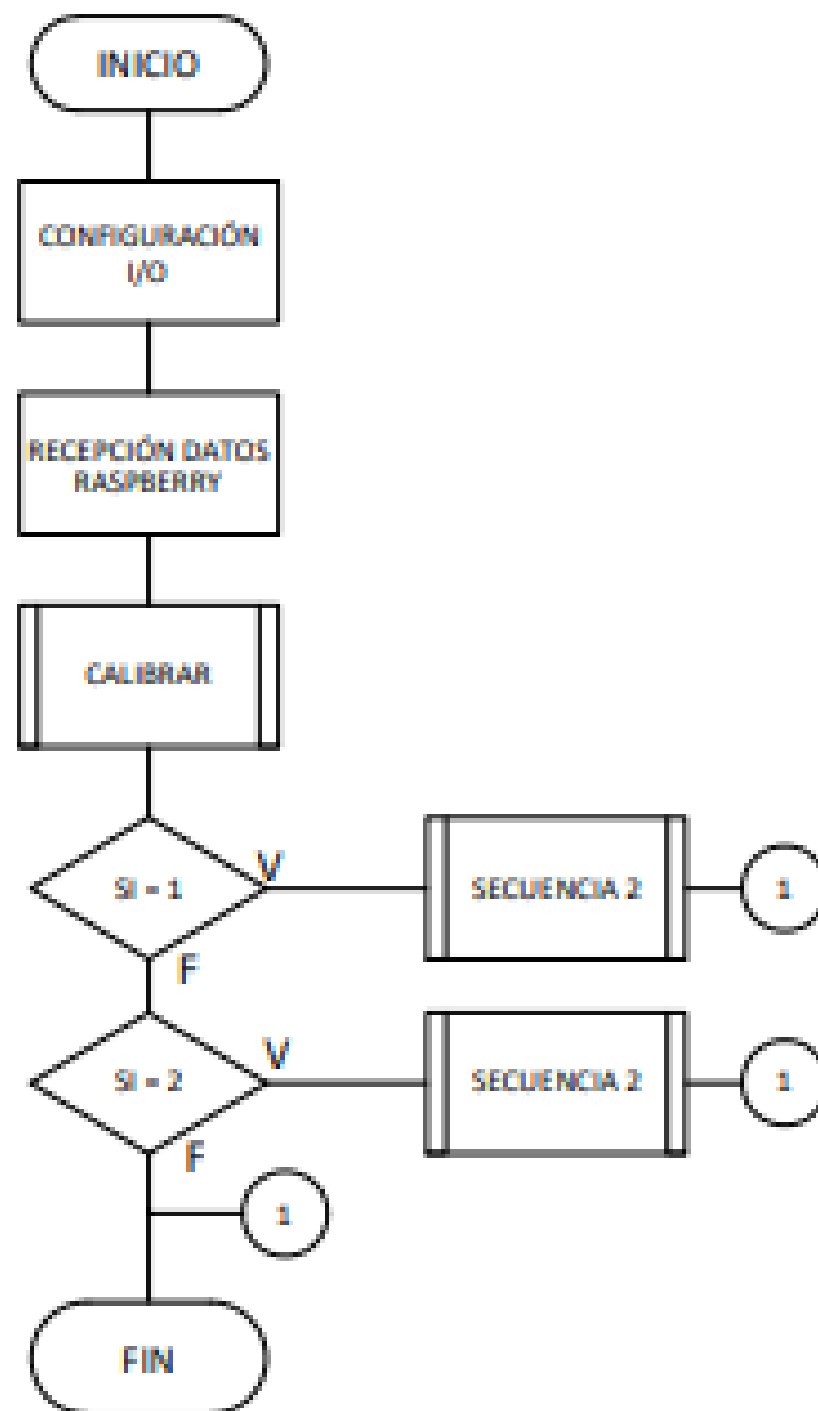


Dashboard HMI





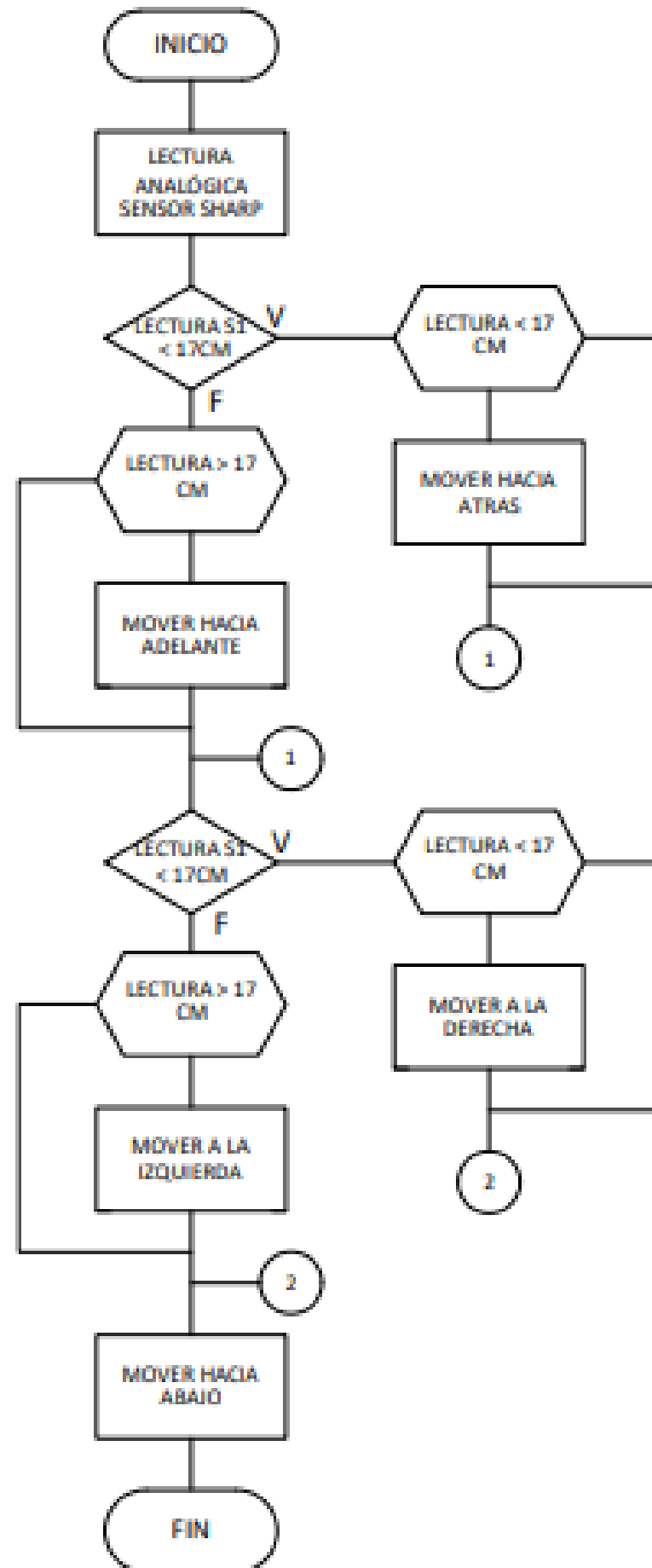
Inicio del programa



```

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if(Serial.available()>0){
    int A = Serial.read();
    switch(A){
      case 49:
        calibrar();
        posicionar();
        //Serial.print("Serie 1 Tam = ");
        tamArray = sizeof(serie1)/sizeof(serie1[0]);
        mapArray(serie1, tamArray, avancel);
        calibrar();
        break;
      case 50:
        calibrar();
        posicionar();
        //Serial.println("Serie 2 Tam = ");
        tamArray = sizeof(serie2)/sizeof(serie2[0]);
        mapArray(serie2, tamArray, avance2);
        calibrar();
        break;
    }
  }
}

```



```

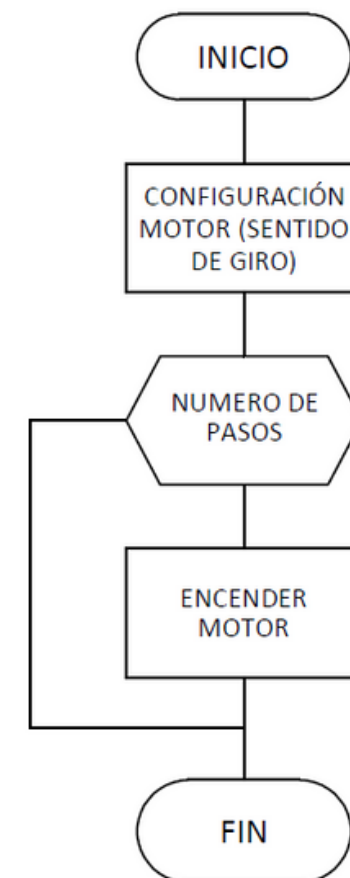
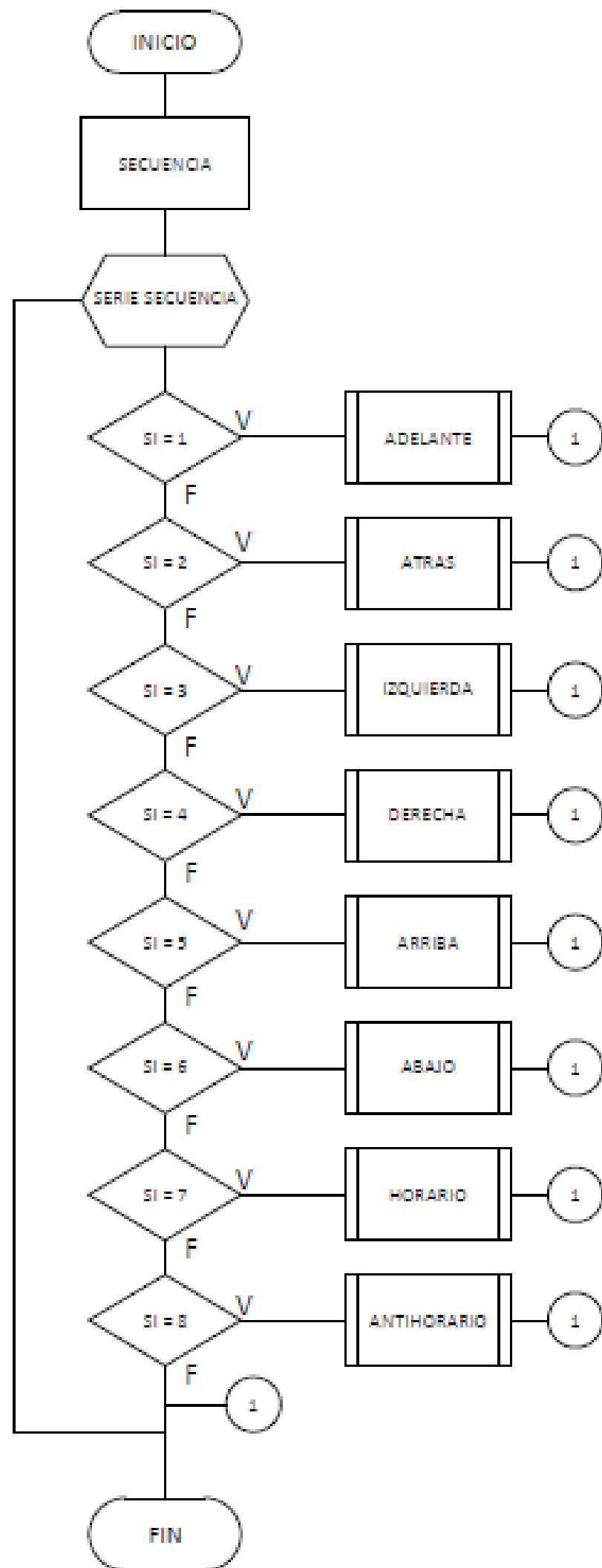
void calibrar () {

  while (digitalRead(finCarrera)) {
    mover(Y_DIR_PIN, HIGH, Y_STEP_PIN, 200);
  }
  myservo.write(90);
  float distance = 0;
  //Eje Z
  while(distance < 17) {
    distance = distancia(sensorZ);
    //Serial.println(distance);
    mover(Z_DIR_PIN, LOW, Z_STEP_PIN, 200);
  }
  distance = 0;
  //Eje X
  while(distance < 17) {
    distance = distancia(sensorY);
    //Serial.println(distance);
    mover(X_DIR_PIN, LOW, X_STEP_PIN, 200);
  }
}
}
  
```

Calibración posición motores



Programación movimiento secuencia de rayado



```

void mover (int dir_pin, bool sen_giro, int step_pin , int avance){
    digitalWrite(dir_pin , sen_giro);

    for (int i = 0; i <= avance; i++)
    {
        digitalWrite(step_pin , HIGH);
        delay(1);
        digitalWrite(step_pin , LOW);
    }
}
  
```



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

Conclusiones

1. Se diseña una máquina que realice el estriamiento en cajas Petri con agar que tome un rango de tiempo entre 5-7 minutos, esta también cuenta con un HMI para el usuario que sea fácil de usar y agradable a la vista realizada en Node Red. Se diseña los componentes mecánicos como electrónicos para este dispositivo, la programación del movimiento se lo realiza con Arduino buscando una buena arquitectura y reutilizable.



Conclusiones (cont.)

2. El prototipo está diseñado para ser portátil, con unas dimensiones de 300 mm de ancho, 400 mm de profundidad y 200 mm de altura, y que consta de los siguientes elementos principales:

- Una estructura de tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304.
- Un asa bacteriológica de platino y su sistema de sujeción que incluye un motor elevador para regular la altura durante el movimiento de estriamiento y un servomotor para controlar el ángulo del rayado.
- Un sistema de movimiento en el plano que incluye dos motores paso a paso Nema17 de 4V y 1.2 A y que se conectan con acoples de 5 a 8 mm a un tornillo sinfín de acero de 8 mm y dos ejes guías de acero plata (DIN 120WVA) rectificado de 10 mm como soporte, conectados en sus extremos con una chumacera KFL01-001.
- Un tubo de esterilización de acero inoxidable, con un sistema de calentamiento con resistencia eléctrica.
- La placa del rayado y la base se diseña con acero inoxidable ASTM240
- La base para la caja Petri incluye un motor paso a paso para el giro de rayado
- Un sistema de control compuesto por un microcontrolador Arduino Mega con una Ramps 1.4 que facilita la conexión y programación de los motores.
- Para la interfaz HMI se diseña con la herramienta de programación visual Node-RED dentro de un microordenador Raspberry Pi3, con su respectiva pantalla en el frente del prototipo.



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

Conclusiones (cont.)

3. Los resultados de la simulación del programa muestran que el rayado se realiza entre 5,5 y 6,5 minutos, con lo cual se cumple el objetivo de obtener un estriado en el rango de 5 a 7 minutos
4. Con el desarrollo del presente proyecto en el que se ha considerado los avances tecnológicos y con materiales accesibles localmente, se puede simplificar y automatizar procesos al servicio de la medicina y en el presente caso para automatizar el estriamiento en procesos de cultivos de bacterias.

Funcionamiento del prototipo

