

LISTA DE ANEXOS

A.1	Presupuesto	2
A.2	Transceiver MAX485	3
A.3	Módulo IMU GY-85 9DOF.....	4
A.4	Procesador Arduino Nano.....	5
A.5	Planos y diseños en Solid edge	6
A.6	Circuitos esquemáticos.....	11
A.7	Manual de usuario	12
A.8	Apartes del código de arduino utilizado en el proyecto.	22

ANEXOS

En este anexo se detallarán otros aspectos del actual proyecto a tener en cuenta, como son el presupuesto o el listado de componentes. También se incluirá la información más relevante de las placas diseñadas y de cada componente utilizado incluyendo las hojas de características correspondientes, se incluirá el código desarrollado para el funcionamiento de la sonda inclinométrica, además de cada planos de las piezas diseñadas en solid edge. Se incluirá un manual de usuario con el cual se podrá usar el dispositivo de forma correcta y segura.

A.1 Presupuesto

En la Tabla 1 se muestra un resumen del presupuesto de los componentes necesarios para la implementación de la sonda inclinométrica diseñada. En este presupuesto no se tendrá en cuenta la mano de obra y los costes de diseño del dispositivo.

Elemento	Coste (\$)
Procesador Arduino Nano	61200
IMU GY-85 9DOF	51700
Encoder óptico H9700 (x2)	4000
Transceiver MAX485 (x2)	28000
Cable utp categoría 5 uso exterior blindado (12m)	24000
Conectores DB9 (x2)	6000
Bloque de aluminio	35000
Porta ruedas más balineras (x4)	10000
Placas de cobre (x2)	10000
Madera y tornillos	30000
Guías	23200
Pintura aislante	11000
Otros componentes (resistencias, cables, conectores, etc.)	21000
Total presupuesto	333100
IVA 15%	53296
Total presupuesto más IVA	386396

Tabla 1 presupuesto de componentes

A.2 Transceiver MAX485

A continuación se presentan las Especificaciones del módulo de comunicación Max485:

Parámetro	Valor
half/full duplex	HALF
Tasa de datos (mbps)	2.5
Apagado de baja energía	No
Enable enviar/ recibir	Si
Corriente inactiva(μ a)	300
Número de transmisores en el bus	32
Limitación de slewrate	No
Número de pines	8
Dimensiones(mm)	44 x 14

Tabla 2 Especificaciones módulo max485

En la Tabla 2, se realizara la descripción de cada uno de los pines del módulo Max485.

Nº del pin	Nombre	Descripción
1	RO	Salida de recepción
2	RE	Enable para habilitar recepción. Activo a nivel bajo
3	DE	Enable para habilitar transmisión. Activo a nivel alto
4	DI	Entrada de transmisión
5	GND	Conexión a masa
6	A	Entrada recepción/salida transmisión no invertida.
7	B	Entrada recepción/salida transmisión invertida.
8	VCC	Conexión de alimentación. ($4.75V \leq V_{cc} \leq 5.25V$)

Tabla 3 Descripción de los pines módulo max485

A.3 Módulo IMU GY-85 9DOF

En la Tabla 4 se presenta las especificaciones del módulo IMU GY-85 9DOF:

Giroscopio ITG3205	3 Ejes, I2C, 16 bits de resolución.
Acelerómetro ADXL345	3 Ejes, I2C, 10 bits de resolución, hasta 16g.
Magnetómetro HMC5883L	3 Ejes, I2C, 12 bits de resolución, 1° de precisión.
Interfaz de comunicación	I2C
Voltaje de operación	3-5V
Dimensiones	22mm x 17mm

Tabla 4 Especificaciones IMU GY-85 9DOF

En las tablas Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7 se presentan los parámetros de cada uno de los sensores del módulo IMU GY-85 9DOF.

- **Giroscopio ITG3205**

Parámetros	Valor
Rango de funcionamiento	± 2000 (°/s)
Resolución	0,0695 (°/s)
Margen de error	$\pm 6\%$
Desviación debido a la temperatura	$\pm 10\%$ (0° a 55°C)
Ruido	0,7°/s-rms
No linealidad	0,2%
Máxima velocidad de muestreo	8 kHz

Tabla 5 Parámetros giroscopio ITG3205

- **Acelerómetro ADXL345**

Parámetros	Valor
Rango de funcionamiento	± 10 g
Resolución	3,9 mili g
Margen de error	$\pm 1,0\%$
Desviación debido a la temperatura	$\pm 1,2$ mili g/°C
Ruido	1,1 LSBrms
No linealidad	$\pm 0,5\%$
Máxima velocidad de muestreo	3,2 kHz

Tabla 6 parámetros acelerómetro ADXL345

- **Magnetómetro HMC5883L**

Parámetros	Valor
Rango de funcionamiento	± 8 Gauss
Resolución	0,73mili Gauss
Margen de error	$\pm 5\%$
Desviación debido a la temperatura	---
Ruido	2mili Gauss
No linealidad	$\pm 0,1\%$
Máxima velocidad de muestreo	75 Hz

Tabla 7 parámetros magnetómetro HMC5883L

A.4 Procesador Arduino Nano.

- Especificaciones:

Parámetro	Valor
Microcontroladores	Atmel ATmega168 o ATmega328
Tensión de funcionamiento (nivel lógico)	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límites)	6-20 V
Digital pines I / O	14 (de las cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	8
Corriente DC por E / S Pin	40 mA
Memoria flash	16 KB (ATmega168) o 32 KB (ATmega328) de los cuales 2 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	1 KB (ATmega168) o 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) o 1 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz
Dimensiones	45 x 18 mm
Peso	5 g

Tabla 8 Especificaciones procesador arduino nano

Comunicación:

El Arduino Nano tiene una serie de instalaciones para la comunicación con un ordenador, otro Arduino, u otros microcontroladores.

Los ATmega168 y ATmega328 proporcionan TTL UART (5V) de comunicación en serie, que está disponible en los pines digitales 0 (RX) y 1 (TX). Un FTDI FT232RL en los canales de junta, esta comunicación en serie a través de USB y los drivers FTDI (incluido con el software de Arduino) proporcionan un puerto com virtual para el software en el ordenador. El software de Arduino incluye un monitor de serie que permite a los datos de texto simples ser enviados hacia y desde la placa Arduino. Los RX y TX LED en el tablero parpadean cuando se están transmitiendo datos a través del chip y conexión USB FTDI al ordenador (pero no para la comunicación en serie en los pines 0 y 1).

A.5 Planos y diseños en Solid edge

Las siguientes son todas las piezas que se diseñaron en solid edge:

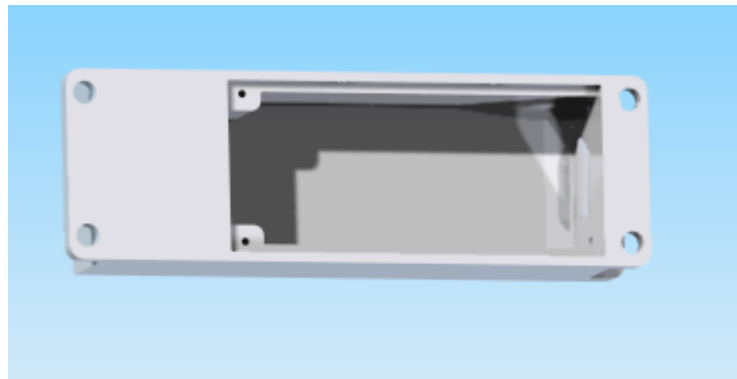


Figura 1 Cajilla para el circuito

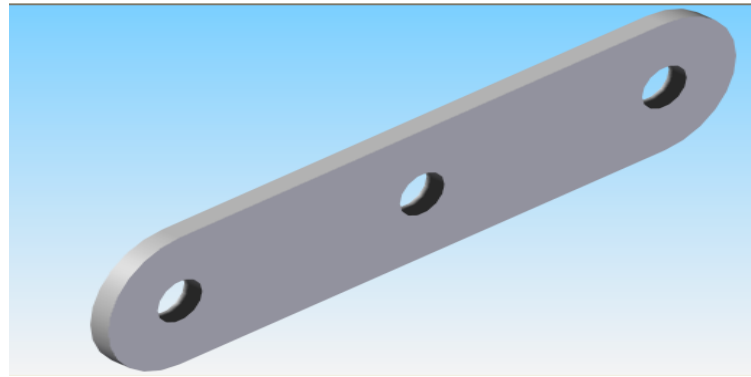


Figura 2 Porta ruedas de la sonda



Figura 3 Rueda de la sonda

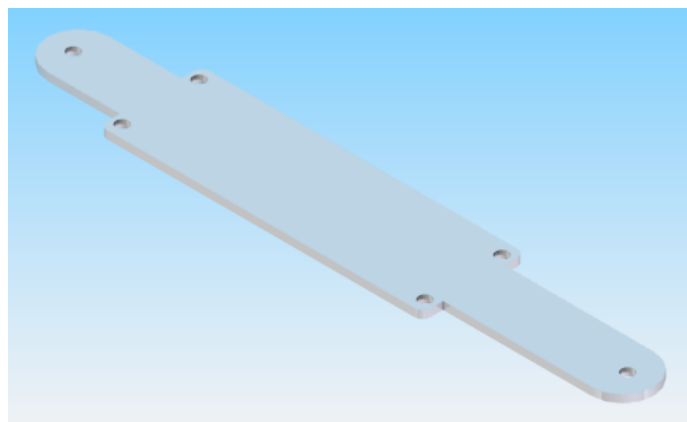


Figura 4 Tapa de la sonda



Figura 5 Conjunto sonda inclinometrica

- Planos de las piezas diseñadas en solid edge

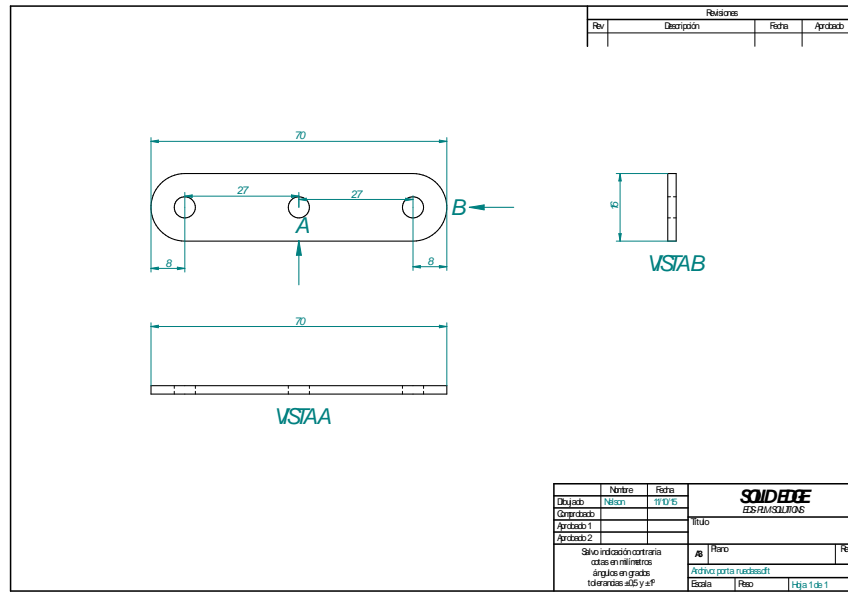


Figura 6 Plano porta ruedas

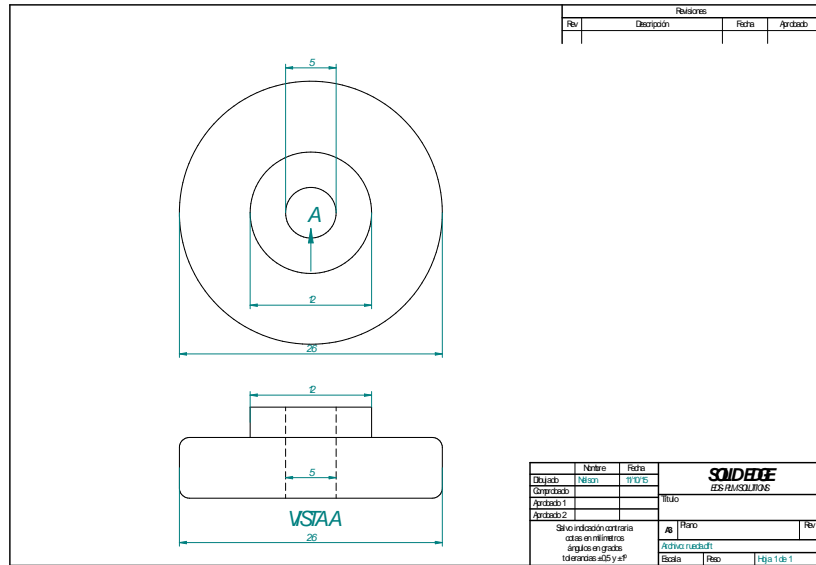


Figura 7 Plano rueda

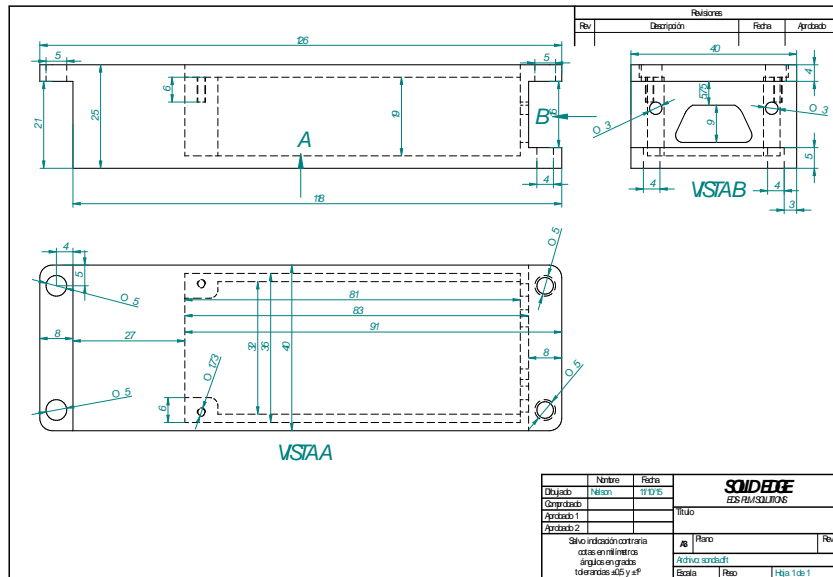


Figura 8 Plano, cajilla de circuito

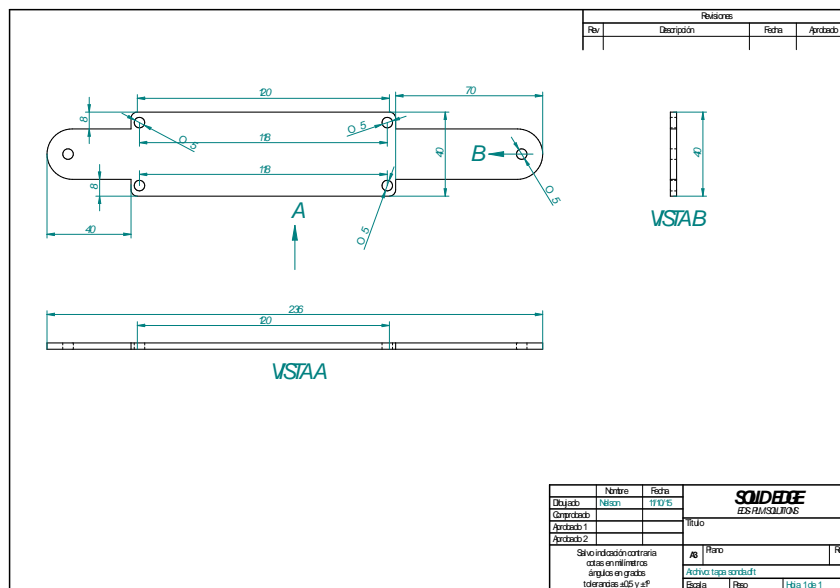


Figura 9 Plano tapa de la sonda

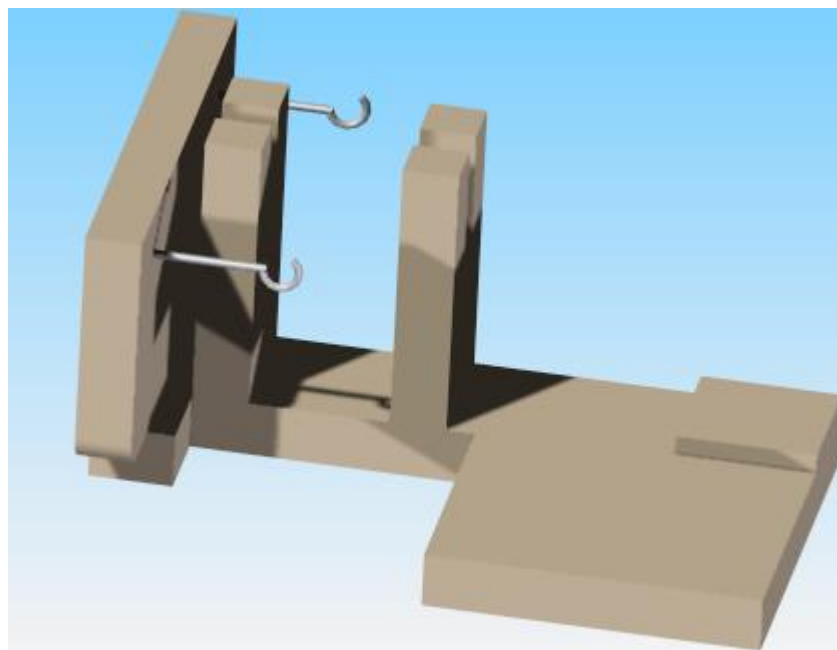


Figura 10 Base modulo maestro

A.6 Circuitos esquemáticos

A continuación se presentan los planos de los circuitos que se crearon el Eagle:

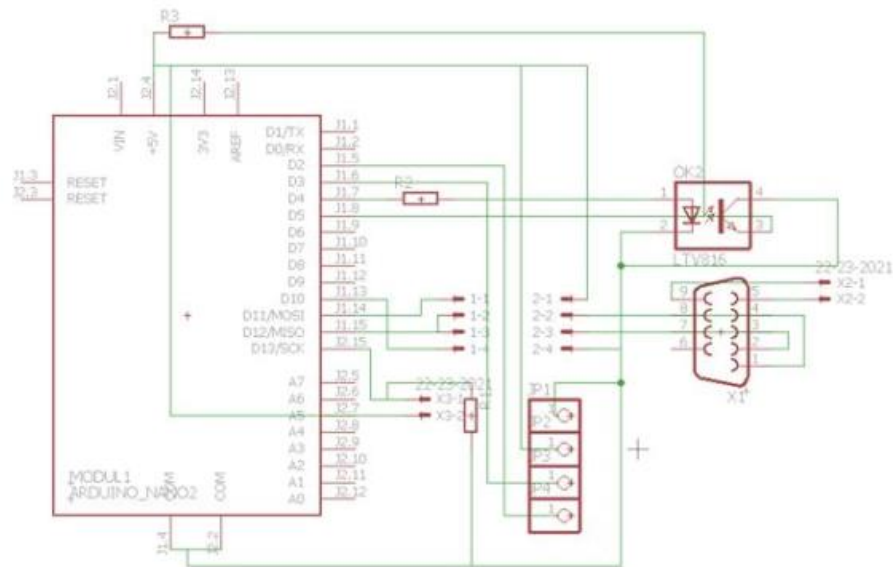


Figura 11 Esquemático circuito maestro

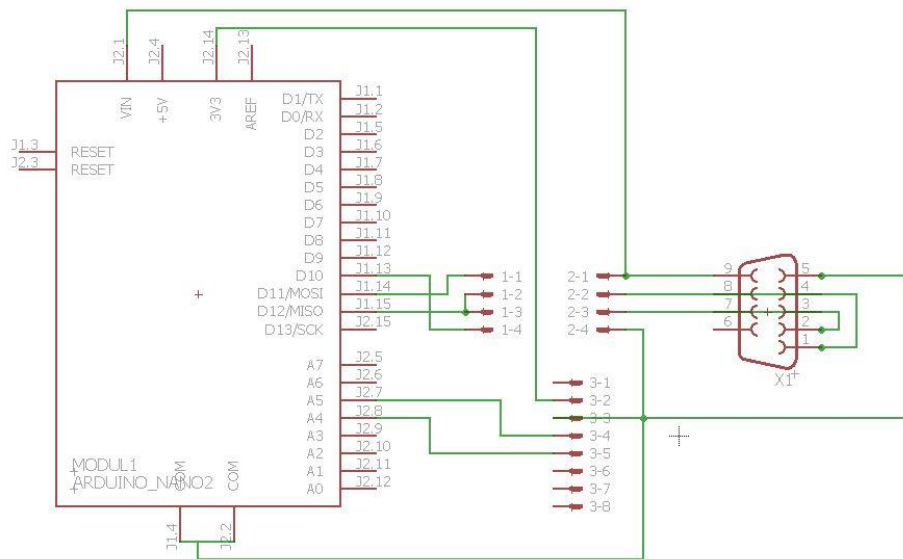


Figura 12 Esquemático circuito esclavo

A.7 Manual de usuario

En este manual se describen los pasos a seguir para realizar la toma de datos con la sonda inclinometrica de forma correcta.

1. Conexión de los diferentes dispositivos

- Conecte el cable utp categoría 5 a la sonda inclinometrica, ver Figura 13.



Figura 13 Conexión cable utp cat5 a inclinómetro

- Conecte el cable utp categoría 5 a el modulo maestro, ver Figura 14.



Figura 14 conexión cable utp cat 5 a modulo maestro

- Conecte el cable usb al arduino nano y al computador, ver Figura 15.

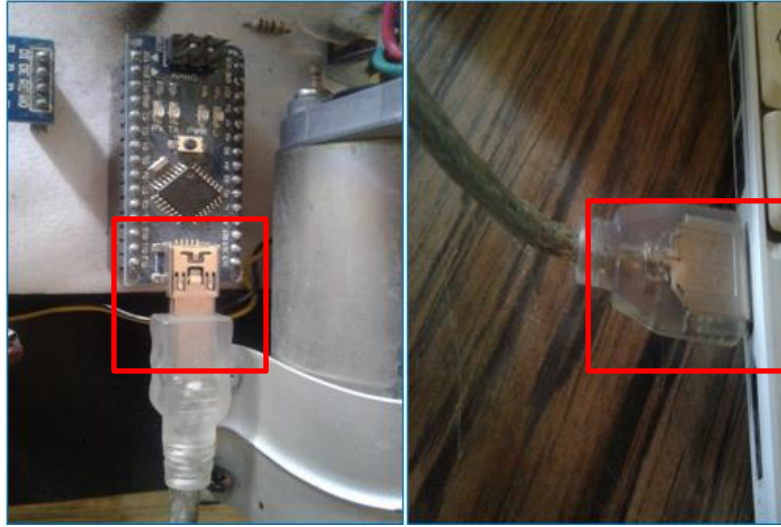


Figura 15 Conexión cable usb

- Conecte la fuente de 5 voltios al circuito maestro, ver Figura 16.

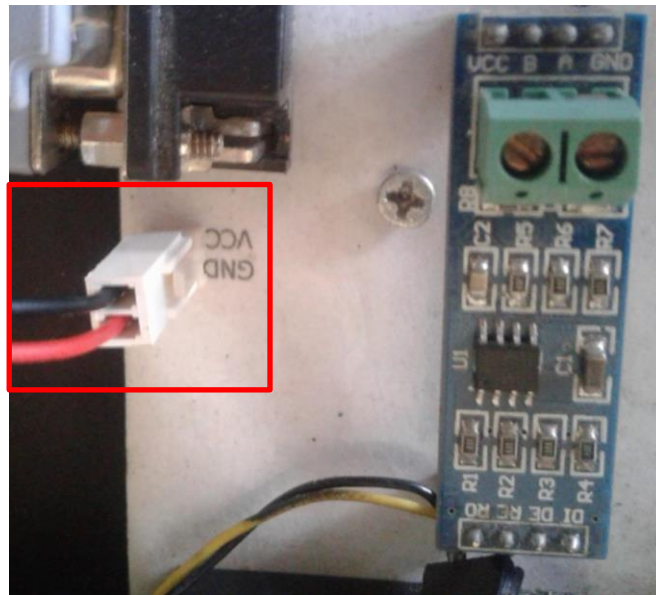


Figura 16 Conexión fuente de 5 voltios

2. Calibración

Para realizar la calibración del instrumento siga los siguientes pasos:

- Coloque la sonda inclinometrica en posición vertical, haciendo coincidir el eje con los cero grados de la regla como se muestra en la Figura 17.



Figura 17 calibración sonda inclinometrica

- Encienda la sonda inclinometrica conectando la fuente de energía.

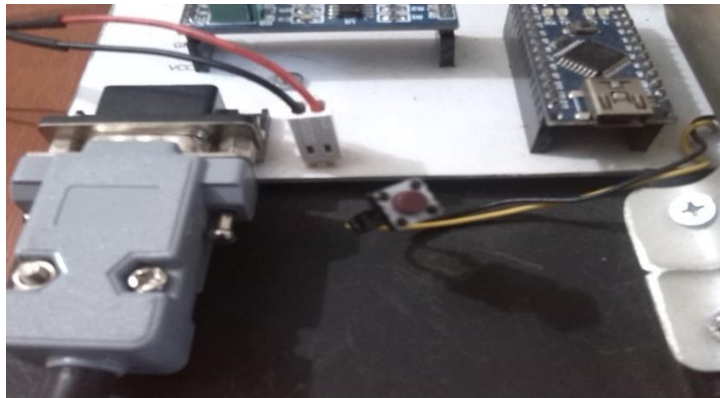


Figura 18 Encendido de la sonda inclinometrica

- Mantenga la sonda en la posición vertical durante 10 segundos, para que se calibre automáticamente.

3. Configurar puerto de comunicación entre el modulo maestro y el computador.

Por medio de este paso se podrá garantizar que el computador y el modulo maestro utilicen el mismo puerto serial.

- Confirme que el modulo maestro esté conectado a uno de los puertos USB del computador.
- Diríjase al menú inicio y haga clic en panel de control, ver Figura 19.

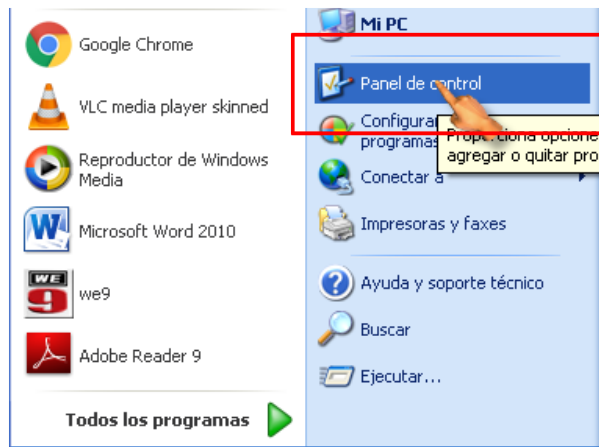


Figura 19 Ruta panel de control

- Una vez ingrese a panel de control, haga clic en el item Hardware y sonido, ver Figura 20.

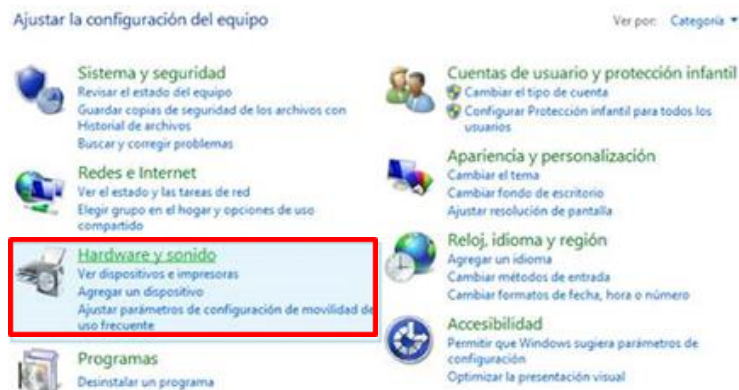


Figura 20 Dispositivos e Impresoras

- En la ventana de Herramientas y sonido, diríjase al ítem de Dispositivos e impresoras y haga clic en Administrador de dispositivos, como se muestra en la Figura 21.

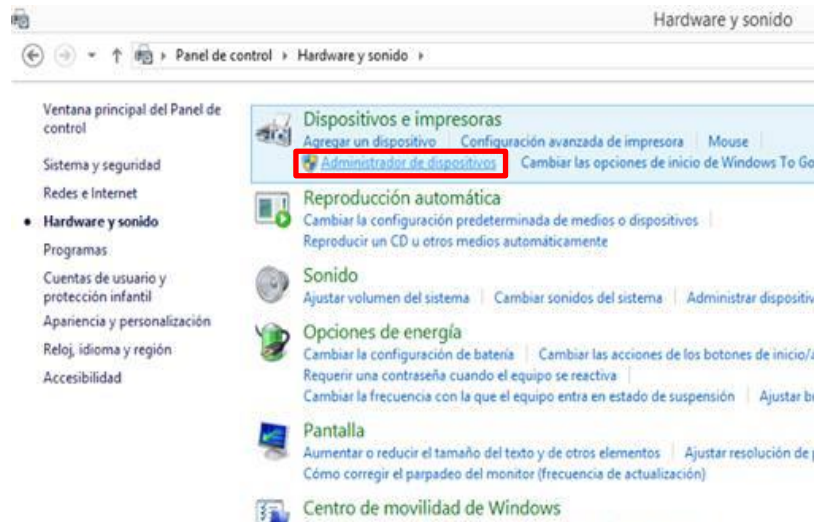


Figura 21 Administrador de dispositivos

- En la ventana de Administrador de dispositivos diríjase al ítem puertos (COM y LPT) y observe que puerto COM está utilizando el módulo maestro, ver Figura 22.

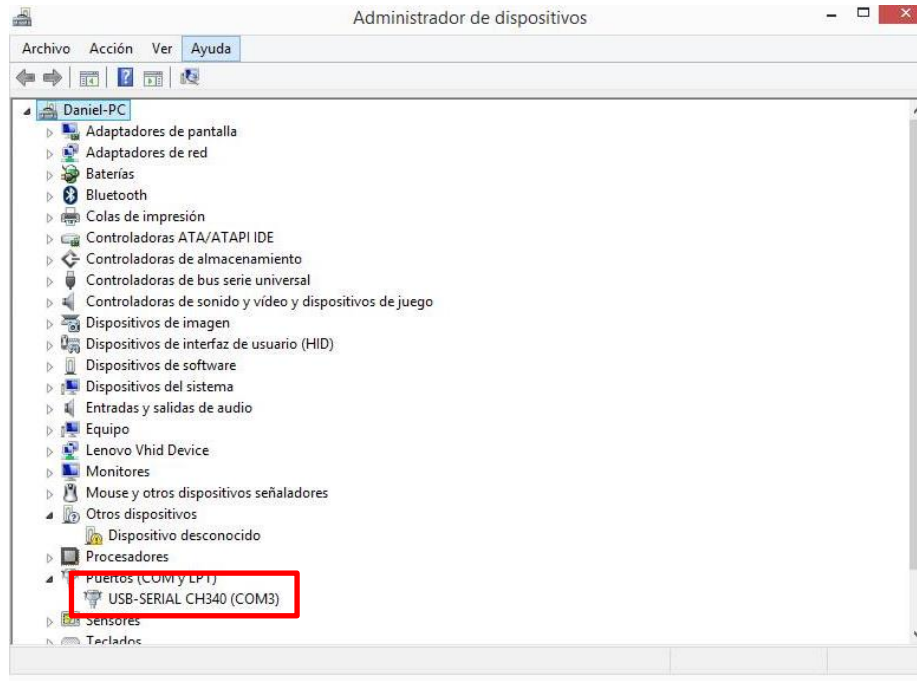


Figura 22 Verificación del puerto COM

- En el programa en LabVIEW confirme que el puerto COM coincida con el del módulo maestro, ver Figura 23.

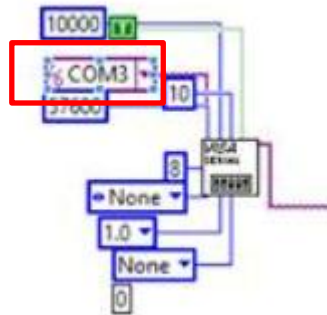


Figura 23 Puerto COM en LabVIEW

4. Correr el programa en LabVIEW

En LabVIEW se despliega la interfaz de usuario como se ve en la Figura 24. En la ventana gris se puede apreciar la pantalla en donde se graficarán los tres ángulos.

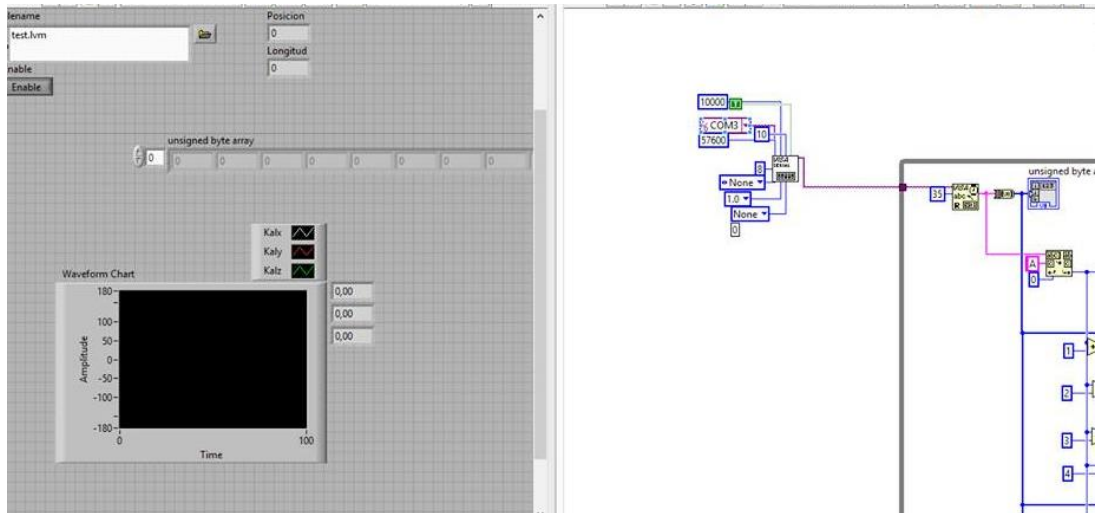


Figura 24 Interfaz de usuario en LabVIEW

5. Cuadrar disco de medición

Para certificar que la medición del cable utp inicie en cero, coloque la posición del disco de forma correcta como se ve en la Figura 25, la línea negra sobre el disco debe estar en la parte inferior pasando el lector óptico como se ve en el círculo rojo de la Figura 25.



Figura 25 Cuadrar disco de medición.

6. Resetear el modulo maestro

Diríjase al circuito maestro y presione el botón de reset que se ve en el círculo rojo de la Figura 26;

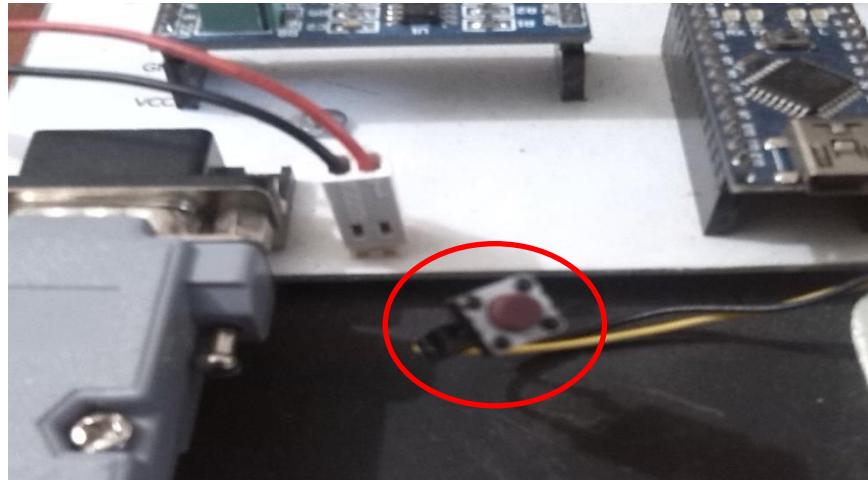


Figura 26 Reseteo del módulo maestro

7. Generación de archivo de datos.

Una vez reseteado el modulo maestro, diríjase a la parte superior de la ventana gris en la interfaz de LabVIEW, y de clic en el botón Enable (ver Figura 27), para inicializar el almacenado de información en un archivo block de notas.

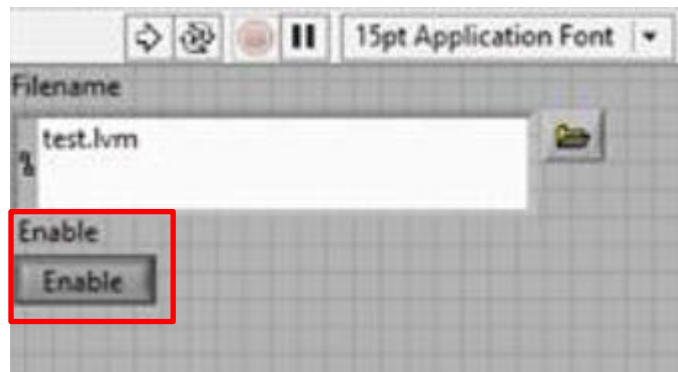


Figura 27 Botón Enable

8. Manejo de la sonda inclinometrica

Una vez inicializado la generación del archivo de datos, proceda a realizar la inmersión de la sonda en el terreno, para ello se debe manejar el sistema de medición de la siguiente manera:

- Introduzca el cable de comunicación por los rieles del sistema de medición, ver Figura 28.

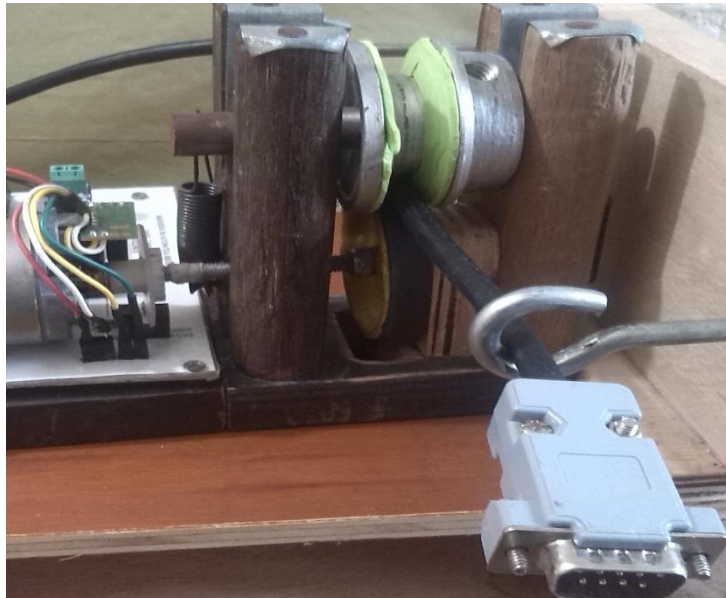


Figura 28 Pasar cable utp por rieles

- Conecte la sonda con el cable de comunicación, ver Figura 29.



Figura 29 Conexión cable de comunicación con sonda inclinometrica

- Ubique la sonda en la posición inicial dentro del tubo inclinometrico para poder iniciar la prueba.
- Gire la perilla encerrada en el círculo rojo ver Figura 30 de manera que la sonda inclinometrica comience a descender por el ademe.

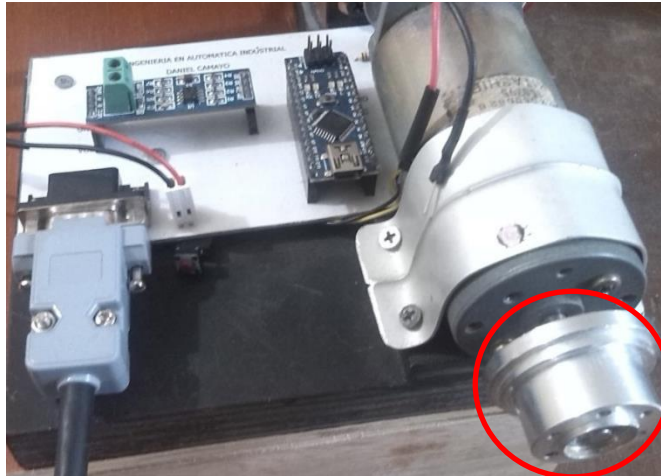


Figura 30 Perilla para el manejo del cable

- Deje de girar la perilla una vez la sonda llegue a su posición final.

9. Recuperación de la sonda inclinometrica

Una vez realizada la prueba y recolectados todos los datos necesarios, recupere la sonda inclinometrica por medio del cable de extracción, ver Figura 31 recuadro rojo, esta recuperación se realiza manualmente tirando del cable de acero. De esta forma se da fin a la prueba de campo.

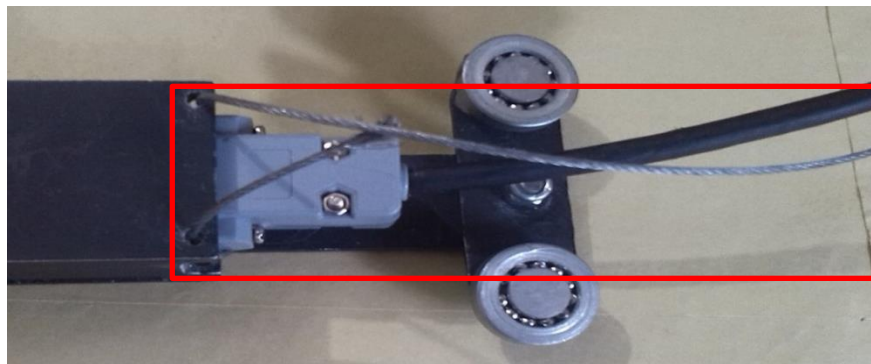
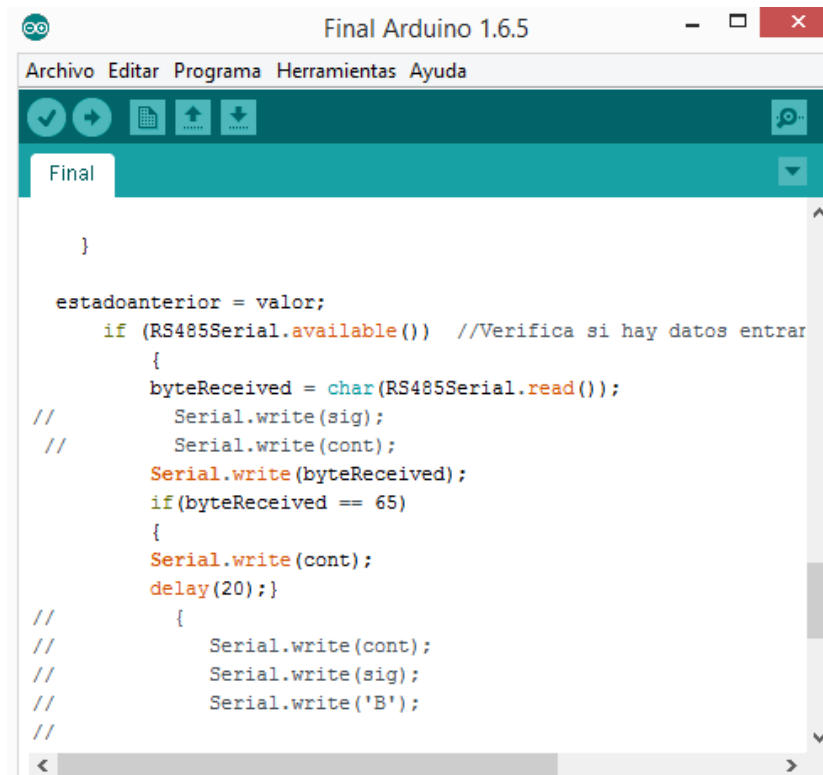


Figura 31 Recuperación de la sonda.

A.8 Apartes del código de arduino utilizado en el proyecto.

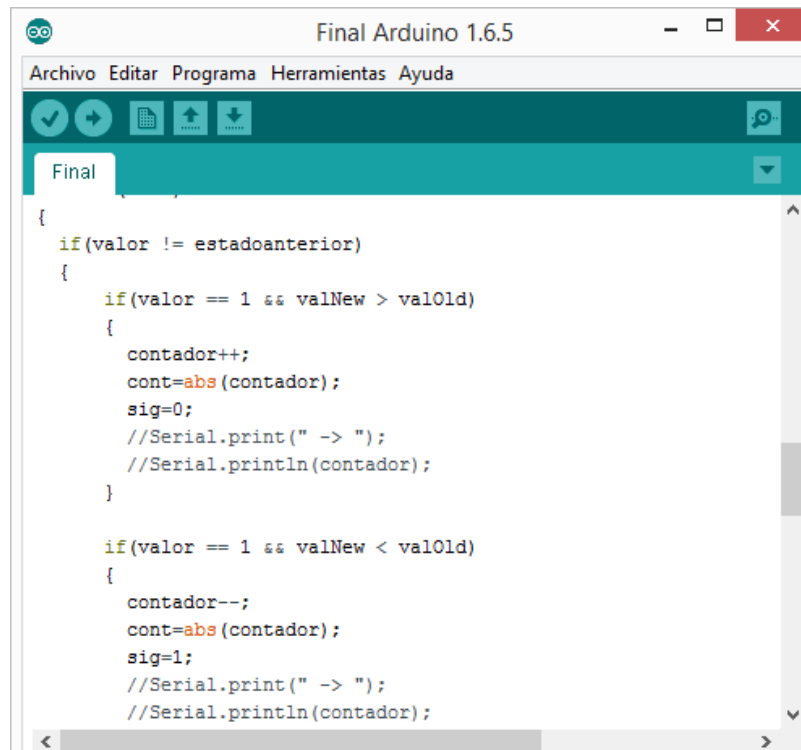
➤ Modulo Maestro:

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "Final Arduino 1.6.5". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar contains icons for check, undo, redo, upload, download, and a serial monitor icon. A tab labeled "Final" is active. The main text area contains the following C++ code:

```
    }  
  
    estadoanterior = valor;  
    if (RS485Serial.available()) //Verifica si hay datos entrant  
    {  
        byteReceived = char(RS485Serial.read());  
        Serial.write(sig);  
        // Serial.write(cont);  
        Serial.write(byteReceived);  
        if(byteReceived == 65)  
        {  
            Serial.write(cont);  
            delay(20);}  
        //  
        // {  
        //     Serial.write(cont);  
        //     Serial.write(sig);  
        //     Serial.write('B');  
        //  
        //
```

Figura 32 Código de recepción

Las líneas de código en la Figura 32 se utilizan para recoger la información que viene de la sonda.



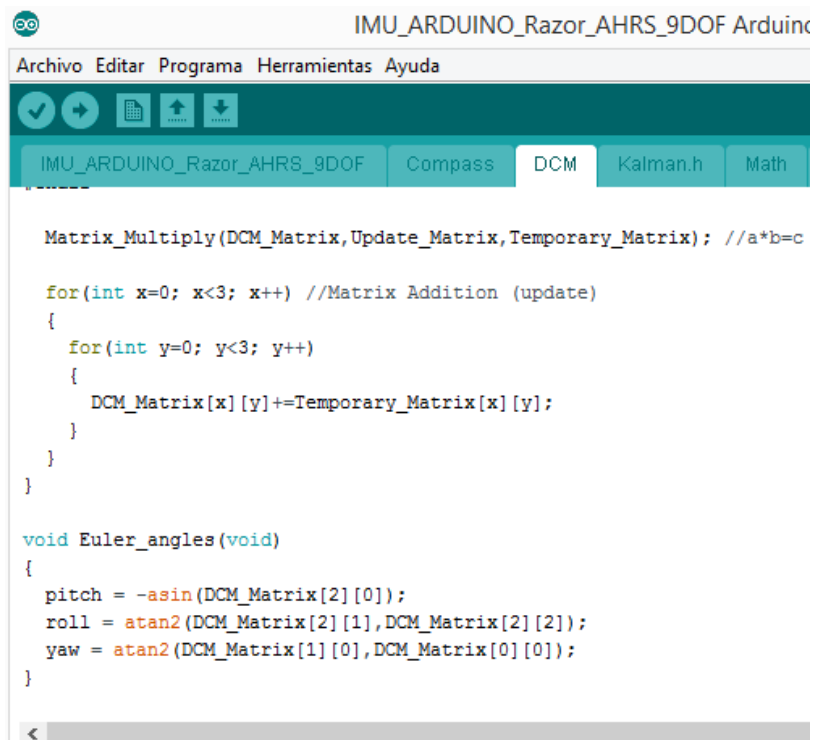
```
Final Arduino 1.6.5
Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
Final
{
  if(valor != estadoanterior)
  {
    if(valor == 1 && valNew > valOld)
    {
      contador++;
      cont=abs(contador);
      sig=0;
      //Serial.print(" -> ");
      //Serial.println(contador);
    }

    if(valor == 1 && valNew < valOld)
    {
      contador--;
      cont=abs(contador);
      sig=1;
      //Serial.print(" -> ");
      //Serial.println(contador);
    }
  }
}
```

Figura 33 Código encoder

En la Figura 33 están las líneas de código utilizadas para advertir el sentido del giro, básicamente son las instrucciones de manejo del encoder.

➤ Modulo esclavo



```
IMU_ARDUINO_Razor_AHRS_9DOF Arduino
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
IMU_ARDUINO_Razor_AHRS_9DOF Compass DCM Kalman.h Math

Matrix_Multiply(DCM_Matrix, Update_Matrix, Temporary_Matrix); //a*b=c

for(int x=0; x<3; x++) //Matrix Addition (update)
{
  for(int y=0; y<3; y++)
  {
    DCM_Matrix[x][y]+=Temporary_Matrix[x][y];
  }
}

void Euler_angles(void)
{
  pitch = -asin(DCM_Matrix[2][0]);
  roll = atan2(DCM_Matrix[2][1], DCM_Matrix[2][2]);
  yaw = atan2(DCM_Matrix[1][0], DCM_Matrix[0][0]);
}
```

Figura 34 Conformación de DCM

En la Figura 34 se conforma la matriz de cosenos directores que es la matriz de rotación del sistema.


```
SlaveRS485 Arduino 1.6.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
SlaveRS485
RS485Serial.begin(57600); // selecciona la velocidad de transm
}

void loop()
{
//if (RS485Serial.available())
{
    delay(100);
    Serial.write(byteSend+42);
    RS485Serial.write((byteSend)+42); // Envia el dato
    byteSend++;
    delay(100);
    //digitalWrite(SSerialTxControl, RS485Receive); // desact
}
}
}
```

Figura 35 envío de la información

En la Figura 35 se muestra como se envía un dato hacia el modulo maestro.