



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster
CURSO 2017/2018

*MÁQUINA DE ENSAYOS PORTÁTIL PARA MEDIR LA
RESISTENCIA A LA APERTURA DE REDES DE PESCA*

Máster en Ingeniería Industrial

ALUMNO

Adrián Acción Montes

TUTORES

Manuel Jesús González Castro
Amelia de la Prada Arquer

FECHA

JULIO 2018

TÍTULO Y RESUMEN

MÁQUINA DE ENSAYOS PORTÁTIL PARA MEDIR LA RESISTENCIA A LA APERTURA DE REDES DE PESCA

Estudios experimentales demuestran que la resistencia a la apertura tiene un gran impacto en el comportamiento y en la respuesta estructural de las redes de pesca. desempeñando un papel crucial en la reducción de la selectividad observada en aparejos de pesca fabricados con redes de hilos más gruesos. Por ello, resulta de gran interés desarrollar modelos teóricos y métodos experimentales para medir la resistencia a la apertura de mallas, con el objetivo de poder predecir el comportamiento de las redes.

En el presente proyecto se presenta el diseño de un dispositivo portátil para la medición de la resistencia a la apertura de redes de pesca.

MÁQUINA DE ENSAIOS PORTÁTIL PARA MEDIR A RESISTENCIA A APERTURA DE REDES DE PESCA

Estudios experimentais demostran que a resistencia á apertura ten un gran impacto no comportamento e na resposta estrutural das redes de pesca. desempeñando un papel crucial na redución da selectividade observada en aparellos de pesca fabricados con redes de fíos máis grosos. Por iso, resulta de gran interese desenvolver modelos teóricos e métodos experimentais para medir a resistencia á apertura de mallas, co obxectivo de poder predecir o comportamento das redes.

No presente proyecto preséntase o diseño de un dispositivo portátil para a medición da resistencia a apertura de redes de pesca.

PORTABLE TESTING MACHINE FOR MEASURING THE RESISTANCE TO OPENING OF FISHING NETS

Experimental studies show that resistance to opening has a major impact on the behaviour and structural response of fishing nets. playing a crucial role in reducing the selectivity observed in fishing gears made of nets with thicker threads. Therefore, it is of great interest to develop theoretical models and experimental methods to measure the resistance to mesh opening, with the aim of being able to predict the behaviour of such nets.

This project presents the design of a portable device for measuring the resistance to opening of fishing nets.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2017/2018**

*MÁQUINA DE ENSAYOS PORTÁTIL PARA MEDIR LA
RESISTENCIA A LA APERTURA DE REDES DE
PESCA*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

MEMORIA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	8
1.1	Objeto.....	9
1.2	Alcance.....	9
2	Especificaciones.....	10
2.1	Especificaciones de diseño.....	10
2.2	Descripción del ensayo.....	10
3	Estudio de soluciones y diseño preliminar.....	11
3.1	Dispositivos comerciales.....	11
3.2	Diseño preliminar.....	11
4	Sistema de control.....	14
4.1	Alternativas exploradas.....	14
4.1.1	Control distribuido.....	14
4.1.2	Control embebido.....	14
4.2	Solución adoptada.....	15
5	Diseño electrónico.....	17
5.1	Microcontrolador.....	17
5.2	Actuador lineal.....	18
5.3	Driver de motor de corriente continua.....	19
5.4	Funcionamiento.....	19
6	Conexiones eléctricas.....	21
6.1	Conectores JST.....	21
6.2	Conectores Molex.....	21
6.3	Conectores circulares.....	22
6.4	Solución adoptada.....	23
7	Autonomía.....	24
8	Diseño final.....	25
8.1	Mordaza fija.....	25
8.2	Mordaza móvil.....	26
8.3	Apoyos.....	26
8.4	Electrónica.....	27
8.5	Diseño final.....	28
9	Programación.....	29

9.1 Microcontrolador.....	29
9.2 Interfaz HMI.....	29
10 Prototipo.....	33
11 Calibración.....	35
11.1 Módulo amplificación célula de carga.....	35
11.2 Actuador lineal.....	35
12 Aspectos a mejorar.....	37
12.1 Programación microcontrolador.....	37
12.2 Sistema de comunicaciones.....	37
12.3 Conexiones electrónicas.....	37
12.4 Apoyos de la máquina.....	38
12.5 Calibración del motor.....	38
Anexo 1. Circuito electrónico.....	40
Anexo 2. Programa microcontrolador.....	42
Anexo 3. Diagrama de clases GUI.....	43
Anexo 4. Planos.....	44
Anexo 5. Lista de materiales.....	52
Anexo 6. Presupuesto.....	54
Anexo 7. Datasheets.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Malla de diamante en direcciones normal y transversal.....	8
Figura 2. Abertura en dirección normal y transversal.....	9
Figura 3. Estructura del ensayo.....	10
Figura 4. Efecto de relajación.....	10
Figura 5. Omega Mesh Gauge.....	11
Figura 6. Diseño preliminar.....	13
Figura 7. Pantalla LCD (izquierda) vs TFT (derecha).....	15
Figura 8. Módulo Bluetooth Low Energy.....	16
Figura 9. Placa de desarrollo Teensy 3.5.....	18
Figura 10. Actuador lineal Glideforce LACT12P-12V-20.....	19
Figura 11. Driver DRV8838.....	19
Figura 12. Circuito de control del motor.....	20
Figura 13. Conector JST.....	21
Figura 14. Conector Molex.....	22
Figura 15. Conectores circulares.....	23
Figura 16. Diseño sujeción fija.....	25
Figura 17. Mordaza móvil.....	26
Figura 18. Diseño de los apoyos de la máquina.....	27
Figura 19. Emplazamiento batería.....	27
Figura 20. Caja de componentes electrónicos.....	27
Figura 21. Diseño final de la máquina.....	28
Figura 22. Interfaz gráfica.....	32
Figura 23. Detalles constructivos del prototipo.....	33
Figura 24. Prototipo completo.....	34
Figura 25. Error de offset y error de ganancia.....	35
Figura 26. Calibración interfaz de amplificación célula de carga.....	36
Figura 27. Diseño de apoyos alternativo.....	38
Figura 28. Patrón de calibración del actuador.....	39

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo teórico de la energía consumida por ensayo.....	24
--	----

1 INTRODUCCIÓN

Las redes se usan mayoritariamente en la fabricación de aparejos de pesca. En esta aplicación predominan las redes con mallas en forma de rombo o diamante, cuya estructura y direcciones normal (1) y transversal (2) se representan en la figura 1. Como se puede apreciar, la dirección normal es la de la diagonal corta del rombo de la malla y la dirección transversal es la de su diagonal larga.

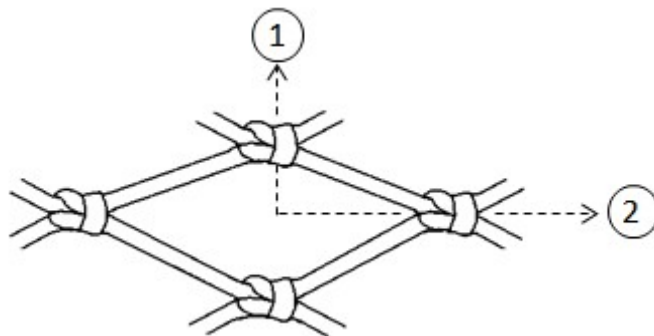
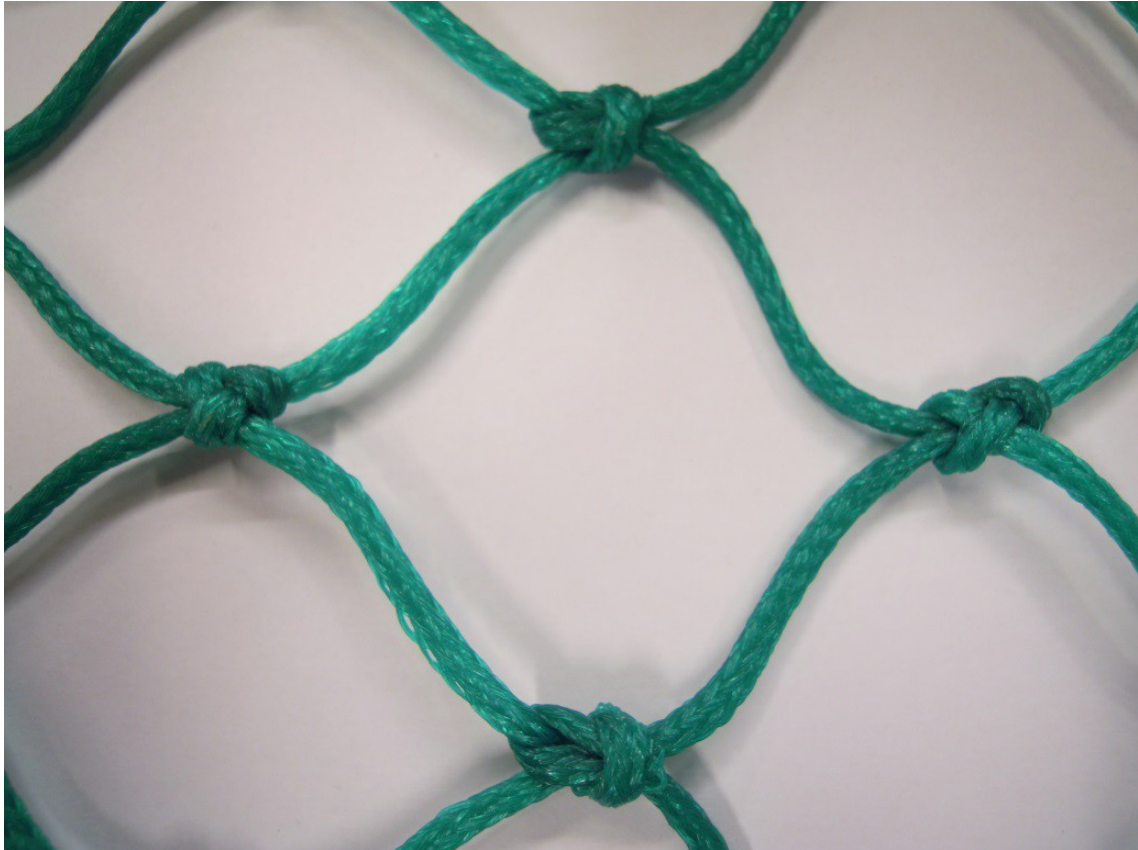


Figura 1. Malla de diamante en direcciones normal y transversal

En los últimos años hay una tendencia a usar redes con hilos más gruesos y robustos para aumentar la resistencia y duración de las mismas. Dichas redes tienen una mayor resistencia a la apertura de mallas, lo que dificulta la apertura de las mallas en dirección normal en comparación con la apertura en dirección transversal (figura 2).

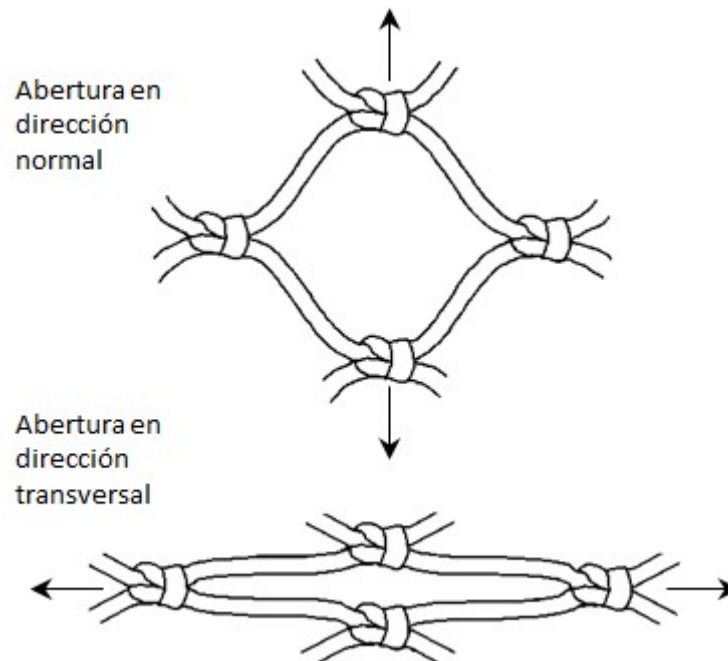


Figura 2. Abertura en dirección normal y transversal

Estudios experimentales demuestran que la resistencia a la apertura tiene un gran impacto en el comportamiento y en la respuesta estructural de las redes de pesca. Por ejemplo, desempeña un papel crucial en la reducción de selectividad observada en aparejos de pesca fabricados con redes de hilos más gruesos. Por ello, resulta de gran interés desarrollar modelos teóricos y métodos experimentales para medir la resistencia a la apertura de mallas, con el objetivo de poder predecir el comportamiento de las redes.

1.1 Objeto

El objeto del presente proyecto es el diseño de una máquina de ensayos portátil para determinar la resistencia a la apertura de mallas de redes, para el caso de cargas contenidas en su propio plano, con el fin de hallar su módulo de rigidez. Este parámetro podrá ser posteriormente empleado para la formulación un modelo matemático del comportamiento bajo carga de la red.

1.2 Alcance

El alcance de este proyecto es el diseño del dispositivo de medición de la resistencia a la apertura de redes de pesca, así como su posterior calibración y ensayo.

Las partes en las que se dividirá el diseño se recogen a continuación.

- Elementos estructurales y de protección
- Sistema de actuación y movimiento
- Dispositivos de adquisición de datos
- Sistemas de control y comunicaciones

2 ESPECIFICACIONES

2.1 Especificaciones de diseño

El dispositivo diseñado debe cumplir los requisitos recogidos a continuación.

- Fijados los desplazamientos aplicados a la red en dirección normal, medir la fuerza necesaria para obtener las aperturas especificadas.
- Medir las condiciones ambientales de temperatura y humedad en las cuales se realizarán los ensayos.
- Obtener la dimensión transversal de las mallas que componen la red.

2.2 Descripción del ensayo

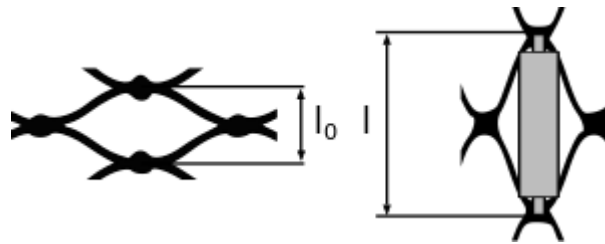


Figura 3. Estructura del ensayo

El procedimiento del ensayo se muestra en la figura 3, Inicialmente, la red cuenta con una apertura en la dirección normal igual a l_0 . Una vez comenzado el ensayo, el dispositivo comenzaría a desplazarse, aumentando la distancia entre los nudos en la dirección hasta un valor l definido por el usuario. Debido al carácter plástico de la red, la tensión aplicada entre los nudos no es constante en el tiempo, si no que decrece a medida que transcurre el tiempo debido a efectos de relajación, como se puede ver en la figura 4, Debido a esto, se debe esperar hasta que la tensión se asiente antes de medir la fuerza aplicada. Una vez que la tensión se ha asentado, se pasaría a registrar los valores de desplazamiento y fuerza aplicada, avanzando hasta la próxima posición y repitiendo el mismo proceso anteriormente descrito hasta registrar todos los puntos.

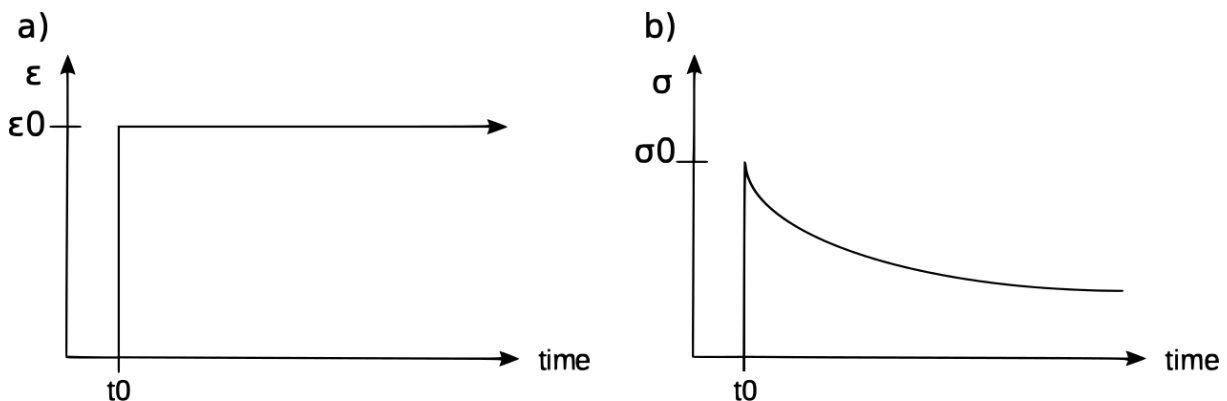


Figura 4. Efecto de relajación

3 ESTUDIO DE SOLUCIONES Y DISEÑO PRELIMINAR

3.1 Dispositivos comerciales

Antes de comenzar con el diseño del dispositivo, se buscaron las alternativas presentes en el mercado con el fin de evaluar posibles alternativas en el diseño.

Actualmente, existe un dispositivo desarrollado por Observator Group dentro de un proyecto europeo, en colaboración con Marelec (Bélgica). Este dispositivo, llamado *Omega Mesh Gauge*, puede observarse en la figura 5.

Su funcionamiento se basa en el movimiento relativo entre una garra fija y una garra móvil, conectada a una célula de carga para medir la fuerza aplicada. El movimiento es producido por un motor rotativo conectado a un husillo, por el cual se desplaza la garra móvil. La medición de la distancia entre ambas garras se consigue mediante un encoder acoplado al motor.

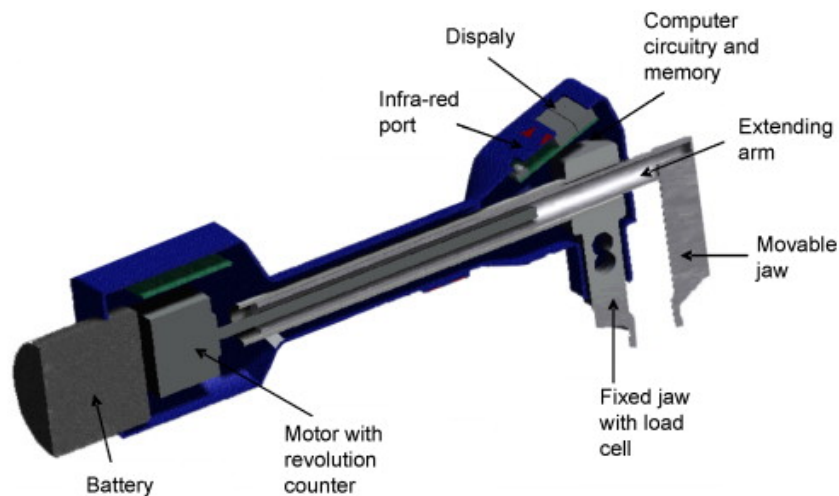


Figura 5. Omega Mesh Gauge

Otra posible alternativa es la sustitución del sistema de movimiento formado por el motor rotativo acoplado al husillo, por un actuador lineal que realice la misma función. Esto permite reducir el número de componentes necesarios, simplificando el diseño, pero manteniendo las mismas funcionalidades.

Las opciones de movimiento manual quedan descartadas debido a la larga duración de los ensayos (superior a una hora), lo que requeriría que el operador tuviera que estar ajustando la apertura del dispositivo para cada posición que se quisiera medir.

3.2 Diseño preliminar

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, se optará por el uso de un sistema de movimiento basado en un actuador lineal, dada su facilidad de diseño y elevada precisión.

Este sistema presenta el inconveniente de la baja tolerancia que presentan estos motores a los fenómenos de flexión producidos por cargas radiales o cargas excéntricas respecto del centro del vástago. Para mitigar este efecto, se diseñará un sistema que permita aumentar la apertura de las mallas a medida que se recoge el vástago del motor, de manera que la máxima fuerza aplicada al vástago se produzca cuando este esté recogido, limitando los daños que pueda sufrir.

A este dispositivo se le añadirán dos sujeciones, uno fijo y otro móvil conectado al vástago del motor que se encargará de proporcionar la apertura de malla deseada. Los datos de fuerza aplicada se recogerán a través de una célula de carga conectada a la sujeción fija, de tal forma que esté lo más separada posible del motor, reduciendo al mínimo las interferencias electromagnéticas que puedan influir en las mediciones.

La interacción entre los distintos dispositivos se realizará mediante un microcontrolador. Este dispositivo será el encargado de controlar el movimiento del motor a través de un driver, así como de recoger los datos de fuerza aplicada de la célula de carga a través de una interfaz de amplificación de células de carga. La alimentación de estos dispositivos se realizará a través de una batería externa dado su bajo coste y amplia disponibilidad.

Para la comunicación entre el usuario y el microcontrolador se desarrollará una interfaz gráfica que permita controlar el dispositivo de una manera sencilla e intuitiva.

Un diseño preliminar de la máquina se puede observar en la figura 6.

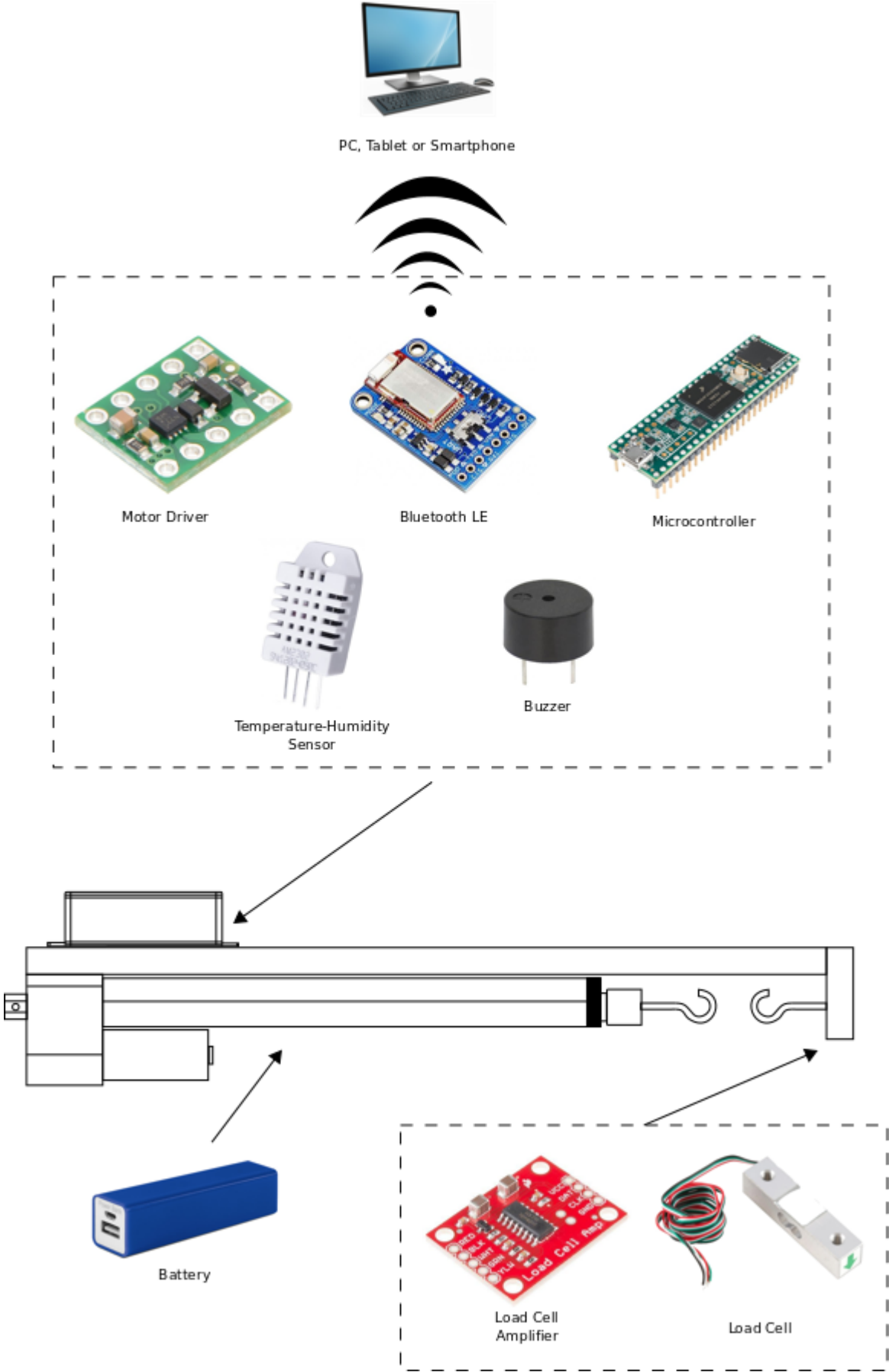


Figura 6. Diseño preliminar

4 SISTEMA DE CONTROL

Se entiende por sistema de control aquel que permite la interacción entre el usuario y el dispositivo, de manera que se pueda regular el funcionamiento del mismo. Estos sistemas suelen estar compuestos por un dispositivo de visualización de datos, una interfaz de control y un medio de comunicación.

4.1 Alternativas exploradas

En el mercado existen multitud de opciones para controlar dispositivos electrónicos, si bien la mayoría de ellos se pueden dividir en dos categorías: sistemas de control distribuido o a distancia, y sistemas de control embebido o empotrado. Ambas opciones y su idoneidad se recogen a continuación.

4.1.1 Control distribuido

Esta topología se caracteriza por emplear distintos procesadores o controladores para realizar distintas funciones. En esta configuración, uno o más controladores se encargan de realizar las tareas de procesamiento, mientras que la tarea de control se realiza a través de otro dispositivo conectado a estos.

El control de forma distribuida se basaría en la comunicación entre el microcontrolador y un dispositivo electrónico (smartphone, tablet o PC), desde el cual se enviarían las órdenes al microcontrolador.

Estos sistemas presentan la ventaja de permitir controlar el dispositivo de manera remota, pudiendo llevar a distancias de kilómetros dependiendo de la tecnología de comunicación utilizada, si bien presentan la desventaja de requerir de un mayor número de componentes electrónicos de mayor complejidad (y por tanto mayor coste), al de los sistemas embebidos.

4.1.2 Control embebido

En los sistemas de control embebido, los elementos de control y visualización forman parte del propio dispositivo, no requiriendo de ningún elemento auxiliar para el control del mismo.

Los sistemas más habituales para interactuar con un microcontrolador de manera autónoma disponibles en el mercado son las pantallas LCD. Estas pantallas son extremadamente baratas y consumen muy poca energía para su operación. Este tipo de soluciones se suelen emplear en proyectos en los que simplemente se requieren mostrar valores de sensores o comunicar algún tipo de información al usuario, pero se puede extender su funcionalidad para permitir la comunicación con el microcontrolador mediante la adición de una interfaz de comunicación con el microcontrolador, como puede ser un encoder y unos botones para interactuar a través de sencillos menús, o el uso de teclados matriciales.

Una mejora a esta tecnología son las pantallas OLED, que presentan una mayor resolución y una mayor tasa de refresco, si bien a cambio de un mayor coste de adquisición y un mayor consumo de energía.

Otra solución disponible es el uso de pantallas TFT. Estas pantallas permiten la utilización de archivos bitmap, además de disponer de entrada táctil, lo que permiten recoger las acciones del usuario sin necesidad de elementos externos a la misma.



Figura 7. Pantalla LCD (izquierda) vs TFT (derecha)

4.2 Solución adoptada

Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, y atendiendo a los requisitos del dispositivo a diseñar, en un principio se optó por la utilización de una pantalla TFT LCD con entrada táctil, pero debido a la librería tan limitada que presentan estos dispositivos, la creación de un menú de control de cierta complejidad resultaba una tarea lenta y laboriosa, con un resultado no muy vistoso.

Aunque el control del dispositivo era posible con la solución adoptada, llegando a realizarse varias pruebas antes de pasar a otra alternativa, el proceso de creación de los menús era muy tedioso al requerir crear cualquier elemento que se deseara introducir de manera manual, partiendo desde cero. Esto también hacía que cualquier modificación que se quisiera realizar en la interfaz requeriría el cambio de gran parte del código anterior, lo que consumiría mucho tiempo.

Dado que el resto de pantallas presentan librerías similares, y aunque la utilización de un teclado o una botonera permitiría facilitar en cierta medida la creación de los menús, la modificación de los mismos, en caso de querer realizar algún cambio, seguiría siendo bastante costosa en términos temporales.

A tenor de los resultados obtenidos con los sistemas embebidos, se ha optado finalmente por un sistema distribuido, empleando un módulo Bluetooth Low Energy como medio de comunicación.

Estos sistemas, al estar ejecutados sobre un ordenador o smartphone, permiten utilizar las librerías y herramientas gráficas de estos dispositivos para crear la interfaz, siendo estas mucho más potentes que las desarrolladas para los microcontroladores. Esto permite desarrollar interfaces gráficas más vistosas y configurables, al mismo tiempo que se gana facilidad de programación y edición.

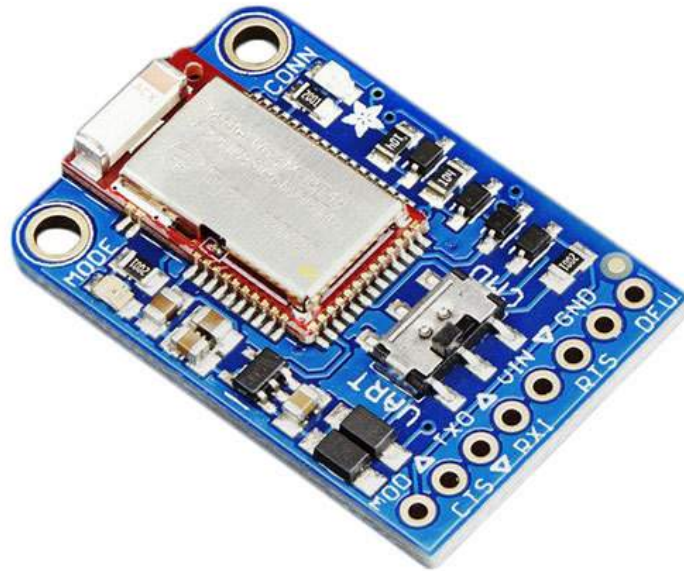


Figura 8. Módulo Bluetooth Low Energy

El módulo de comunicación Bluetooth LE se selecciona debido a su facilidad de configuración y bajo coste. Además esta tecnología presenta un consumo muy bajo sobre otras formas de comunicación inalámbrica, estando disponible en cualquier dispositivo electrónico moderno.

5 DISEÑO ELECTRÓNICO

Los componentes que forman la parte electrónica del dispositivo son los siguientes:

- Actuador lineal 300 mm de carrera, 50 kg de carga máxima
- Driver motor corriente continua
- Batería externa 5 V
- Pila botón 3 V
- Sensor de temperatura y humedad
- Zumbador
- Célula de carga 5 kg
- Interfaz amplificación célula de carga
- Módulo UART Bluetooth LE
- Microcontrolador 32 bits
- Tarjeta microSD 16 Gb

5.1 Microcontrolador

El MCU (Microcontroller Unit) es la parte central del diseño electrónico. Este componente es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar órdenes almacenadas en él, así como de realizar complejos cálculos matemáticos.

Los parámetros más importantes a la hora de escoger un microcontrolador u otro son:

- Bus de datos: 8, 16, 32 bits
- Capacidad de memoria: Tamaño de la memoria RAM y EEPROM en kilobytes
- Velocidad: Número de instrucciones a ejecutar por segundo. Depende de la frecuencia del oscilador del micro.
- Puertos: Puertos de entrada-salida de forma paralela y serial para comunicación externa.
- Módulos: Para conversión A/D, D/A, PWM, USB, CAN, I2C, SPI, UART, USART, etc.

Tanto el número de puertos necesarios, como los módulos requeridos vienen determinados por los periféricos que se van a controlar, siendo estos fácilmente determinables a través de las hojas de características del resto de componentes seleccionados.

La velocidad, y bus de datos vienen marcadas por el tipo de aplicación para la que se van a emplear el dispositivo. Si las aplicaciones requieren control en tiempo real, tratamiento de señales de alta frecuencia, o elevada carga computacional (tratamiento de imágenes, complejos cálculos matemáticos, etc.), de deben optar por velocidades de procesamiento y bus de datos de mayor capacidad.

La capacidad de memoria es la característica más difícil de estimar, ya que depende en gran medida de la programación que se utilice (líneas de código, librerías utilizadas, etc.), y esta no se suele conocer hasta etapas posteriores del diseño.

La memoria necesaria se puede estimar mediante la evaluación de una programación genérica, pero estos cálculos siempre presentan un amplio margen de error. Las compañías suelen solventar este problema mediante una comparación con otros proyectos similares almacenados en su base de datos.

Otra solución es el sobredimensionamiento del microcontrolador para un primer diseño. De entre todas las opciones de una misma familia de chips, se selecciona uno de los que mayor capacidad de memoria tenga, y una vez que se ha verificado todo el diseño, se sustituye este microcontrolador por otro de la misma familia que cumpla con los requisitos de manera más precisa.

Esta alternativa suele ser la más utilizada cuando no se disponen de datos previos, pero suele llevar aparejada un rediseño de la parte de hardware y software debido a pequeñas diferencias entre los distintos chips dentro de una misma familia.

En este proyecto, se van a requerir capacidades de cálculo, ya que el microcontrolador deberá de ser capaz de realizar una regresión no lineal con los datos obtenidos de los ensayos.

Así mismo, debe ser capaz de interactuar con los distintos sensores y actuadores de manera sencilla.

Teniendo esto en cuenta, se opta por un microcontrolador Teensy 3.5.

Esta placa de desarrollo cuenta con un procesador de 32 bits 120MHz ARM Cortex-M4 con unidad de coma flotante, 512K Flash, 192K RAM, 4K EEPROM, Real-Time Clock, ranura para MicroSD además de ser directamente compatible con los periféricos de código libre diseñados para Arduino.

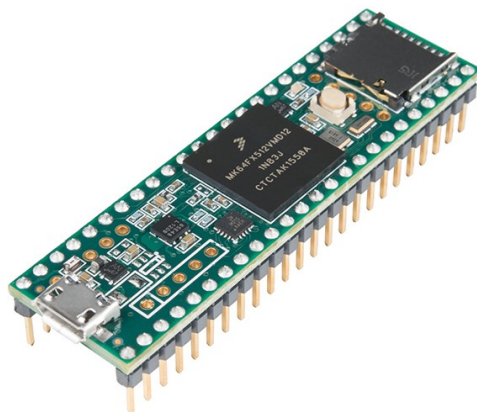


Figura 9. Placa de desarrollo
Teensy 3.5

5.2 Actuador lineal

El actuador lineal es el encargado de crear el movimiento de crear el movimiento de la máquina.

Para el presente proyecto, se requiere que el actuador tenga una carrera superior a 200 mm, así como una fuerza mínima de 10 kg, dada la longitud y resistencia de las mallas de las redes a ensayar.

Teniendo esto en cuenta, se opta por el uso de un actuador Glideforce LACT12P-12V-20 Light-Duty Linear Actuator with Feedback: 50kgf, 12" Stroke, 0.57"/s, 12V.

Este actuador lineal presenta una carrera de 300 mm, una fuerza de 50 kg, así como una velocidad máxima de 14.6 mm/s sin carga. Este actuador cuenta también con un

potenciómetro acoplado al servomotor, que sirve de realimentación para conocer la posición del mismo.



Figura 10. Actuador lineal Glideforce
LACT12P-12V-20

5.3 Driver de motor de corriente continua

Este componente es el encargado de controlar el actuador lineal. Los principales requisitos que debe cumplir son los de potencia máxima, y voltaje de funcionamiento. Así mismo, debe de contar con protección frente a reverse-voltage, under-voltage, over-current, y exceso de temperatura.

Atendiendo al motor seleccionado, se opta por el uso de un driver DRV8838, ya que además de cumplir con los requisitos de potencia y tensión de funcionamiento, aporta sistemas de protección anteriormente mencionados en un paquete 10-pin DIP de pequeño tamaño.

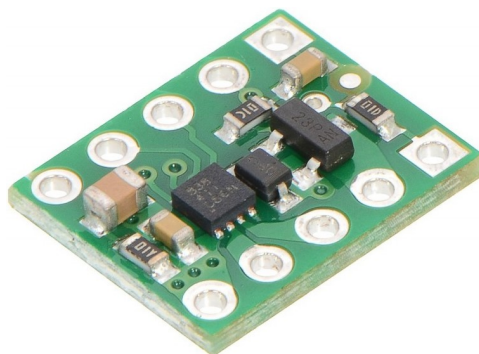


Figura 11. Driver DRV8838

5.4 Funcionamiento

La comunicación con el microcontrolador por parte del usuario se realiza a través del módulo Bluetooth, que permite el intercambio de información entre el dispositivo central y el microcontrolador.

El actuador lineal es el encargado de proporcionar la apertura de malla deseada mediante el movimiento de la sujeción móvil. La detección de la posición del actuador se realiza a través del potenciómetro acoplado al husillo del actuador. El control del motor por

parte del microcontrolador se realiza a través de un driver para motores de corriente continua.

La medición de la fuerza se realiza a través de la célula de carga, cuya señal es enviada al microcontrolador previa etapa de amplificación.

Con las señales recibidas de la célula de carga y del potenciómetro del actuador, el microcontrolador calcula los valores de fuerza y apertura de la red, que serán almacenados en la tarjeta microSD, junto con los valores de temperatura y humedad recogidos al principio del ensayo.

El final del ensayo se marca mediante la señal sonora enviada por el zumbador.

Todos los componentes anteriormente mencionados son alimentados con una batería externa de 5 V, dados su alto ratio capacidad/precio y su facilidad de remplazo. La batería de 3 V se utiliza para alimentar el microcontrolador cuando el dispositivo está en reposo, de manera que el microcontrolador no pierda los parámetros almacenados entre ensayo y ensayo.

Adicionalmente a los componentes listados, también se ha incorporado un condensador entre las salidas del driver del motor para reducir el ruido de alta frecuencia producido por la conmutación de los transistores del driver y las escobillas del motor mientras este está en funcionamiento debido a su carácter inductivo.

Experimentalmente se ha comprobado que las perturbaciones producidas por el movimiento del motor introducía picos de tensión de hasta 6.6 V pk-pk, lo que producía daños en el resto de componentes del circuito. En la figura 12 se puede observar la solución empleada.

Una vez introducido el condensador, la tensión máxima entre picos se redujo a valores de 500 mV, lo que no representa ningún riesgo para el resto de componentes,

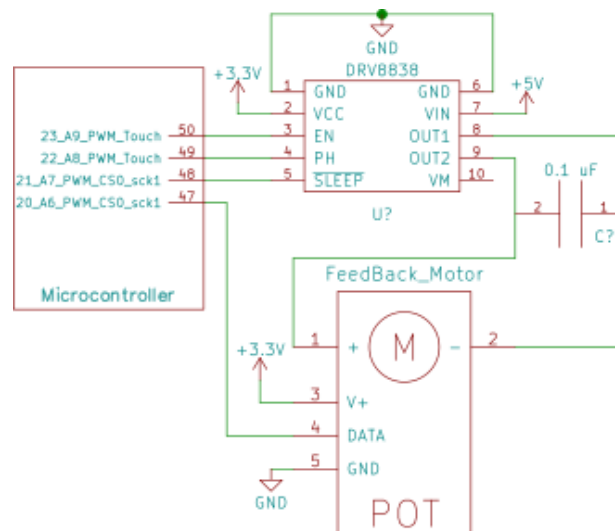


Figura 12. Circuito de control del motor

En el Anexo 1. se puede observar el circuito electrónico completo de la máquina.

6 CONEXIONES ELÉCTRICAS

En la actualidad existen múltiples sistemas de conexión para las distintas tipologías de cables empleadas en la transmisión de señales eléctricas. Generalmente, los conectores se agrupan en función del tipo o tipos de señal que se desean transmitir (cables de datos, de potencia o mixto) o según la aplicación para la que fueron diseñados (audio, video, radiofrecuencia, uso general.).

En cada una de las categorías anteriores existen multitud de variantes del mismo conector, debido a que las compañías añaden pequeños cambios para patentar el nuevo producto baso su nombre, o para cubrir las posibles configuraciones que se pueden plantear, como el número de señales por conector o la posición u orientación de los mismos.

A pesar de esta gran variedad de opciones, a nivel industrial y profesional existen ciertas opciones consideradas estándar, delegando el uso de otras alternativas para casos especiales.

A continuación se recogen algunas de las soluciones más extendidas para la transmisión de múltiples señales eléctricas.

6.1 Conectores JST

Estos conectores son diseñados según los estándares originalmente desarrollados por J.S.T. Mfg. Co. (Japan Solderless Terminal. JST fabrica numerosas variantes de estos conectores en función de la serie, número de pines y distancia entre los mismos.

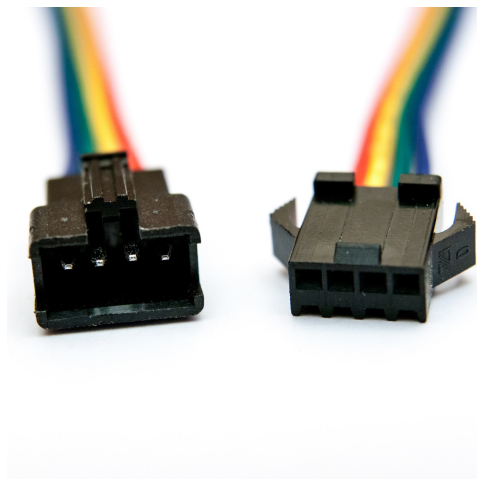


Figura 13. Conector JST

Los conectores JST son utilizados en gran variedad de productos, y son comúnmente empleados por los aficionados a la electrónica y productos destinados al consumidor como baterías recargables o servomotores.

6.2 Conectores Molex

Desarrollados por la compañía Molex Connector Company a inicios de 1960, este tipo de conectores se convirtieron en un estándar de manera muy temprana.

Aunque inicialmente se emplearon para aplicaciones domésticas, otras compañías rápidamente comenzaron a incorporar esta solución en sus diseños para automóviles o miniordenadores.

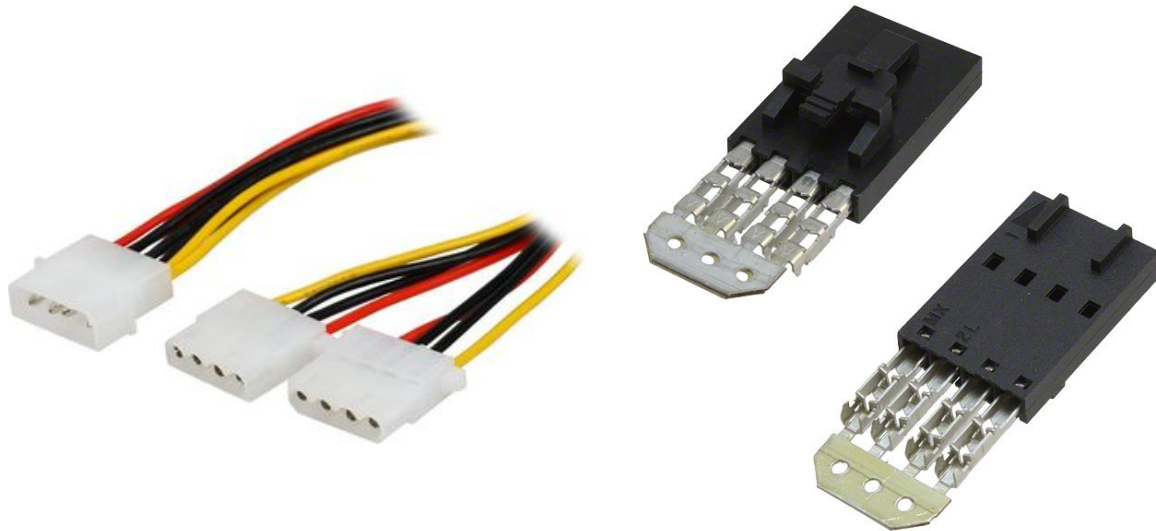


Figura 14. Conector Molex

Al igual que los conectores JST, los conectores Molex se basan en un sistema de interconexión pin y ranura. En este tipo de conexiones, un pin cilíndrico metálico encaja en una ranura metálica cilíndrica. El pin y la ranura se encastran en una matriz rectangular de Nylon para su protección.

Este tipo de conectores no son adecuados para exteriores o ambientes industriales, ya que la protección que presentan ante salpicaduras, suciedad o polvo, así como interferencias electromagnéticas es muy limitada.

6.3 Conectores circulares

Se conocen mediante esta designación a cualquier conector eléctrico que posea interconexiones multipolo con contacto circular con carcasas de contacto cilíndricas y geometrías de interfaz de contacto circular.



Figura 15. Conectores circulares

Los conectores circulares se caracterizan por su facilidad de enganche y desenganche, su capacidad para alojar convenientemente diferentes tipos de contactos, su amplia gama de tensiones y corrientes permitidas, su alto índice de protección ambiental y su rendimiento mecánico.

Este tipo de conectores son los más empleados en aplicaciones militares, aeroespaciales y otras aplicaciones de alta fiabilidad.

La principal desventaja de estos conectores respecto de los conectores rectangulares es la pérdida de espacio cuando se utilizan múltiples conexiones.

6.4 Solución adoptada

Como se mencionó en los apartados anteriores, los conectores JST y Molex no son adecuados para ambientes agresivos, ya que la zona del conector no presenta casi ninguna protección contra agentes externos. Dado que los ensayos de las redes se realizarán al aire libre, en ambientes marinos o cercanos al mar, el grado de protección de los conectores es crucial, por lo que se seleccionan los conectores circulares para el sistema de conexión eléctrico.

Para el cableado eléctrico se empleará cable multiconductor apantallado para mayor protección frente a interferencias, excepto en la conexión de la batería que debido al tipo de conexión que presenta, requiere de un cable con conector microUSB.

7 AUTONOMÍA

Con los componentes anteriormente mencionados, se puede calcular la autonomía teórica que tendrá el dispositivo, es decir, el número de ensayos que se pueden realizar con una única carga de la batería.

En la tabla 1 se recogen los consumos eléctricos de cada uno de los componentes seleccionados.

	Teensy 3.5	Actuador	Módulo HX711	Sensor DHT 22	Zumbador	Bluetooth
Corriente (mA)	35	260	1.5	1.5	9	1.86
Tiempo (s)	3600	360	3600	1	5	3600
Carga (mAh)	35	26	1.5	0.00042	0.0125	1.86
					Carga (mAh)	64.37

Tabla 1. Cálculo teórico de la energía consumida por ensayo

Para el cálculo de la carga de los distintos componentes, se ha supuesto que estos están operando al máximo valor dado por las hojas de características, excepto para el actuador y el módulo Bluetooth que se midieron experimentalmente, dado que las hojas de características no mostraban los valores de corriente para la configuración empleada de los mismos.

También se ha supuesto que la duración de un ensayo es de una hora, repartiéndose los tiempos de funcionamiento de cada componente como se recoge en la tabla 1.

Sumando la carga eléctrica de cada uno de los distintos componentes, se obtiene un valor teórico por ensayo de 64.37 mAh.

La capacidad de la batería seleccionada es de 6000 mAh, por lo que, el número de ensayos que teóricamente se pueden realizar con una única carga de la batería, teniendo en cuenta los datos anteriores, es de 93 ensayos.

8 DISEÑO FINAL

Las ideas mencionadas en los apartados anteriores se recogieron en un modelo de CAD completo de la máquina para evaluar su viabilidad constructiva. Este modelo cuenta con los modelos comerciales y los distintos elementos fabricados para la completa definición de la máquina, a excepción de las conexiones eléctricas, que se han dejado fuera para una mayor simplicidad del modelo y debido a la escasa complejidad de ajuste de estos una vez el resto de los elementos se han diseñado correctamente.

En los subsiguientes apartados se muestran distintas partes de interés de la máquina, así como el modelo completo de la misma.

8.1 Mordaza fija

La sujeción fija está compuesta por el sistema de agarre de la red, la célula de carga encargada registrar el valor de fuerza aplicado en cada momento, la interfaz de ampliación de la célula y la envolvente de protección.

El diseño seleccionado se muestra en la figura 16. En este diseño la célula de carga se coloca debajo del amplificador, que se encuentra apoyado sobre unos espaciadores de latón de tal forma que no esté en contacto con la célula de carga para evitar perturbaciones en la medición. El perfil de aluminio situado en la parte inferior del montaje sirve para ajustar la posición vertical relativa entre la sujeción fija y la móvil, de manera que ambas sujeciones se puedan alinear una vez montadas.

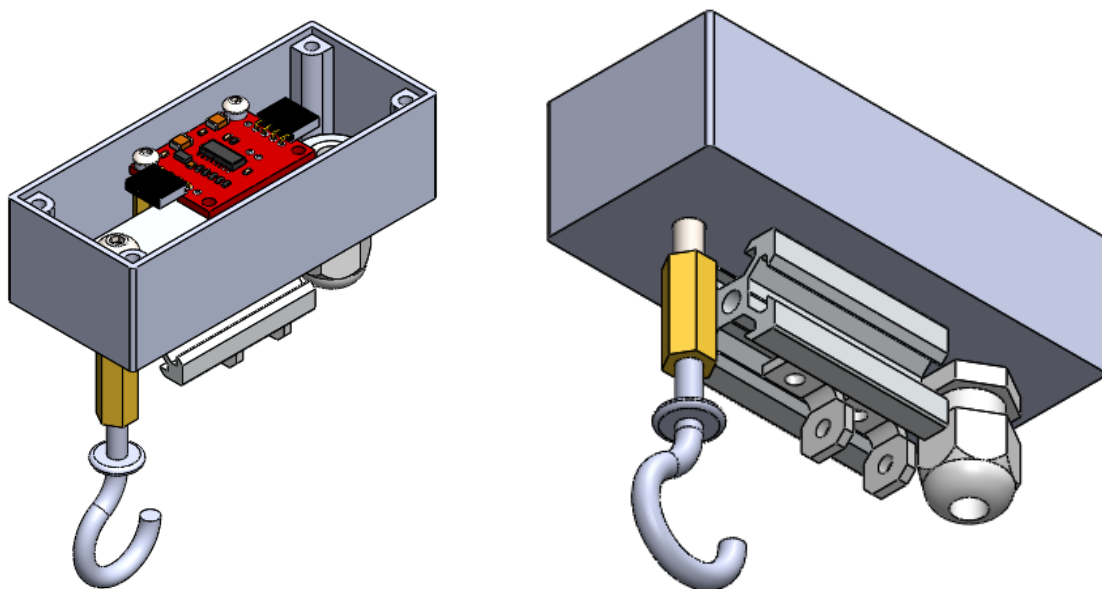


Figura 16. Diseño sujeción fija

Para el paso de las conexiones eléctricas se ha planteado el empleo de una prensaestopa, que permite el aislamiento del interior de la caja de las condiciones ambientales exteriores. Este elemento también permite proteger las uniones entre los cables eléctricos y los componentes del interior de las posibles tensiones mecánicas a las que

estén sometidos los cables. Al apretar la presaestopa contra el cable, las tensiones del cable se transmitirán a esta en lugar de a los componentes electrónicos, protegiendo dichos componentes de posibles daños mecánicos.

8.2 Mordaza móvil

La mordaza móvil va unida al vástago del motor y es la encargada de desplazar la red durante los ensayos. Esta mordaza está compuesta por una pieza de agarre de la red y un sistema de fijación de dicha pieza al vástago. Para la pieza de agarre se diseñó una hembrilla de roca métrica dada su disponibilidad comercial y fácil adaptación, mientras que la conexión entre la pieza de agarre el vástago del motor se tendrá que mecanizar de dos piezas metálicas.

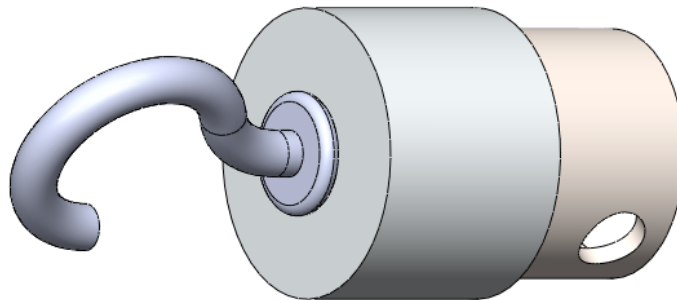


Figura 17. Mordaza móvil

La unión entre estas dos piezas del motor se realizará a través de un tornillo alojado en el agujero realizado a la mordaza y la ranura que presenta el vástago del motor para el acoplamiento de sujeciones.

8.3 Apoyos

Los apoyos de la máquina son los encargados de sostener la máquina y mantenerla en equilibrio durante los ensayos.

Para esta máquina se diseñaron unos apoyos sencillos, basados en unas varillas roscadas ancladas a la estructura principal, rematadas con unos topes de goma en la zona de contacto con el suelo.

En la figura 18 se puede ver uno de los apoyos empleados.



Figura 18. Diseño de los apoyos de la máquina

La regulación de la altura del apoyo se realiza al enroscar más o menos la varilla en la pletina anclada a la estructura de la máquina.

8.4 Electrónica

Los componentes electrónicos, (a excepción de la interfaz de amplificación de la célula de carga que, se sitúa en la mordaza fija), irán soldados a una placa microperforada para realizar las conexiones entre los distintos componentes. Esta placa irá situada en el interior de una caja eléctrica que los proteja de los agentes ambientales.

Se ha optado por situar la batería debajo del motor para ahorrar espacio y poder seleccionar una caja de un tamaño menor. El diseño de esta parte se puede ver en las figuras 19 y 20.

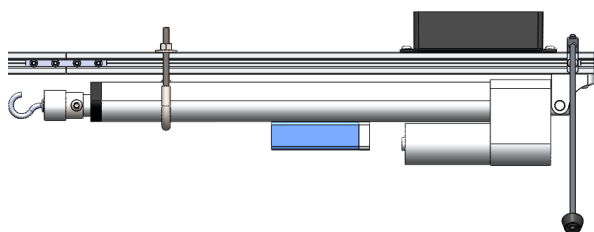


Figura 19. Emplazamiento batería

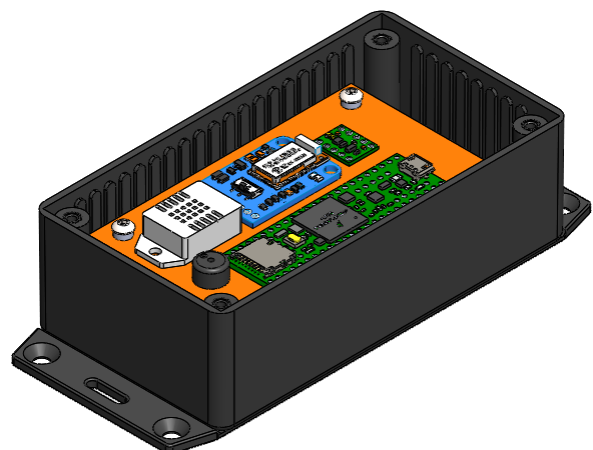


Figura 20. Caja de componentes electrónicos

8.5 Diseño final

A continuación se muestra el modelo completo de CAD de la máquina.

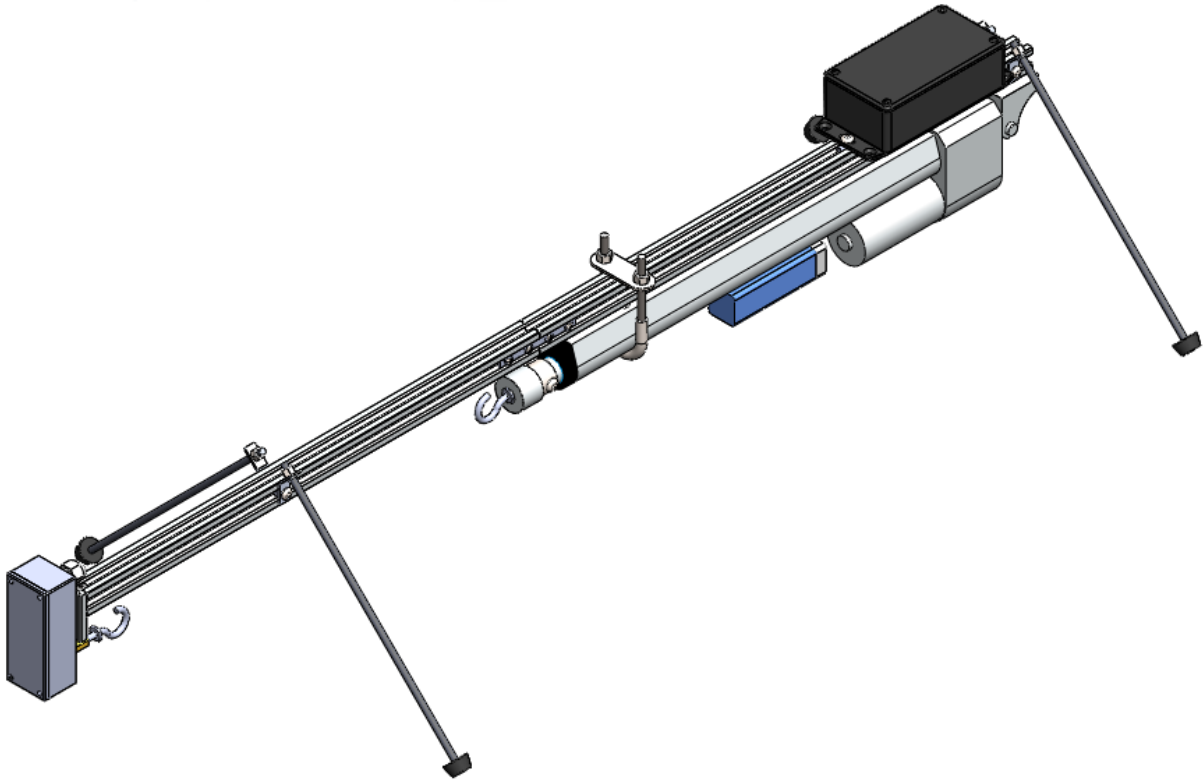


Figura 21. Diseño final de la máquina

Los planos de la máquina se pueden ven en el Anexo 4.

9 PROGRAMACIÓN

La programación del proyecto se puede dividir en dos partes: el código que se ejecuta en el microcontrolador, cuyo objetivo es llevar a cabo las tareas programadas, y la interfaz HMI, con la cual el usuario podrá conectarse al dispositivo, cambiar los parámetros de los ensayos y controlar el funcionamiento del dispositivo.

9.1 Microcontrolador

El microcontrolador está programado en C/C++, con las funcionalidades proporcionadas por las librerías disponibles para cada componente.

En concreto, las librerías necesarias para compilar el código, son las siguientes:

- Wire – Comunicación con dispositivos I2C/ TWI
- HX711 – Interfaz de conexión con el convertidor de 24 bits ADC (Analog to Digital Converter) Avia Semiconductor HX711
- Adafruit_Sensor – Capa de abstracción para manipulación de sensores
- DHT – Librería para la serie de sensores de la familia DHT
- Time – Habilidades de manipulación y control del tiempo
- SD – Escritura y lectura de datos de tarjetas SD

El código está basado en una serie de parámetros que se pueden modificar por el usuario, y una serie de funciones que permiten realizar diferentes acciones.

Los parámetros que se pueden modificar son los relativos a las características físicas de los componentes, como la carrera del actuador o rango del potenciómetro, así como los relativos a la ejecución de los distintos ensayos, como puede ser la apertura de la red para cada punto.

Las funciones permiten realizar diferentes acciones, pudiendo calibrar alguno de los componentes que forman el dispositivo, como la interfaz de amplificación de la célula de la carga, obtener las características constructivas del motor (carrera y límites del potenciómetro), o ejecutar alguno de los ensayos programados.

En el código del microcontrolador también se ha implementado un controlador PID, que se encarga de regular la posición, velocidad y aceleración del actuador lineal en los distintos ensayos. El control se realiza mediante la modulación por ancho de pulsos de la señal PWM del microcontrolador que activa y desactiva la salida del driver del motor.

En el Anexo 2. se recoge el funcionamiento del microcontrolador de forma esquemática.

9.2 Interfaz HMI

La interfaz de usuario (GUI) está escrita en C++ y Javascript, utilizando el framework multiplataforma Qt.

A continuación se detallan la configuración empleada para compilar el código:

- Sistema operativo – Solus 3.9999
- Qt – 5.11.0
- Compiler – GCC 7.3.0

- Debugger – GDB 8.0.1
- Modules – Qt Core, Qt GUI, Qt Quick, Qt QuickControls 2, Qt Bluetooth, Qt Charts
- Libraries –

linux-vdso	libQt5QuickControls2	libQt5Quick	libXdmcpc
libQt5Charts	libQt5Widgets	libQt5Gui	libQt5Qml
libQt5Network	libQt5Bluetooth	libQt5Core	libGL
libpthread	libstdc++	libm	libgcc_s
libc	libQt5QuickTemplates2	libpng16	libharfbuzz
libz	libssl	libcrypto	libQt5DBus
libsystemd	libicu18n	libicuuc	libicudata
libpcre2-16	libdl	libgthread-2.0	libglib-2.0
libGLX	libGLdispatch	libfreetype	libgraphite2
libdbus-1	librt	liblzma	libgcrypt
libpcre	libX11	libbz2	libgpg-error
Libxcb	libXau		

Su diseño está basado alrededor de cuatro menús desde los que se puede configurar y controlar el dispositivo.

Una vez conectado al módulo Bluetooth, la interfaz permite variar los parámetros constructivos de la máquina, así como los parámetros de ensayo. Si estos parámetros no son introducidos, se tomarán los programados por defecto del microcontrolador. Tras seleccionar los valores de configuración, se puede comenzar a realizar ensayos a través del menú correspondiente.

En la figura 22 se pueden observar algunas imágenes de la interfaz HMI. En el Anexo 3. se recoge el diagrama de clases correspondiente a a la interfaz.

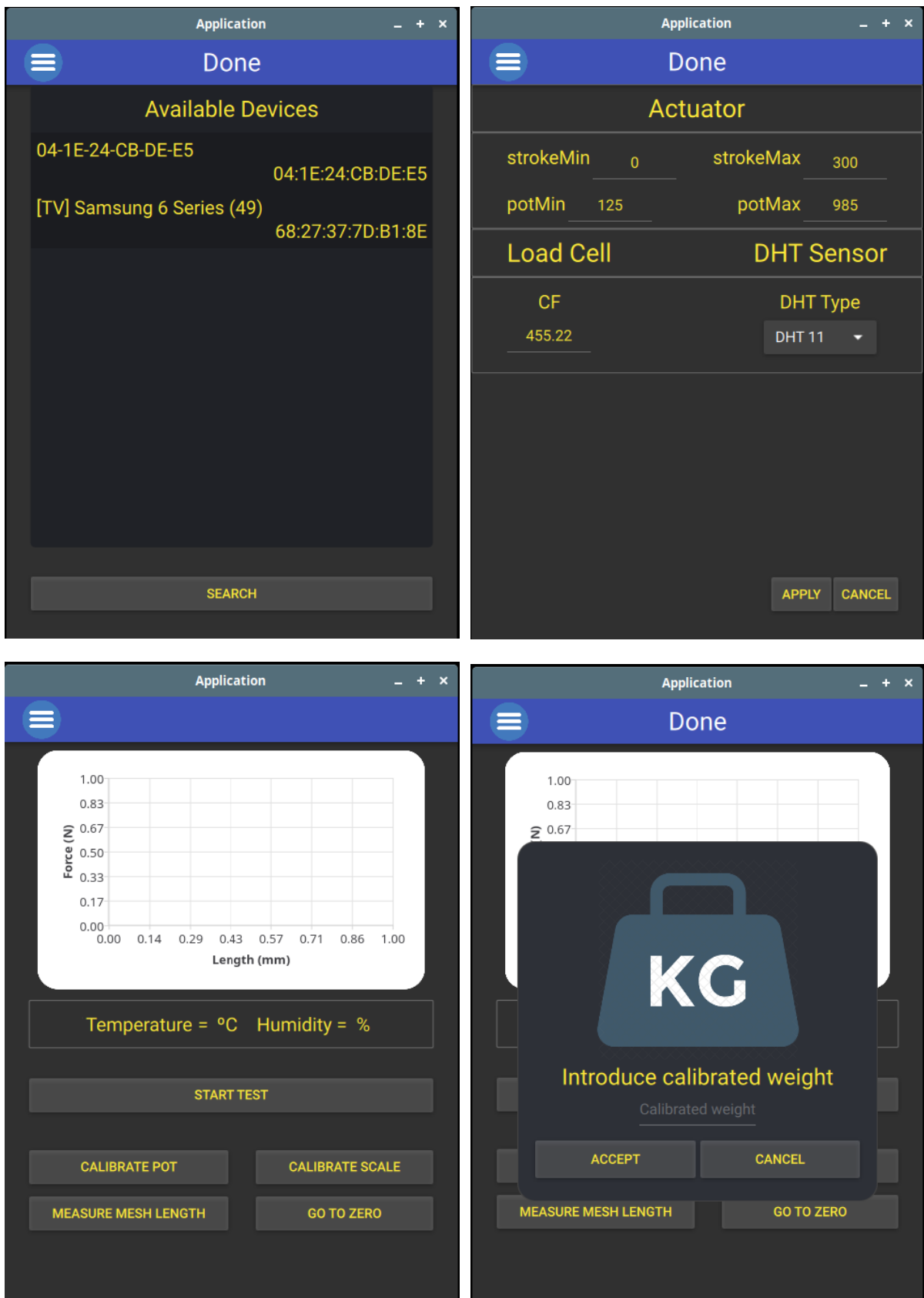


Figura 22. Interfaz gráfica

10 PROTOTIPO

Atendiendo al diseño anteriormente descrito, se construyó un prototipo de la máquina para comprobar su viabilidad.

A continuación se muestran algunas de las imágenes de los detalles constructivos de dicho prototipo.

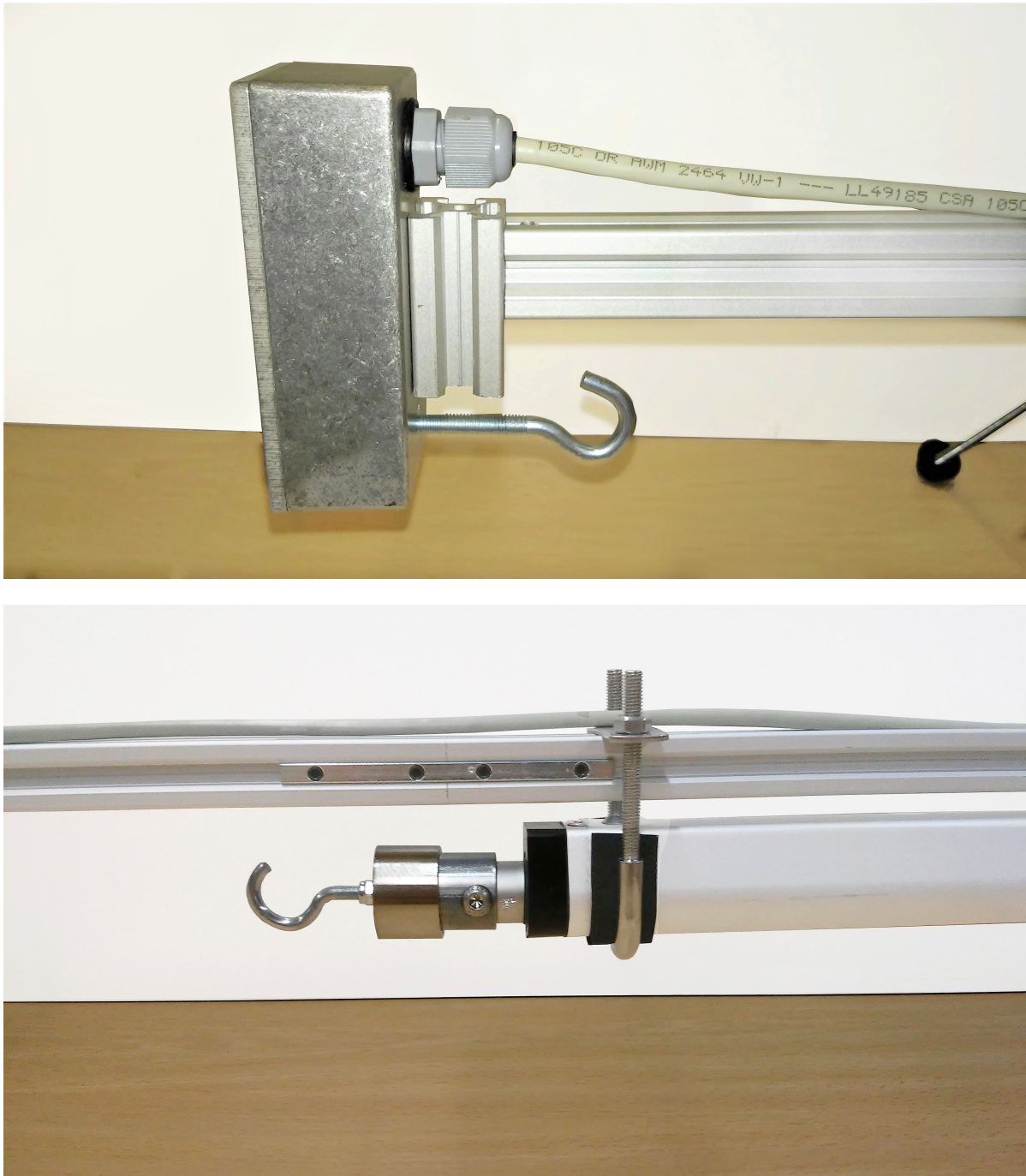


Figura 23. Detalles constructivos del prototipo

El prototipo completo se puede observar en la figura 24



Figura 24. Prototipo completo

11 CALIBRACIÓN

Tras finalizar la construcción del prototipo, y comprobar el correcto funcionamiento de todos los componentes de la máquina, se realizó una calibración de la interfaz de amplificación de la célula de carga, así como del potenciómetro del actuador.

11.1 Módulo amplificación célula de carga

La librería del módulo de amplificación permite modificar 2 valores de la medición de la fuerza, que son el valor de fuerza en vacío y un factor de conversión de voltaje a la unidad de medida deseada, llamado Factor de Calibración (CF).

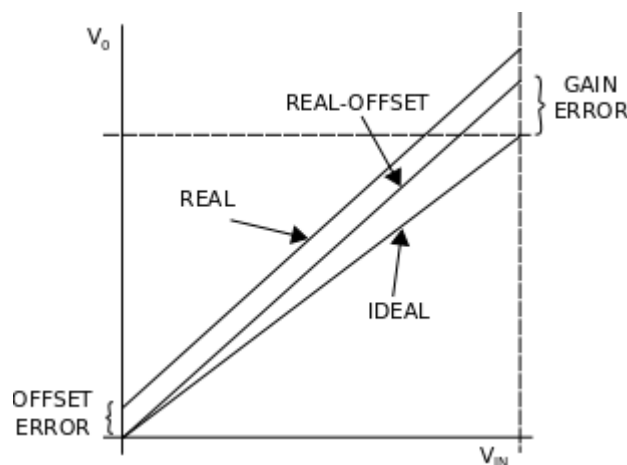


Figura 25. Error de offset y error de ganancia

Esto permite ajustar la función de transferencia del módulo para que reproduzca de manera fidedigna los valores de fuerza aplicados a la célula (Figura 25).

Estos dos valores están intrínsecamente ligados a la célula y amplificador empleados, por lo que cualquier modificación o sustitución en alguno de esos componentes requeriría una recalibración del conjunto.

El procedimiento de calibración del módulo de amplificación se explica a continuación.

- Una vez removida toda carga aplicada a la mordaza móvil, se ejecuta el comando de calibración de la célula de carga en la interfaz de control. Una vez comenzada la calibración, el programa corregirá de manera automática el error de offset mediante el tarado a cero de la interfaz de amplificación.
- Posteriormente se le pedirá al usuario que introduzca el valor de la carga que se aplicará en la célula de carga, y una vez introducido dicho valor y aplicada la carga, se calculará el nuevo CF.

En la figura 26 se puede observar el montaje empleado para la calibración.

11.2 Actuador lineal

Para la calibración del actuador solo se necesita medir la distancia entre los agarres de la red para los casos de mínima y máxima extensión del actuador. Una vez introducidos

esos parámetros en la interfaz de configuración, el microcontrolador ya transforma de manera automática esas distancias medidas en los valores correspondientes del potenciómetro, mapeando las posteriores distancias al sistema de referencia del actuador.



Figura 26. Calibración interfaz de amplificación
célula de carga

12 ASPECTOS A MEJORAR

12.1 Programación microcontrolador

Como se explicó anteriormente, el movimiento del motor se realiza a través de un controlador PID programado en el mismo. Este controlador se había calibrado para un motor anterior, con diferentes velocidades y rango del potenciómetro, por lo cual, para el actuador finamente seleccionado, el movimiento no es tan preciso como se podría conseguir mediante la correcta selección y calibración de las constantes del controlador.

Los parámetros del controlador se pueden cambiar desde la interfaz HMI, pero sería deseable que las constantes fueran más precisas en la configuración por defecto.

12.2 Sistema de comunicaciones

El sistema actual de comunicación entre la interfaz de control y el microcontrolador no cuenta con ningún sistema de control de flujo, lo que provoca que el sistema no reaccione cuando se produce un fallo en las comunicaciones.

Este sistema se ha comprobado que es bastante fiable cuando la información a intercambiar no es muy extensa o no se envían muchos datos de manera consecutiva, pero que esto deja de ser cierto para las situaciones anteriormente descritas, debido a la poca robustez del bloque UART del chip nRF51822, que hacía que su sistema FIFO (First in First Out) se saturara muy rápido.

Para disminuir la tasa de error del sistema de comunicaciones, se podría implementar el sistema de control de flujo que posee el módulo de Bluetooth LE empleado. Este sistema de control se basa en el uso de los pines CTS y RTS del módulo.

El pin CTS (Clear to Send) se usa para permitir el envío de información desde el MCU al módulo Bluetooth. Actualmente está conectado a tierra, con lo cual el microcontrolador puede enviar siempre datos hacia el módulo, aún cuando esto no es necesario. Una mejor práctica sería poner a 0 este pin únicamente cuando se necesitase transmitir información por parte del microcontrolador.

El pin RTS (Read to Send) se usa para establecer cuando es adecuado enviar datos al Bluetooth por parte del dispositivo central. En el sistema de comunicaciones actual, este pin no se usa, con lo cual el dispositivo central puede comunicarse con el Bluetooth en cualquier momento, lo que puede ocasionar colisiones en caso de que el MCU esté transmitiendo en ese momento.

12.3 Conexiones electrónicas

Actualmente los componentes electrónicos están conectados a través de una placa microperforada, ya que este es un método rápido y versátil para el desarrollo de prototipos, pero no resulta adecuado para diseños profesionales.

Una mejor solución sería el uso de una placa PCB (Printed Circuit Board), ya que estas placas se diseñan para los componentes específicos que se van a emplear, permitiendo reducir el espacio empleado, así como realizar unas uniones entre componentes de mayor calidad.

12.4 Apoyos de la máquina

Los apoyos diseñados en la versión de CAD no se comportan de manera adecuada una vez implementados en el prototipo debido a las holguras que presentan las roscas de la varilla y la pletina de unión. Además, la rigidez de las pletinas es bastante baja, por lo cual el propio peso de la máquina hace que cedan ligeramente cuando la máquina está completamente ensamblada, lo que unido a la propia deformación de los tacos de goma apoyados en el suelo, hace que el sistema no sea tan rígido como sería deseable.

Un diseño alternativo al planteado, que solucione los problemas anteriormente mencionado, sería la sustitución de las pletinas y la varilla roscada por unos trozos de perfil de aluminio formando una "U". En este caso, en vez de los tacos de goma, se acoplarían unas pies comerciales al final de los perfiles.

Este diseño se puede ver en la siguiente figura.

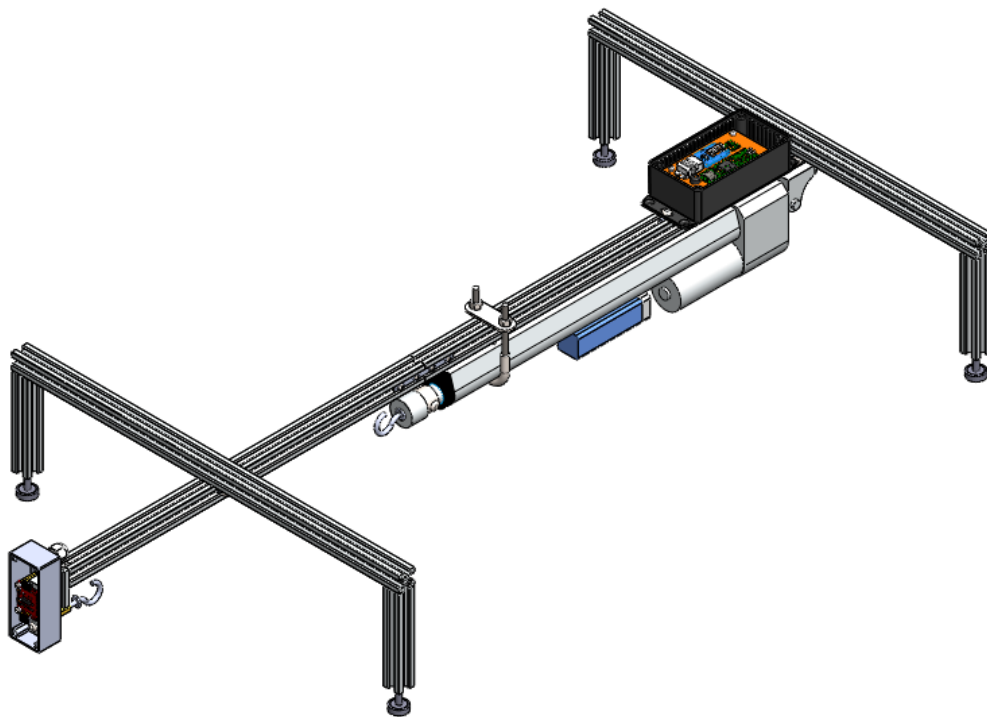


Figura 27. Diseño de apoyos alternativo

12.5 Calibración del motor

Como se dijo anteriormente, la calibración del motor solo requiere la medición de la distancia entre los dos agarres de la red. Si bien esto es factible, la geometría de las mismas hace que esta medición sea difícil de realizar o que se pueden producir errores en la medida.

Para aumentar la precisión de la calibración, se podría diseñar una regla mecanizada que presentara dos ranuras interiores con una distancia conocida. El nuevo ensayo consistiría en hacer que el actuador se moviera hasta que los agarres tocaran en las ranuras, guardando los valores del potenciómetro para dichas distancias.

Este ensayo presenta la ventaja de que las ranuras ya contaría con una geometría adecuada para los agarres, y la distancia sería conocida con precisión.

En la figura 28 se muestra un diseño preliminar de un posible patrón de medida.

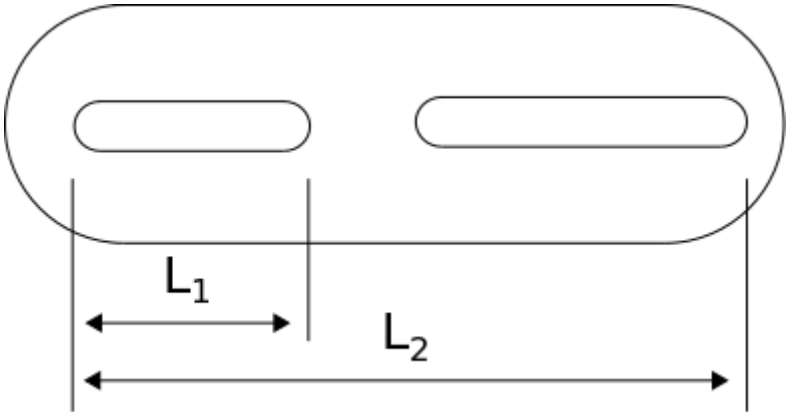
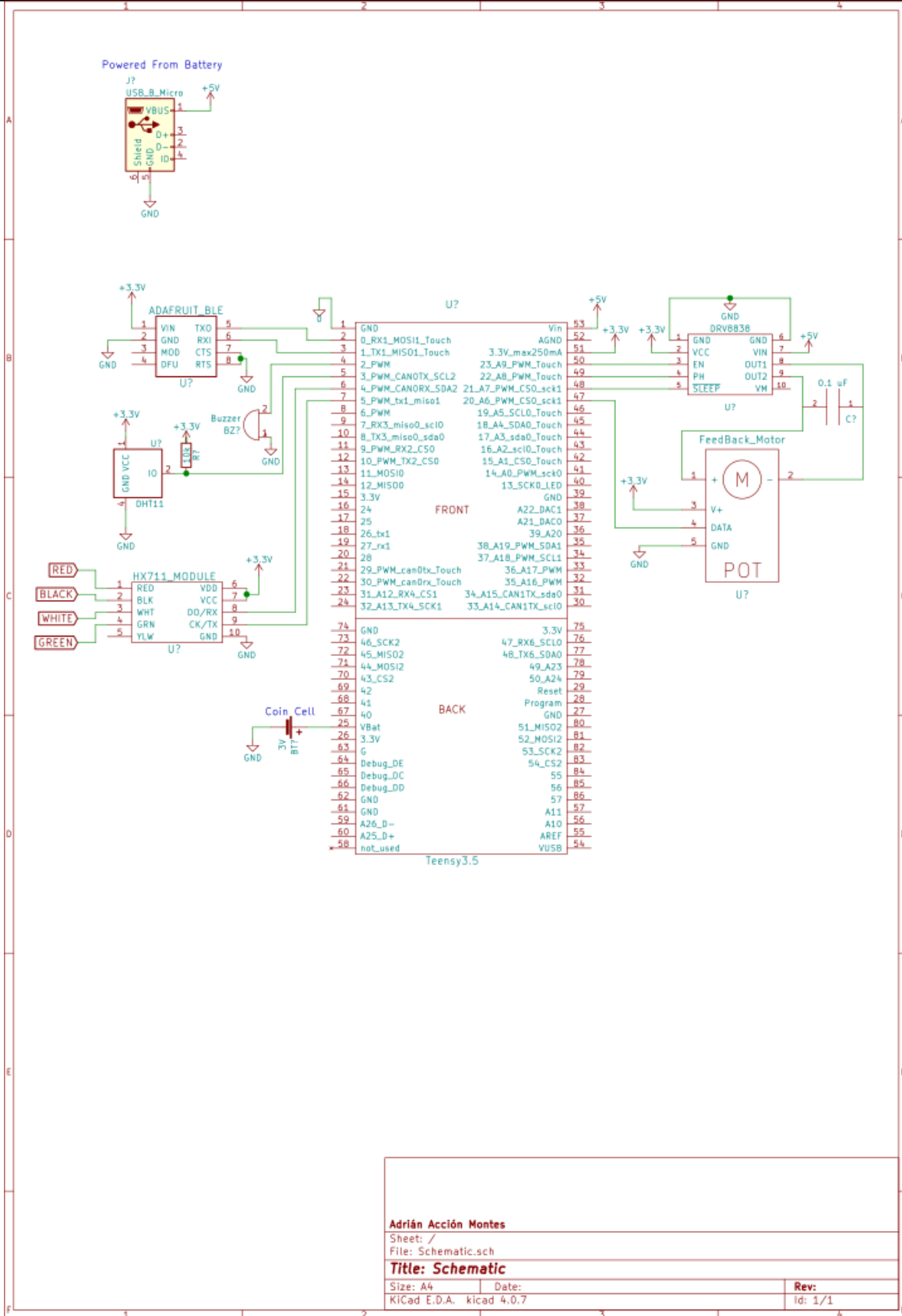


Figura 28. Patrón de calibración del actuador

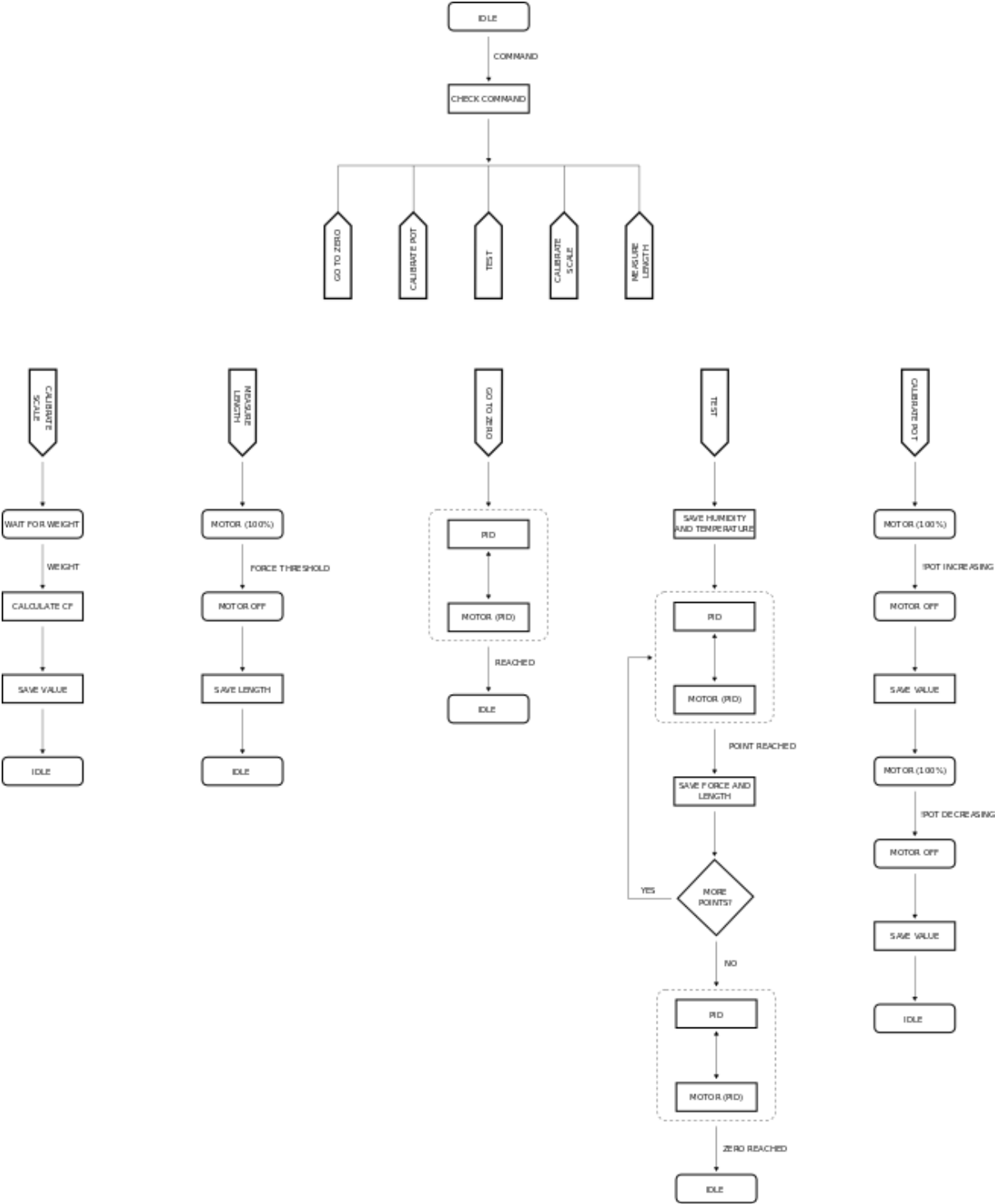
ANEXO 1. CIRCUITO ELECTRÓNICO

Anexo 1. Circuito electrónico
 Adrián Acción Montes

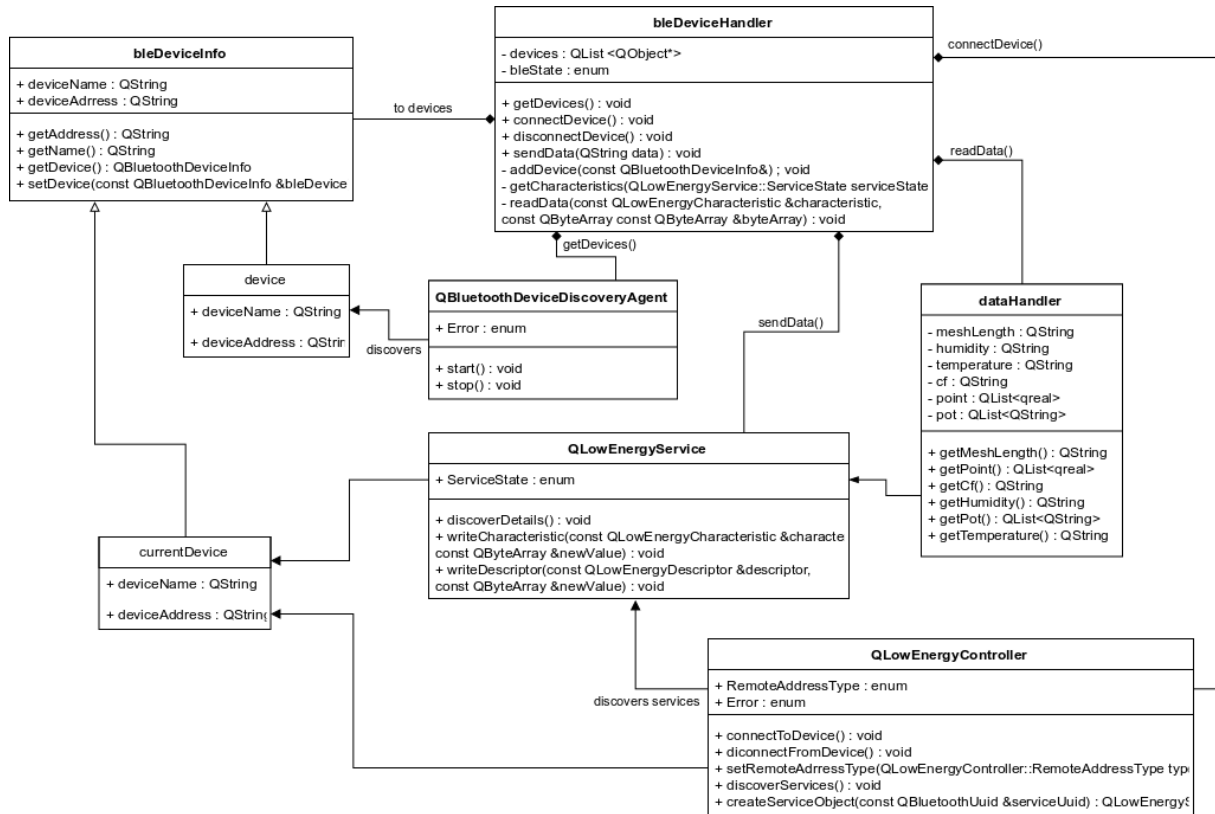


Adrián Acción Montes
 Sheet: /
 File: Schematic.sch
Title: Schematic
 Size: A4 Date: Rev:
 KiCad E.D.A. kicad 4.0.7 Id: 1/1

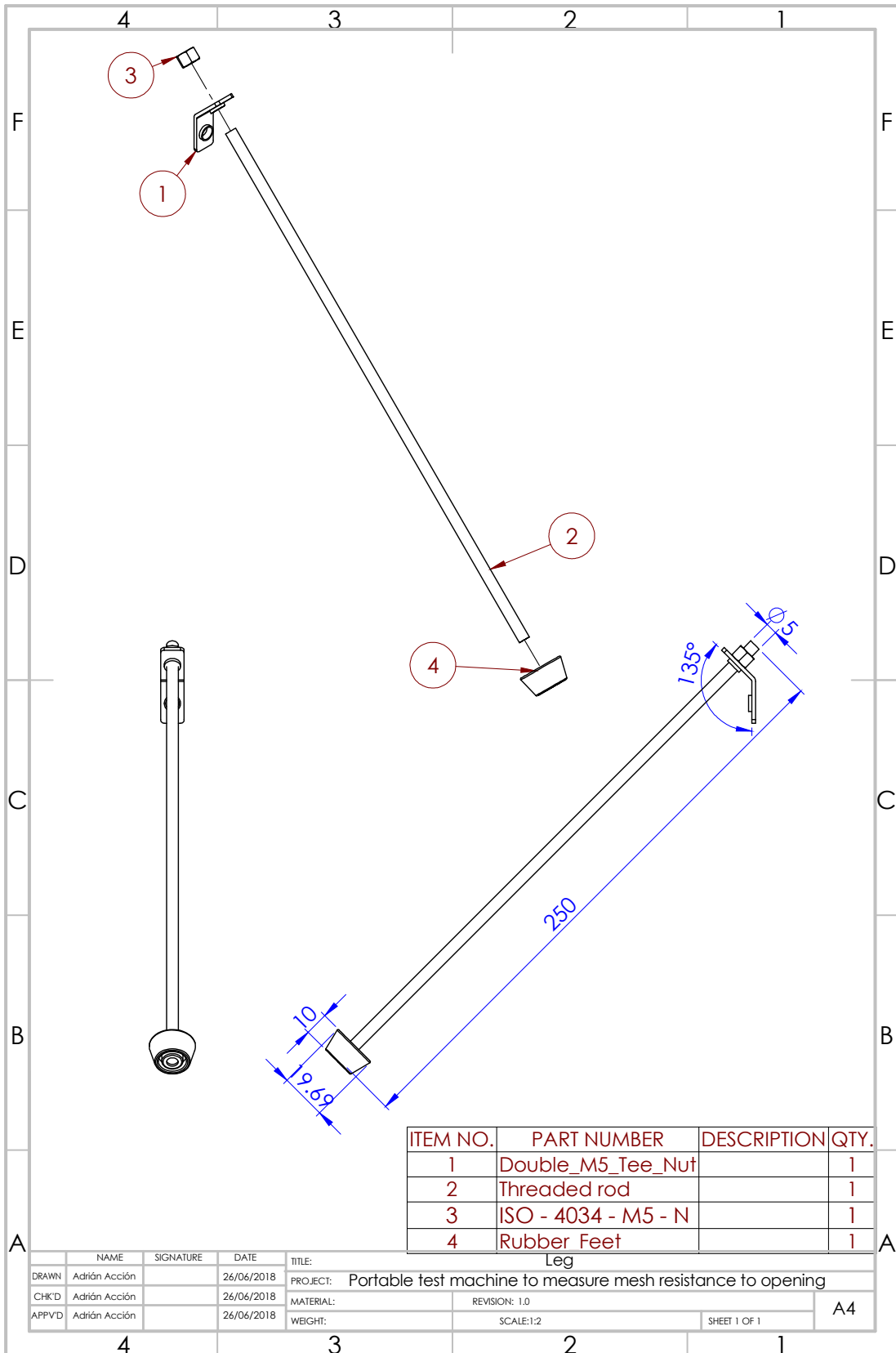
ANEXO 2. PROGRAMA MICROCONTROLADOR



ANEXO 3. DIAGRAMA DE CLASES GUI

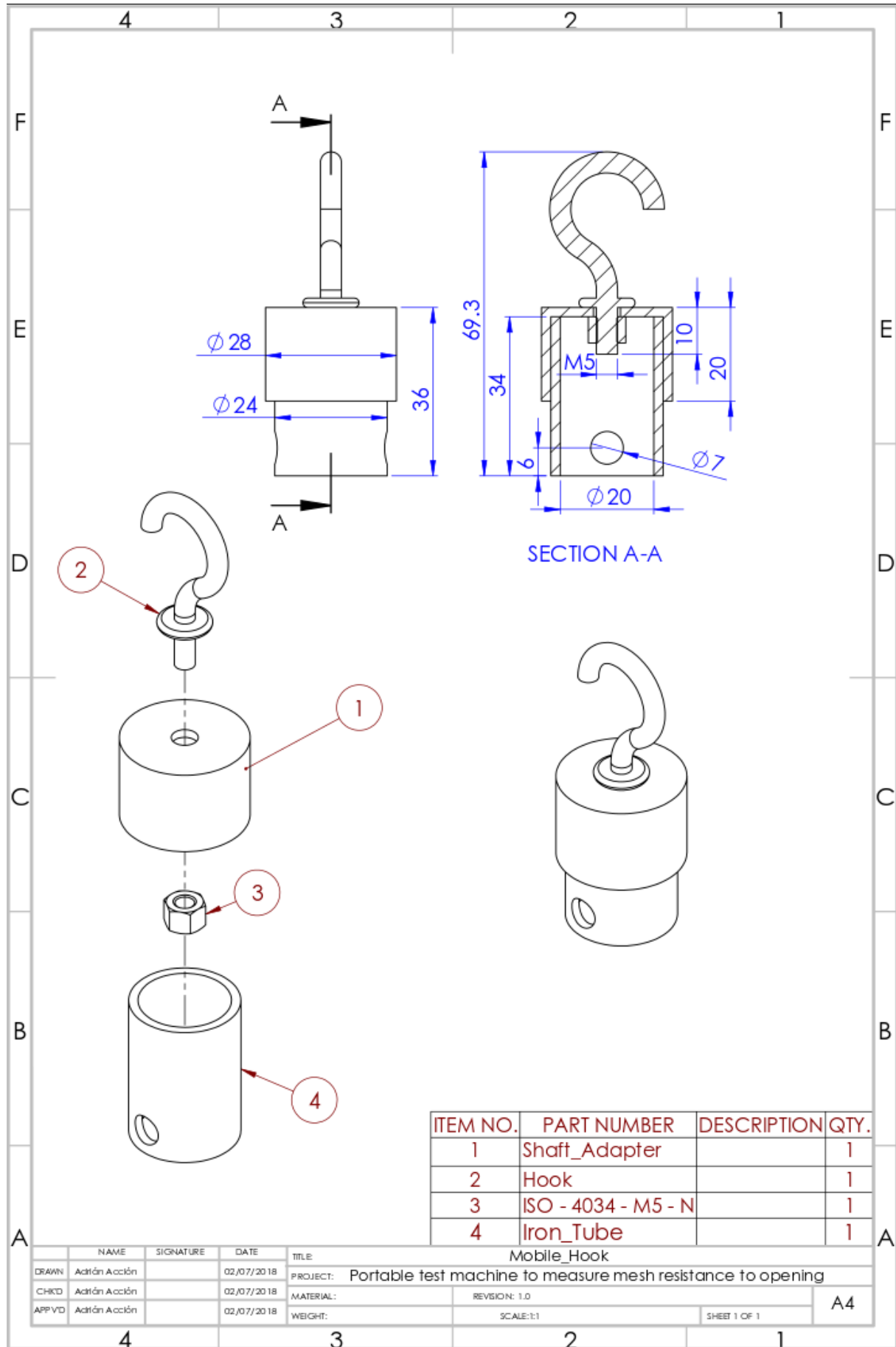


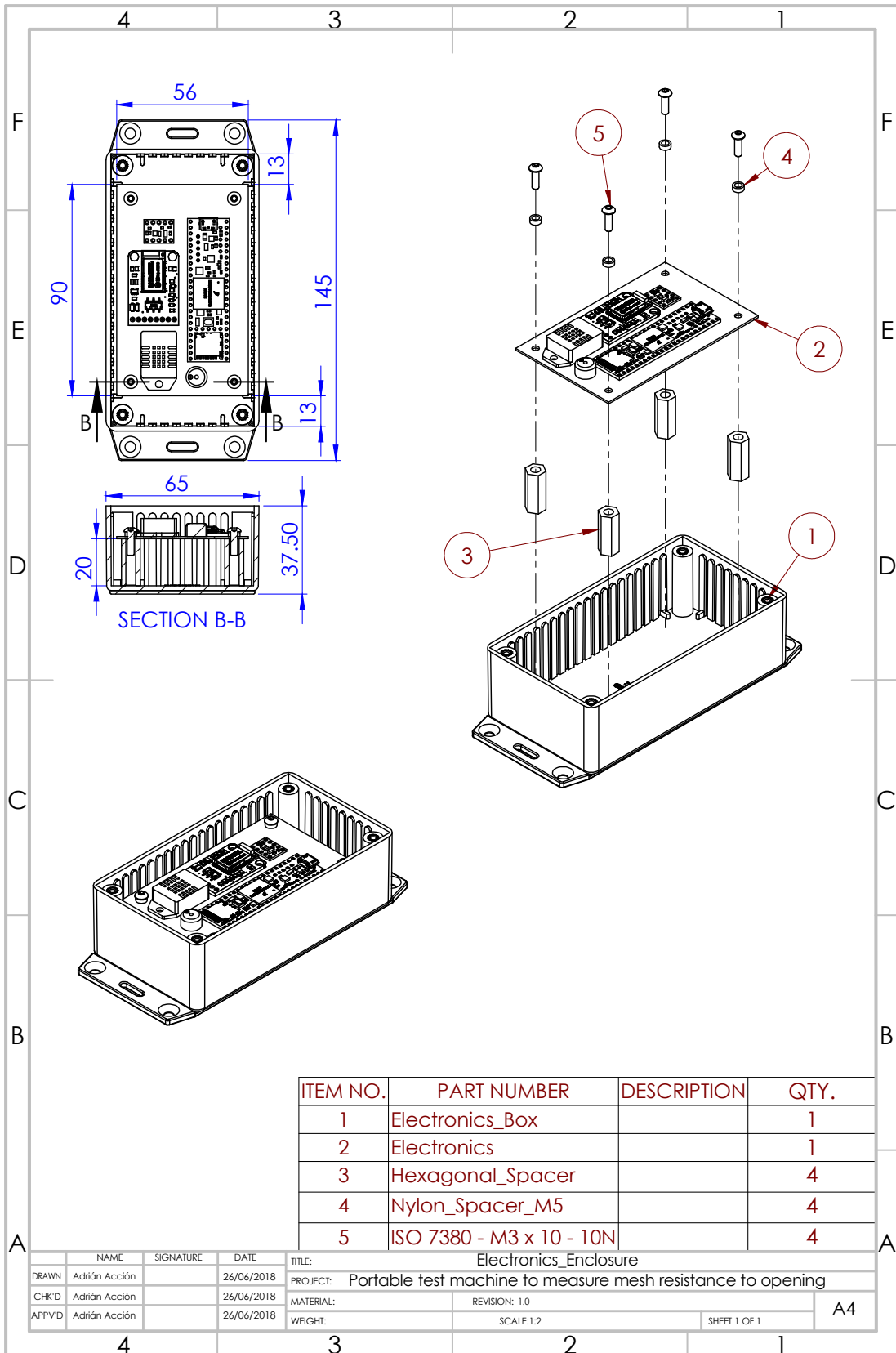
ANEXO 4. PLANOS

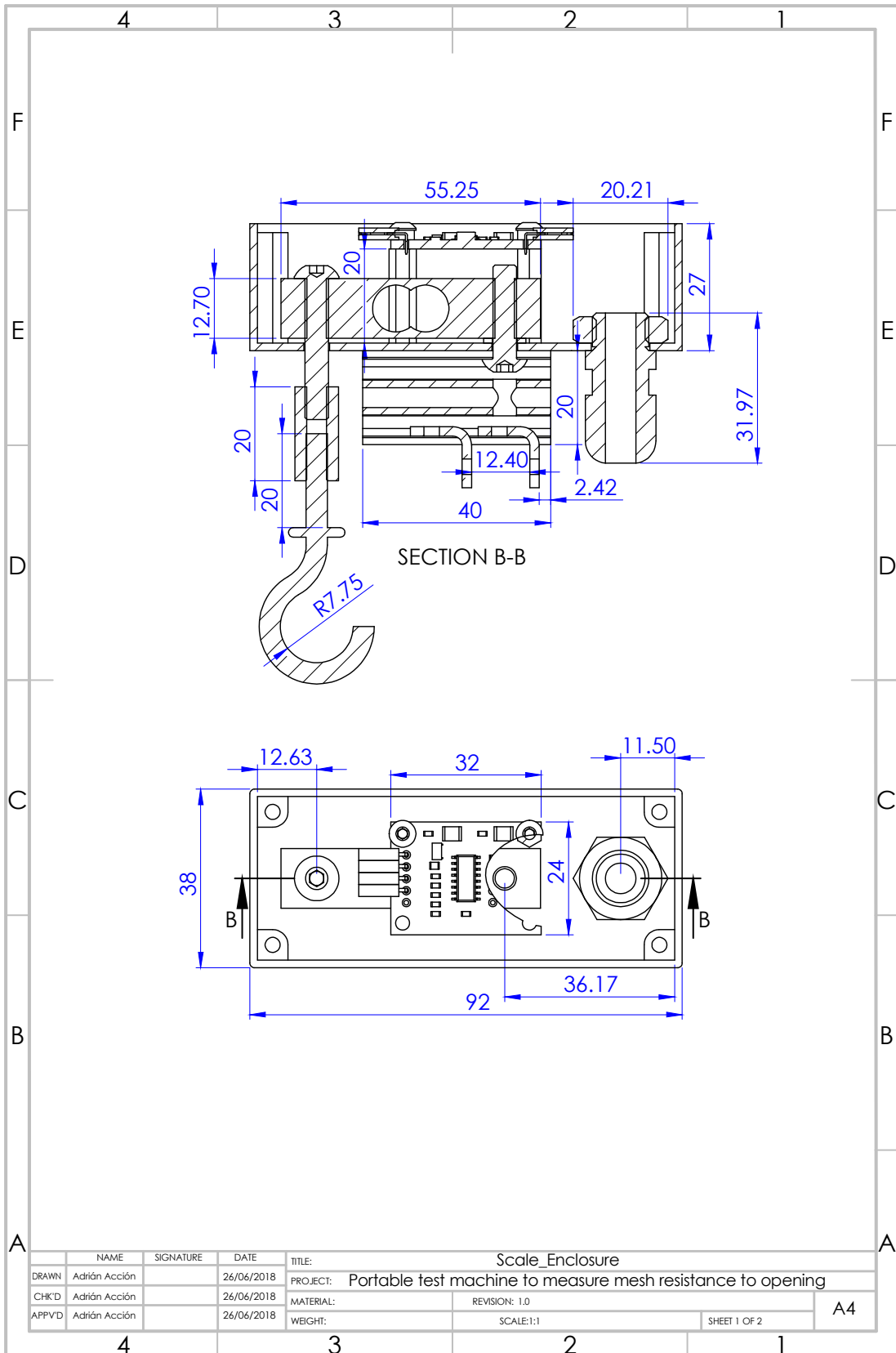


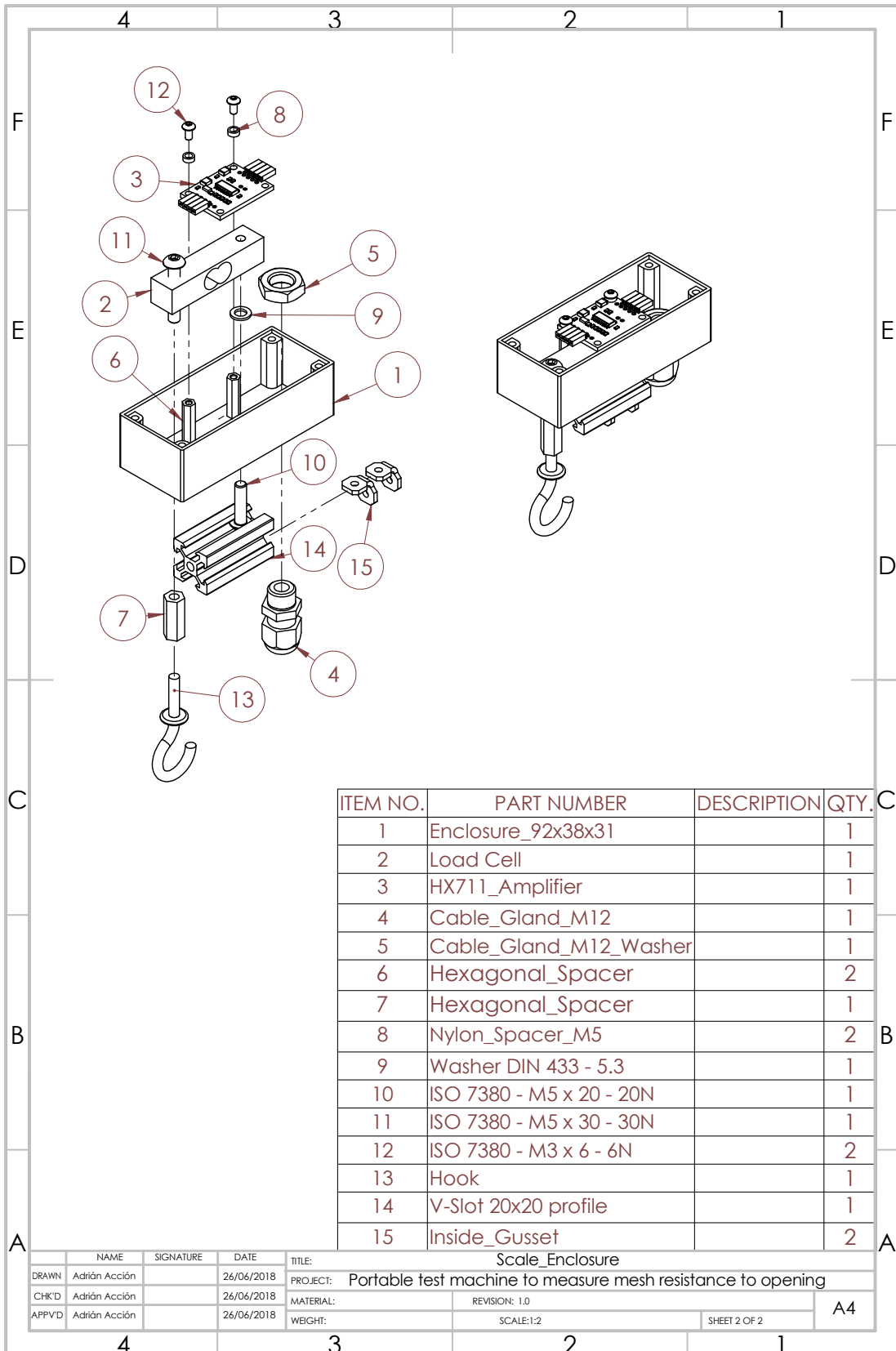
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Double_M5_Tee_Nut		1
2	Threaded rod		1
3	ISO - 4034 - M5 - N		1
4	Rubber Feet		1

NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
DRAWN		Adrián Acción		26/06/2018		PROJECT: Portable test machine to measure mesh resistance to opening	
CHKD		Adrián Acción		26/06/2018		MATERIAL:	
APPVD		Adrián Acción		26/06/2018		REVISION: 1.0	
						SCALE:1:2	
						SHEET 1 OF 1	
						A4	





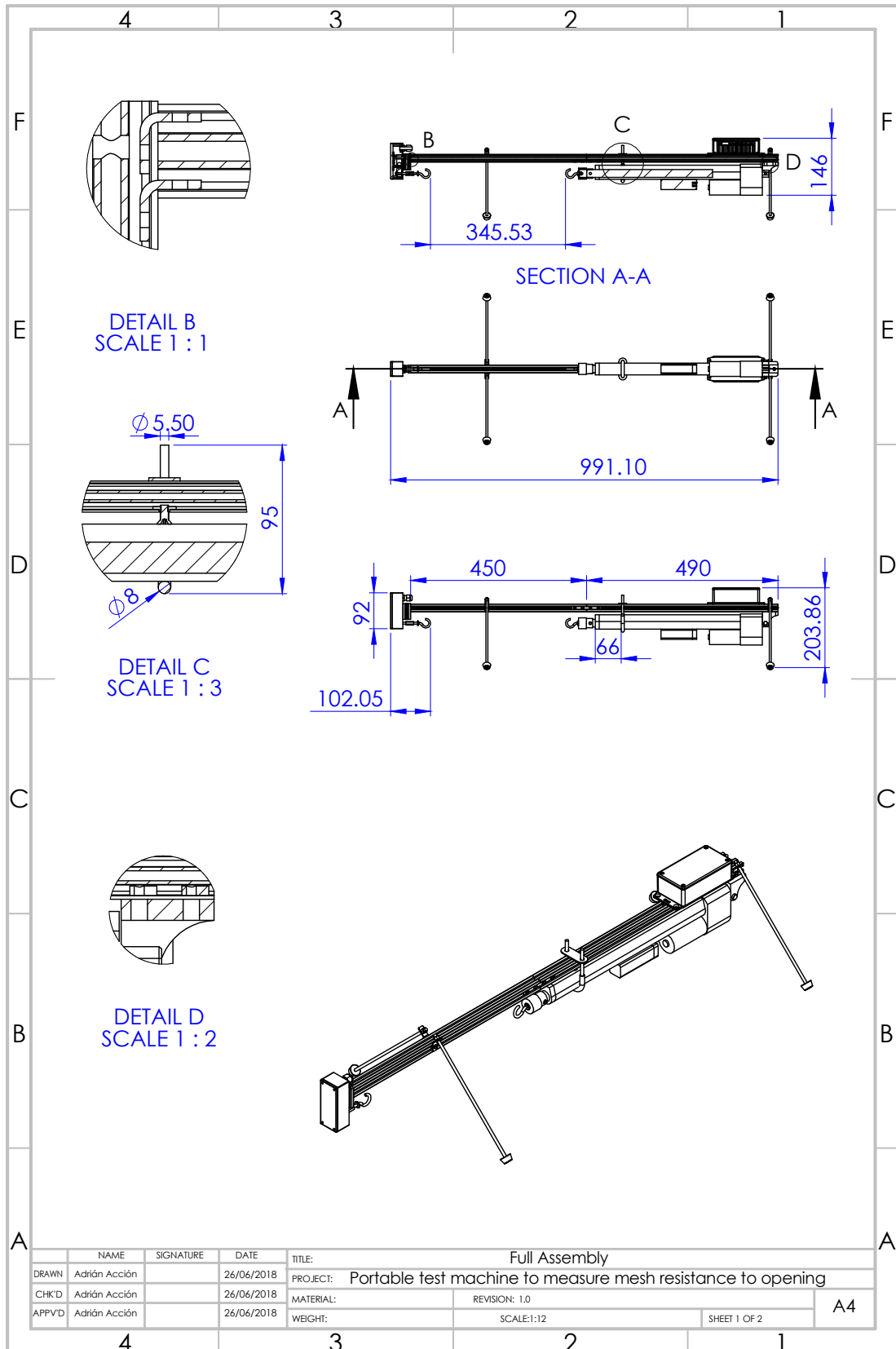


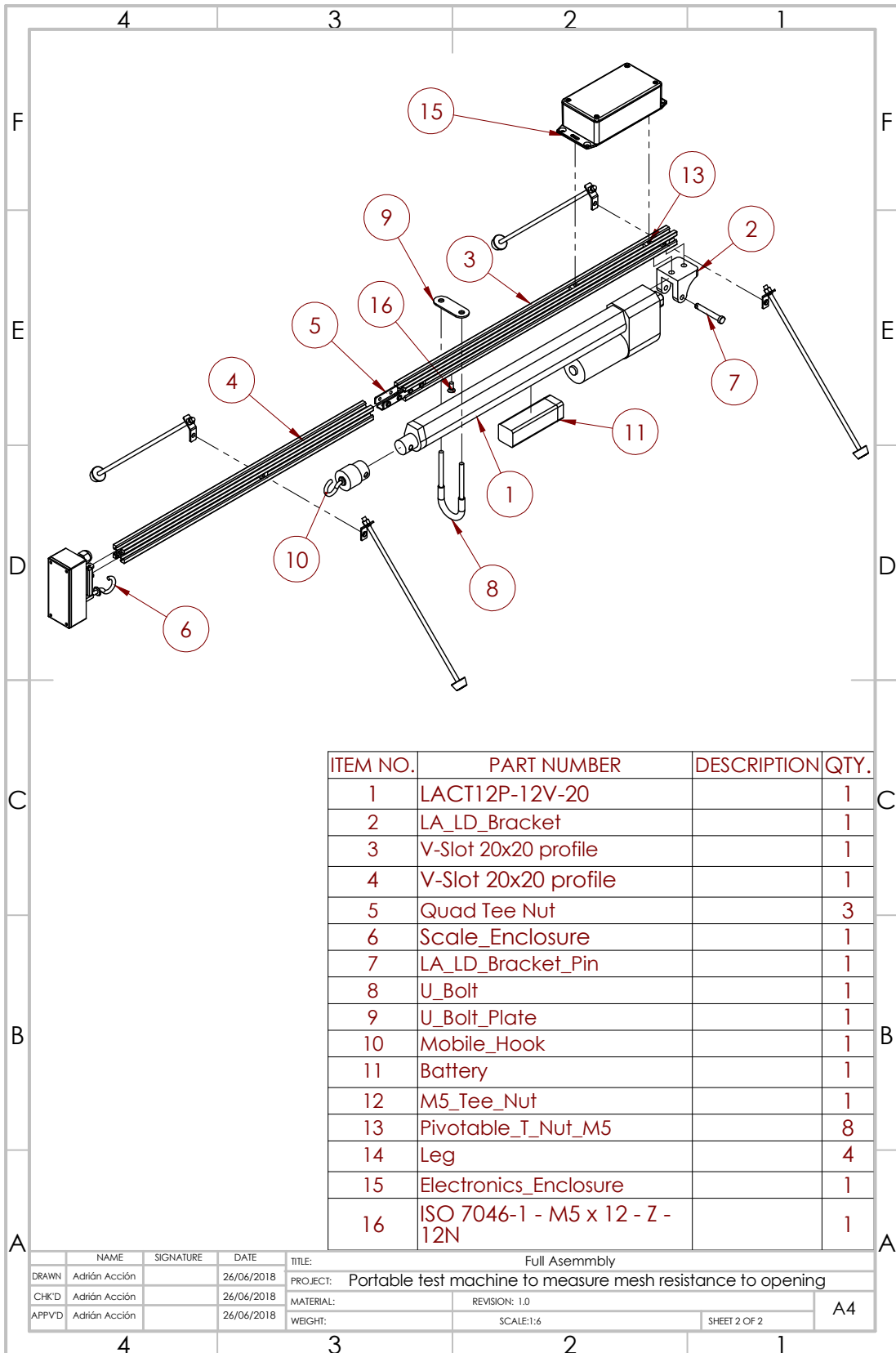


ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Enclosure_92x38x31		1
2	Load Cell		1
3	HX711_Amplifier		1
4	Cable_Gland_M12		1
5	Cable_Gland_M12_Washer		1
6	Hexagonal_Spacer		2
7	Hexagonal_Spacer		1
8	Nylon_Spacer_M5		2
9	Washer DIN 433 - 5.3		1
10	ISO 7380 - M5 x 20 - 20N		1
11	ISO 7380 - M5 x 30 - 30N		1
12	ISO 7380 - M3 x 6 - 6N		2
13	Hook		1
14	V-Slot 20x20 profile		1
15	Inside_Gusset		2

NAME				SIGNATURE				DATE				TITLE: Scale_Enclosure			
DRAWN: Adrián Acción				SIGNATURE				DATE: 26/06/2018				PROJECT: Portable test machine to measure mesh resistance to opening			
CHKD: Adrián Acción				SIGNATURE				DATE: 26/06/2018				MATERIAL:			
APPVD: Adrián Acción				SIGNATURE				DATE: 26/06/2018				REVISION: 1.0			
												WEIGHT:			
												SCALE:1:2			
												SHEET 2 OF 2			

A4





ANEXO 5. LISTA DE MATERIALES

Item No.	Part Number	Description	Qty.
1	Linear actuator	Glideforce LACT12P-12V-20 Light-Duty Linear Actuator with Feedback: 50kgf, 12" Stroke, 0.57"/s, 12V	1
3	LA LD Bracket		1
4	V-Slot 20x20 profile	450 mm	1
5	V-Slot 20x20 profile	490 mm	1
6	Quad Tee Nut	M5	3
7	Aluminum Enclosure	92x38x31	1
8	Load Cell	Micro Load Cell (0-5kg) - CZL635	1
9	Load Cell Amolifier	Load Cell Amplifier HX711 Breakout	1
10	90° Female Header	4 pins	2
11	Cable Gland	M12	1
12	Cable Gland Washer	M12	1
13	Hexagonal Spacer	M3	6
14	Nylon Spacer	M3	6
15	Washer DIN 433 - 5.3		1
16	ISO 7380 - M5 x 20 - 20N		1
17	Cup Hook	M5x20	1
18	V-Slot 20x20 profile	40 mm	1
19	Inside to Outside Gusset	M5x6	2
20	ISO 7380 - M5 x 30 - 30N		1
21	Hexagonal Spacer	M5x20	1
22	ISO 7380 - M3 x 6 - 6N		2
24	U Bolt	M6x20x95	1
25	U Bolt Plate		1
27	Cup Hook	M5x10	1
28	ISO - 4034 - M5 - N		5

Anexo 5. Lista de materiales

Adrián Acción Montes

29	Iron Tube	24 ϕ_e , 20 ϕ_i	1
30	Battery	5V, 1A, 2200 mAh	1
31	ISO - 4034 - M6 - N		2
32	ISO 4027 - M5 x 6-N		12
33	ISO 4027 - M4 x 4-N		4
34	ISO 7046-1 - M5 x 12 - Z - 12N		1
35	ISO 7380 - M5 x 16 - 16N		2
36	ISO 10669-5.4-N		2
37	ISO 7380 - M6 x 30 - 30N		1
38	ISO 7040-M6-N		1
39	ISO 7380 - M5 x 6 - 6N		6
40	Tee Nut	M5	1
41	Spring Loaded T Nut	M5	8
42	Double Tee Nut	M5	4
43	Threaded rod	M5	4
44	Rubber Feet		4
45	Electrical Box	Caja de ABS Hammond 1591MSFLBK, 1591, IP54, 84.8 x 56 x 22mm	1
46	Perfboard	56x90 mm	1
47	Microcontroller	Teensy 3.5	1
48	BLE Module	Adafruit BLE UART	1
49	Buzzer	Piezo Buzzer - PS1240	1
50	Humidity-Temperature Sensor	DHT 22	1
51	Motor Driver	DRV8838 Single Brushed DC Motor Driver Carrier	1
52	ISO 7380 - M3 x 10 - 10N		4

ANEXO 6. PRESUPUESTO

Electronics						
Product description	Supplier	Ref.	Ud	Price		Cost
Load Cell Amplifier HX711 Breakout	Sparkfun	SEN-13879	1	9.95	\$/ud	8.57
Teensy 3.5 Microcontroller	Sparkfun	DEV-14055	1	24.95	\$/ud	21.48
Piezo Buzzer	Adafruit	160	1	1.5	\$/ud	1.29
Bluefruit LE UART Friend	Adafruit	2479	1	17.5	\$/ud	15.07
DHT22 Temperature-Humidity Sensor	Adafruit	385	1	9.95	\$/ud	8.57
DRV8838 Single Brushed DC Motor Driver Carrier	Pololu	2990	1	3.49	\$/ud	3.00
Light-Duty Linear Actuator with Feedback: 50kgf, 12" Stroke, 0.57"/s, 12V	Pololu	2313	1	129.95	\$/ud	111.89
Micro Load Cell (0-5kg) - CZL635	Phidgets	3133_0	1	7	\$/ud	6.03
Power Bank Cell Charger, 2200mAh, 5V	BTW	PK-9220	1	14.75	\$/ud	12.70
Total						188.59 €

Cables and Connectors						
Product description	Supplier	Ref.	Ud	Price		Cost
PXP4010/08P/4550 - Circular Connector, Plug, 8 Pos, Cable	Farnell	2547106	1	8.52	€/ud	8.52
SA3348 - Contacto para Conector Circular, Pin, Crimpado, 22 AWG, 26 AWG	Farnell	3841340	1	6.43	€/ud	6.43
PXP4013/08S/PC - Conector Circular, IP66, IP68, IP69K	Farnell	2522777	1	15.5	€/ud	15.5
SA3347 - Contacto para Conector Circular Hembra, Crimpado, 22 AWG, 26 AWG	Farnell	3841339	1	8.81	€/ud	8.81
B953043 - Cable Multiconductor Apantallado, 4 Hilos, 24 AWG	Farnell	1923994	2	3.36	€/m	6.72
PXP4089/RD - Accesorio de Conector, O Ring & Washer	Farnell	2522795	2	7.95	€/ud	15.9
Prensaestopa, Nylon 66, IP68, Rosca M12	RS	2522795	1	5.67	€/ud	5.67
Conector USB 3.0 Hembra tipo Micro B, 42 V, 1A	RS	912-5114	1	14.16	€/ud	14.16
Total						81.71 €

Anexo 6. Presupuesto
Adrián Acción Montes

Product description	Supplier	Structure			Price	Cost
		Ref.	Ud			
V-Slot 20x20 Linear Rail	OpenBuilds Parts Store	210-LP	1	9.166	€/m	9.17
Carcasa de aluminio Hammond 27969PSLA, IP54, Apantallada, 92x38x31mm	RS	343-9877	1	5.74	€/ud	5.74
Caja de ABS Hammond 1591MSFLBK, 1591, IP54, 84.8x56x22mm	RS	818-0466	1	4.42	€/ud	4.42
M6 U Bolt, 24x6 mm	Leroy Merlin	18607092	1	2.08	€/ud	2.08
Mounting Bracket for Glideforce Light-Duty Linear Actuators - Aluminum	Pololu	2314	1	17.95	\$/ud	15.45
M4x6 Inside to Outside Gusset (10 Pack)	RS	3842535574	1	13.53	€/ud	13.53
Double Tee Nut	OpenBuilds Parts Store	60	4	0.59	€/ud	2.36
Quad Tee Nut - MAKERLINK (10 Pack)	OpenBuilds Parts Store	2115-Pack	1	7.73	€/ud	7.73
Tee Nuts - M5 (10 Pack)	OpenBuilds Parts Store	536-Pack	1	2.57	€/ud	2.57
Spring Loaded Tee Nuts	OpenBuilds Parts Store	150	8	1.11	€/ud	8.88
Fasteners and Connectors	Miscellaneous				€	10
					Total	81.93 €

Materials		Labour	
Electronics	188.59 €	Price (€/h)	24
Cables and Connector	81.71 €	Hours	90
Structure	81.93 €		2,160.00 €
	352.23 €		

Subtotal	2,512.23 €
Taxes (21%)	527.57 €
Budget	3,039.80 €

ANEXO 7. DATASHEETS



Piezo Buzzer - PS1240

PRODUCT ID: 160



\$150

TECHNICAL DETAILS

Dimensions:

- Diameter: 1190mm
- Height: 6.53mm
- Weight: 0.70g



DESCRIPTION

Piezo buzzers are used for making beeps, tones and alerts. This one is petite but loud! Drive it with 3-30V peak-to-peak square wave. To use, connect one pin to ground (either one) and the other pin to a square wave out from a timer or microcontroller. For the loudest tones, stay around 4 KHz, but works quite well from 2KHz to 10KHz. For extra loudness, you can connect both pins to a microcontroller and swap which pin is high or low ('differential drive') for double the volume.



Humidity and Temperature Sensor - RHT03

\$9.95

© SEN-10167 ROHS ✓



DESCRIPTION

The RHT03 (also known by DHT-22) is a low cost humidity and temperature sensor with a single wire digital interface. The sensor is calibrated and doesn't require extra components so you can get right to measuring relative humidity and temperature.

FEATURES

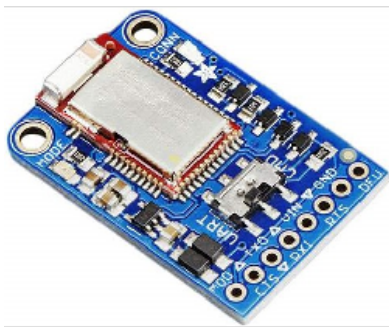
- 3.3-6V Input
- 1-1.5mA measuring current
- 40-50 uA standby current
- Humidity from 0-100% RH
- -40 - 80 degrees C temperature range
- +2% RH accuracy



Adafruit Bluefruit LE UART Friend - Bluetooth Low Energy (BLE)

PRODUCT ID: 2479

TECHNICAL DETAILS



\$17.50



- ARM Cortex M0 core running at 16MHz
- 256KB flash memory
- 32KB SRAM
- Transport: UART @9600 baud with HW flow control (CTS+RTS required)
- 5V-safe inputs (Arduino Uno friendly, etc.)
- On-board 3.3V voltage regulation
- Bootloader with support for safe OTA firmware updates
- Easy AT command set to get up and running quickly
- Dimensions: 21mm x 32mm x 5mm / 0.8" x 1.26" x 0.2"
- Weight: 3.4g

DESCRIPTION

Would you like to add powerful and easy-to-use Bluetooth Low Energy to your robot, art or other electronics project? Heck yeah! With BLE now included in modern smart phones and tablets, its fun to add wireless connectivity. So what you really need is the new Adafruit Bluefruit LE UART Friend!

The Bluefruit LE UART Friend makes it easy to add Bluetooth Low Energy connectivity to anything with a hardware or software serial port. We even have nice hardware flow control so you won't have to think about losing data. Connect to your Arduino or other microcontroller or even just a standard FTDI cable for debugging and testing.

This multi-function module can do quite a lot! For most people, they'll be very happy to use the standard Nordic UART RX/TX connection profile. In this profile, the Bluefruit acts as a data pipe, that can 'transparently' transmit back and forth from your iOS or Android device. You can use our [iOS App](#) or [Android App](#), or [write your own to communicate with the UART service](#)

Glideforce LACT12P-12V-20 Light-Duty Linear Actuator with Feedback: 50kgf, 12" Stroke, 0.57"/s, 12V



Pololu item #: 2313	
Brand: Concentric	
Price break	Unit price (US\$)
1	129.95
5	123.45

This 12 V light-duty (LD) linear actuator with a 20:1 gear reduction can lift loads up to 50 kgf [110 lbs or 500 N] and can withstand static loads up to 250 kgf [550 lbs or 2500 N]. It has a maximum speed of 14.6 mm/s [0.57"/s] at no load and 12.3 mm/s [0.48"/s] at the maximum load. Limit switches at each end make the actuator easy to control over its full range of motion, and the worm drive ensures that the shaft will hold its position even when unpowered. This version has a 12-inch stroke and a feedback potentiometer that lets you determine where the actuator is in its stroke.

Dimensions

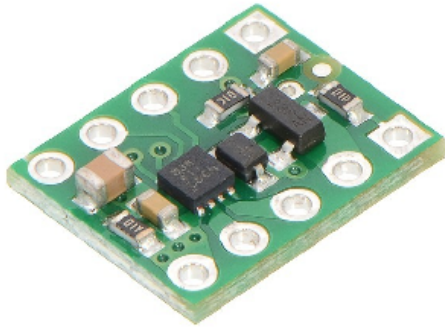
- Nominal stroke length: 30.5 cm
- Actual stroke length: 30.0 cm
- Retracted length: 45.0 cm (from mounting hole to mounting hole)
- Extended length: 75.0 cm (from mounting hole to mounting hole)
- Weight: 1.6 kg

Specs

- Gear ratio: 20:1
- Rated dynamic load capacity: 50 kgf or 500 N
- Speed at 12 V, no load: 14.6 mm/s
- Speed at 12 V, max load: 12.3 mm/s
- Feedback potentiometer

Actuator Type	Max Dynamic Load	No-Load Speed @ 12 V	Current Draw @ 12 V	Nominal Stroke Length	With Feedback	Without Feedback	Approx. Weight
Light-Duty (LD)	15 kgf [34 lbs]	4.4 cm/s [1.7"/s]	1.2 A - 3.2 A	4"	LACT4P-12V-05	LACT4-12V-05	1.3 kg
				12"	LACT12P-12V-05	LACT12-12V-05	1.6 kg
	50 kgf [110 lbs]	1.5 cm/s [0.57"/s]		2"	LACT2P-12V-20	LACT2-12V-20	1.2 kg
				4"	LACT4P-12V-20	LACT4-12V-20	1.3 kg
				6"	LACT6P-12V-20	LACT6-12V-20	1.4 kg
				8"	LACT8P-12V-20	LACT8-12V-20	1.5 kg
				10"	LACT10P-12V-20	LACT10-12V-20	1.5 kg
				12"	LACT12P-12V-20	LACT12-12V-20	1.6 kg

DRV8838 Single Brushed DC Motor Driver Carrier



Pololu Item #: 2990

Brand: Pololu

Price break	Unit price (US\$)
1	3.49
5	2.99
25	2.75
100	2.49

General specifications

Motor driver: DRV8838

Motor channels: 1

Minimum operating voltage: 0 V

Maximum operating voltage: 11 V

Continuous output current: 1.7 A

Peak output current: 1.8 A

Maximum PWM frequency: 250 kHz

Minimum logic voltage: 1.8 V

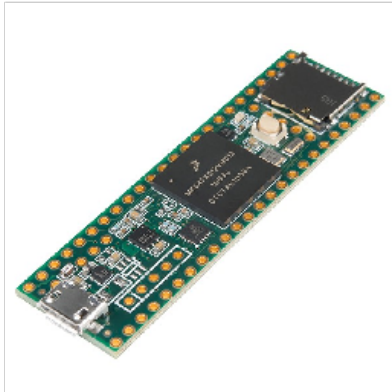
Maximum logic voltage: 7 V

Reverse voltage protection?: Y

Features

- H-bridge motor driver: can drive one DC motor
- Motor supply voltage: 0 V to 11 V
- Logic supply voltage: 1.8 V to 7 V
- Output current: up to 1.7 A continuous (1.8 A peak); operation at low motor and logic supply voltages reduces the maximum continuous output current
- PHASE/ENABLE interface (one pin controls direction and another controls speed)
- Inputs are 3V- and 5V-compatible
- Under-voltage lockout on the logic supply and protection against over-current and over-temperature
- Reverse-voltage protection on the motor supply
- Compact size (0.5" x 0.4") with the form factor of a 10-pin DIP package

This tiny breakout board for TI's DRV8838 motor driver can deliver a continuous 1.7 A (1.8 A peak) to a single brushed DC motor. With an operating voltage range from 0 V to 11 V and built-in protection against reverse-voltage, under-voltage, over-current, and over-temperature, this driver is a great solution for powering a small, low-voltage motor. The carrier board has the form factor of a 10-pin DIP package, which makes it easy to use with standard solderless breadboards and 0.1" perfboards.



Teensy 3.5 **\$24.95**
DEV-14055 ROHS ✓

DESCRIPTION

The Teensy is a breadboard-friendly development board with loads of features in a, well, teensy package. Each Teensy 3.5 comes pre-flashed with a bootloader so you can program it using the on-board USB connection: no external programmer needed! You can program for the Teensy in your favorite program editor using C or you can install the Teensyduino add-on for the Arduino IDE and write Arduino sketches for it!

The processor on the Teensy also has access to the USB and can emulate any kind of USB device you need it to be, making it great for USB-MIDI and other HID projects. The 32-bit, 120MHz processor brings a few other features to the table as well, such as multiple channels of Direct Memory Access, several high-resolution ADCs and even 2 an I S digital audio interface! There are also four separate interval timers, plus a delay timer! Oh yeah, and all digital pins have interrupt capability and are 5V tolerant.

All of this functionality is jammed into a 62.3mm x 18.0mm board with all solder points on a 0.1" grid so you can slap it on a breadboard and get to work! The Teensy 3.5 (as well as its sibling, the Teensy 3.6) is larger, faster and capable of more projects, especially with its onboard micro SD card port. An upgraded ARM Cortex MCU (120MHz from 72MHz), more memory (512K from 256K), as well as more RAM, EEPROM and accessible pins make up the key new features of this "teensy" board. The Teensy 3.5 is slightly scaled down from the Teensy 3.6 but is offered at a cheaper price point, comparatively.

FEATURES

- 120MHz ARM Cortex-M4 with Floating Point Unit
- 512K Flash, 192K RAM, 4K EEPROM
- Microcontroller Chip MK64FX512VMD12
- 1 CAN Bus Port
- 16 General Purpose DMA Channels
- 5V Tolerance on All Digital I/O Pins
- 62 I/O Pins (42 breadboard friendly)
- 25 Analog Inputs to 2 ADCs with 13-bit resolution
- 2 Analog Outputs (DACs) with 12-bit resolution
- 20 PWM Outputs (Teensy 3.6 has 22 PWM)
- USB Full Speed (12Mbit/sec) Port
- Ethernet mac, capable of full 100Mbit/sec speed
- Native (4-bit SDIO) micro SD card port
- I²S Audio Port, 4-Channel Digital Audio Input & Output
- 14 Hardware Timers
- Cryptographic Acceleration Unit
- Random Number Generator
- CRC Computation Unit
- 6 Serial Ports (2 with FIFO and Fast Baud Rates)
- 3 SPI Ports (1 with FIFO)
- 3 I²C Ports
- Real-Time Clock
- 62.3mm x 18.0mm x 4.2mm (2.5in x 0.7in x 0.2in)