**XXI OLIMPIADAS NACIONALES DE INFORMÁTICA, INNOVACIÓN**

**ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**INFORME DESCRIPTIVO - TECNICO**

**Titulo:**

Proyecto “FisioHand”

**Autores/as:**

Acosta, Macarena Lucila
DNI: 41.959.411
5° Año Electrónica

Agüero, Agostina Liseth
DNI: 41.821.518
5° Año Electrónica

Perales, Braian Ezequiel
DNI: 41.734.947
5° Año Electrónica

**Docentes:**

Cruz, Flavia Belén
DNI: 37.202.913

Vidal, Karina Paz
DNI: 18.844.253

**Escuela:**

Industrial N°6 – “X Brigada Aérea”

**Provincia:**

Santa Cruz

**Localidad:**

Rio Gallegos

**Año:**

2.017

**Fecha de inicio:**

06/05/2017

**Duración en semanas:**

23 semanas

**Esfuerzo en horas:**

184 horas

**Personas afectadas:**

3 personas afectadas al proyecto en un promedio de 8 horas semanales

# Índice

**Contenidos** **Pág.**


Objetivos 3
Situación problemática 3
Observaciones 3
Objetivos generales del proyecto 3
Especificaciones técnicas/ resumen 3
Temática 3
Introducción 3
Etapas de desarrollo e investigación 5
Alcances y fundamentos sociales-geográficos 5
Segmento destino / Destinatarios 6
Ámbito de incumbencia 6
Funcionalidades 6
Análisis de sistema/ proyecto 6
Diagrama de bloque principal 7
Descripción técnica del proyecto 8
Circuito eléctrico 8
Placa Arduino 8
Fuente de Alimentación 10
Mediciones 11
Medición de resistencias Flex en distintos grados 11
Descripción general del prototipo logrado 13
Construcción del prototipo 13
Diagrama modular, diagrama de flujo y codificación 15
Costos de materiales y componentes 15
Costos de desarrollo 16
Conclusiones 16
Balance comparativo 16
Recomendaciones 17
Propuestas 17
Mejoras 17
Bibliografía y recursos de internet consultados 17
Anexo 1: Patologías 19
Anexo 2: Diagramas de flujo 21
Anexo 3: Código de programación Arduino 29

## Objetivos

Situación Problemática

¿Es posible diseñar un dispositivo como herramienta de trabajo para muchos traumatólogos, kinesiólogos y neurólogos, el cual pueda brindar ayuda a las personas con problemas motrices como alivio durante la artrosis, alivio post inflamatorio y recuperación de fuerza en artritis, post cirugía en el Dupuytren, retardar las consecuencias de las enfermedades degenerativas (como el ACV), como la Atrofiacion y la inmovilización de la mano, cortes en ambientes laborales, tratamiento post cirugía para luxaciones y fracturas?.

Observaciones

Previo a la realización del presente de proyecto, se evaluó en que aspectos se podrían mejorar de las versiones o dispositivos que están en el mercado. También se investigó sobre la factibilidad de llevarlas adelante y sobre la disponibilidad de componentes y materiales.

Objetivo

Crear un guante articulado automático/ electrónico que permita recuperar el movimiento, la flexibilidad y fortalecer el musculo para cumplir una serie de movimientos, los cuales van a ser determinados por el profesional quien estudia la enfermedad y el grado de la misma.

## Especificaciones técnicas / Resumen

Este proyecto comenzó en el mes de marzo del corriente año en las instalaciones del colegio Industrial N°6 “X Brigada Aérea”, basándose en la problemática que afrontan los especialistas de kinesiología, traumatología y neurología a la hora de realizar los tratamientos para la recuperación de movilidad, fuerza y flexibilidad en las extremidades superiores (dedos de las manos), originadas por algunas de las siguientes patologías como artritis reumatoide, artrosis, lesiones, enfermedades neurologías, entre otras.

Como propuesta de solución se creó un prototipo automático/electrónico, para individuos que presentan algunas de las patologías anteriormente mencionadas, mediante un guante articulado, en conjunto con unos servomotores, quienes serán los encargados de generar el movimiento necesario para cumplir el objetivo planteado, como así también la utilización de sensores Flex, que se encargarán de medir, constatar y controlar el avance del mismo. Los procesos anteriormente mencionados serán dispuestos mediante la programación de la placa Arduino “Mega” y la interacción con el usuario mediante un teclado matricial el cual permitirá el ingreso de datos, como así también la selección de ejercicios a realizar. Los mensajes correspondientes a la etapa en el cual se encuentra el funcionamiento serán visualizados por medio de una pantalla LCD.

La alimentación del prototipo se realiza por dos partes diferentes, la primera consta de una batería de 9V que se encarga de suministrar energía a la plaqueta electrónica Arduino MEGA 2560; y la segunda de una fuente de alimentación capaz de entregar potencial suficiente hacia los cinco microservomotores.

## Temática

Introducción

En un principio las personas con distintas patologías ubicadas en las extremidades superiores (dedos) son tratadas con distintos ejercicios, los cuales varían dependiendo la patología, edad y enfermedades degenerativas. Estos movimientos son llevados a cabo por kinesiólogos profesionales a los cuales les lleva mucho tiempo tratar simultáneamente a sus pacientes.

El prototipo FisioHand poseerá la función de tratar las siguientes patologías:

- Artritis reumatoide
- Artrosis
- Post- Quirúrgicos (Dupuytren, tendones de musculo)
- Traumatismos discretos (Luxaciones)
- Lesiones (fracturas y cortes)
- Enfermedades Degenerativas ( Atrofiacion e inmovilización)
- Enfermedades neurológicas (ACV)

Las patologías antes mencionadas se desarrollaran con más profundidad en el anexo 1 adjunto a ese informe.

A medida que la tecnología avanza, los profesionales adoptan diferentes maquinarias lo cual ha abierto la posibilidad de la utilización de un solo aparato para el trabajo de varios. Pero a pesar de esto existen

dificultades para los tratamientos en las extremidades superiores ya que al ser el principal órgano para la manipulación física del medio requieren mayor atención del profesional, para lo cual se utilizan las tecnologías de los dispositivos Eso Glove, guantes robóticos y distintas prótesis.

Otros elementos de apoyo son las pelotas fisioterapéuticas, bandas elásticas y cubos de madera diminutos, que permiten a la persona realizar ejercicios con el fin de recuperar movimientos óptimos (agarre, fuerza, sensibilidad y movilidad) de la extremidad.

| Imagen del dispositivo | Características | Origen |
|---|---|---|
| | **Eso Glove:** Han diseñado y desarrollado un guante robótico que puede ayudar a los pacientes con ictus (lesión en el cerebro) a recuperar la movilidad de sus manos. Es ligero y fácil de usar, permitiendo al usuario realizar ejercicios de forma personalizada sin la asistencia de un terapeuta. El mismo es más avanzado al proyecto a realizar. | China |
| | **Ultrasonido:** es un equipo que transfiere ondas mecánicas de mayor frecuencia que las del sonido, a través de un medio físico (gel), que permite que pueda propagarse y transmitir energía (calor profundo) gracias a la vibración que producen dichas ondas. | Canadá |
| | **Electroestimulación muscular (EEM):** es la generación de contracción muscular usando impulsos eléctricos, los impulsos se generan en un dispositivo que se aplica con electrodos en la piel próxima a los músculos que se pretenden estimular. Los impulsos imitan el potencial de acción proveniente del sistema nervioso central, causando la contracción muscular. | Gran Bretaña |
| | **La termoterapia (Terapia con Temperatura):** es la utilización del calor como agente terapéutico, aunque suele hablarse de termoterapia en aquellos tratamientos que se basan en la aplicación de calor | Cambridge |
| | **Pelotas de rehabilitación:** el ejercicio regular aumenta la flexibilidad y reduce la rigidez. Una rutina de ejercicio que incluya una bola de ejercicio para las manos con artritis puede fortalecer los músculos alrededor de las articulaciones y disminuir la cantidad de inflamación producida por la enfermedad. | Suiza |
| | **Bandas elásticas:** Ejercita y fortalece sus dedos y manos, así como ampliar los músculos. | Inglaterra |

**Tabla 1 –** Otros dispositivos con fines similares a FisioHand

Este prototipo será de apoyo al profesional, ya que a pesar de incorporar más tecnología requiere de la manipulación del mismo, por seguridad del paciente.

Cada aparato utilizado en fisioterapia tiene sus desventajas, por ejemplo los equipos de radiofrecuencia no pueden ser utilizados en el caso de que la persona tenga prótesis metálicas, los equipos de ultrasonidos requieren de cierto dinero para la adquisición de los mismos relacionados a la tecnología aplicada, otro

inconveniente de estos es la exposición de sus pacientes y de los profesionales, mientras se está emitiendo ultrasonido. Las bandas elásticas y pelotas se aplican únicamente cuando el trabajo manual ya ha avanzado se obtienen resultados significativos, ya que las técnicas o las pelotas de densidad inadecuadas pueden causar problemas adicionales.

## Etapas de desarrollo e investigación:

El proceso de desarrollo e investigación que se llevó a cabo desde el mes de mayo con las alumnas se puede clasificar a la fecha según las siguientes etapas:

1° Etapa: Se investigó sobre distintos dispositivos automático/electrónico que facilitan el movimiento de las articulaciones de la mano sin la intervención física del profesional, planteando la idea de crear un prototipo que permita recobrar el movimiento en dichas articulaciones en pacientes con patologías tales como artritis reumatoide, artrosis, lesiones, enfermedades neurologías, entre otras; tras la selección de la patología que presente el paciente, el tipo de movimiento a desarrollar, duración y prueba de avance. En base a lo anterior expuesto se comenzó a definir el posible funcionamiento y diseño del prototipo, investigando los distintos tipos de materiales disponibles en el mercado para su construcción, lo que marcará la viabilidad del proyecto.

2° Etapa: Superada la etapa anterior, se realizó la selección y posterior compra de los materiales que se utilizarán, como así también se dará inicio al diseño del prototipo en base a su estructura, algoritmos mediante la confección de diagramas modulares y diagramas de flujo, diagramas de bloques principales y secundarios del mismo, evaluación y selección de los circuitos eléctricos y placas que se utilizaran en el prototipo.

3° Etapa: Una vez definido el diseño físico del prototipo, como así los circuitos que lo integran se procederá a realizar la implementación, mediante la construcción y montajes de los mismos, realizando las verificaciones pertinentes a cada módulo individual desarrollado, por otro lado, se procederá a la codificación del algoritmo que hace al funcionamiento del sistema en lenguaje Arduino en placa “Arduino mega 2560”.

4° Etapa: Se realizó el montaje de todo el prototipo, verificando, mediciones reales y simuladas del funcionamiento del mismo, para eliminar posibles errores de programación, aplicando software específico como LiveWire y Proteus. Paralelamente se realizan las primeras mediciones sobre el montaje elaborado.

5° Etapa: Realización de las calibraciones necesarias sobre las velocidades de los servos motores, los tiempos en el cual se encuentran activos los mismos, como así también las mediciones respecto a al avance en los ejercicios realizados por medio de los sensores Flex. También se realizarán las correcciones de la programación pertinentes a la puesta a punto.

## Alcances y fundamentos sociales- geográficos del proyecto

Los alcances del prototipo que se creó apuntan a brindar ayuda en centros de rehabilitación, hospitales, consultorios privados, clínicas de kinesiólogos, traumatólogos y neurólogos entre otros.

Las patologías se dan entre distintos rangos de edad, mayormente a partir de los 45 años, por el desgaste de las articulaciones, material genético que es heredado, defecto del sistema inmunológico, lesión o traumatismo en una articulación, como así también dado por un hongo o bacteria que pueda infectar las articulaciones.

A medida que la gravedad de la patología aumenta las manifestaciones de la misma pueden variar, siendo progresivas y aparecen dilatadas en el tiempo, agravando el dolor articular, la limitación de los movimientos y los crujidos.

En la tabla 2 se puede contemplar distintos criterios de clasificación a la hora de marcar los tipos de patologías y los diferentes diagnostico respecto a estas.

| DIAGNOSTICO / PATOLOGIAS | PREVENIBLE | CURABLE | RELATIVAMENTE CURABLE | TRATABLE | RELATIVAMENTE TRATABLE/ NO CURABLE |
|---|---|---|---|---|---|
| **Artritis reumatoide** | Realizando ejercicios a temprana edad | Dependiendo de la gravedad | | Enfermedad avanzada | |
| **Artrosis** | | | Si se trata tempranamente | | Con tratamiento prolongado |
| **Post- Quirúrgicos** | | Recuperación del normal movimiento luego de la operación | | | |
| **Luxaciones** | | Una vez asegurada la articulación se procede con los ejercicios | | | |
| **Lesiones** | | Recuperación del normal movimiento luego de la operación | | | |
| **Enfermedades degenerativas** | | Si las mismas se encuentran en la mano y son de nivel bajo | | | Enfermedad avanzada |

**Tabla 2** – Clasificación según el tipo de patologías y diagnósticos

Estadísticas estiman que existe entre 40 y 50 millones de personas de adultos en Estados Unidos tienen artritis, haciéndola una de las enfermedades predominantes y la causa más común de discapacidad de la nación. Unos 24 millones de adultos tienen limitaciones de sus actividades a causa de la artritis. Aproximadamente una de cada cuatro personas en el país están afectadas por la artritis. Cerca del 40% de los adultos con artritis pueden reducir el dolor y mejorar su funcionalidad

Cabe mencionar que en Latinoamérica puntualmente existen alrededor de entre 4 y 5 millones de personas que sufren esta patología, donde también hay lugares que no poseen los medios adecuados para ayudar a estas personas. En la tabla 3 se contempla los porcentajes brindados por la OMS de la cantidad de personas a nivel mundial que poseen las patologías más comunes.

| PATOLOGIA | REGION | EDAD | POBLACION (Millones) | PORCENTAJE |
|---|---|---|---|---|
| ARTRITIS | Argentina | 35-45 | 4 | 75% |
| | Latino América | 45 | 50 | 0.50% |
| | Mundialmente | 50 | 400 | 1% |
| ARTROSIS | Argentina | 45-60 | | 12% |
| | Latino América | 45 | 50 | 13% |
| | Mundialmente | 50 | 400 | 10% |

**Tabla 3 –** Población de distintas regiones del mundo según la O.M.S

## Segmento destino/ Destinatario

El prototipo está destinado puntualmente a las personas que posean las distintas patologías en la extremidad superior (mano). Dadas sus características serán personas que poseas: Artritis reumatoide, artrosis, post-Quirúrgicos (Dupuytren, tendones de musculo), traumatismos discretos (Luxaciones), lesiones (fracturas y cortes), enfermedades degenerativas (Atrofiacion e inmovilización), enfermedades neurológicas (ACV).

## Ámbito de Incumbencia

El prototipo se desarrolla en la ciudad de Rio Gallegos, en las instalaciones del colegio Industrial N°6, para ser aplicado a la sociedad en general, es decir, local, regional, nacional y mundialmente como se mencionó anteriormente.

## Funcionalidades

Análisis sistema/proyecto:

Al presionar el interruptor de encendido se da inicio al sistema, el mismo comienza a realizar una configuración inicial, la cual consiste en calibrar los servos motores y sensores Flex.

Finalizada la calibración anterior, se comprobara la presencia de la mano en el guante. Ante la ausencia de la misma se encenderá una señal lumínica de color rojo, y en el caso detectar dicha mano será de color verde. Detectada la presencia de la mano, se visualizara una lista de acciones a través del LCD, dejando el sistema a la espera de la selección de una de las siguientes funciones:

- Patología: El usuario tendrá la opción de seleccionar la patología de acuerdo al paciente

- Tipo de ejercicio: El usuario tendrá la opción de seleccionar el tipo de movimiento a realizar. El ejercicio no varía de acuerdo a la enfermedad, sin embargo lo que varía es la duración que el usuario de a cada ejercicio, esto se debe al grado de la patología con la que el paciente llegue al consultorio. A continuación se enumeran los tipos de ejercicios que se deben realizar:
  1- Movilización pasiva:
  Estos tipos de ejercicios son para lograr la movilización de todos los dedos de la mano del paciente, el movimiento es realizado por el guante, este mismo se somete a variaciones debido a la tolerancia del paciente dada por la condición de la patología. Se subdivide en tres diferentes tipos de ejercicios:
  a- Todos los dedos juntos:
  Este ejercicio se basa en el cierre completo de la mano, consta de 3 series de 20 a 30 repeticiones con un final mantenido de 5 a 10 segundos.
  *Final mantenido: pausa dada al finalizar cada repetición

b- Dedos individuales:
Este ejercicio se basa en el movimiento individual de los dedos de la mano, consta de 2 series de 10 a 15 repeticiones por dedo.

c- Dedos intercalados o aleatorios:
Este ejercicio se basa en el movimiento individual de los dedos de la mano, consta de 2 series de 15 a 20 repeticiones por dedo.

2- Movilización Activa- Asistida:
Estos tipos de ejercicios se basan en el progreso de la recuperación del paciente poniendo a prueba la movilización de los dedos de la mano. El paciente comienza el movimiento y el guante lo termina. Se subdivide en tres diferentes tipos de ejercicios: Ídem 1: a, b, c.

3- Movilización Activa- Resistida:
Estos tipos de ejercicios se basan en la recuperación de fuerza de los dedos de la mano, con una resistencia ofrecida por el guante. Se subdivide en tres diferentes tipos de ejercicios: Ídem 1: a,b,c

- Duración: El usuario tendrá la opción de ingresar la cantidad de series y repeticiones que el paciente debe realizar acorde a la patología del mismo.

- Prueba de Avance: Esto se medirá a través de los sensores Flex los cuales son capaces de producir una diferencia de potencial dada por la variación de la resistencia en función al grado en que este flexionado.

Diagrama de bloque principal:

En la Figura 1 se presenta el diagrama de bloques principal que se desprende del análisis del funcionamiento del sistema. Se presentan a continuación del mismo, breves explicaciones de cada bloque.

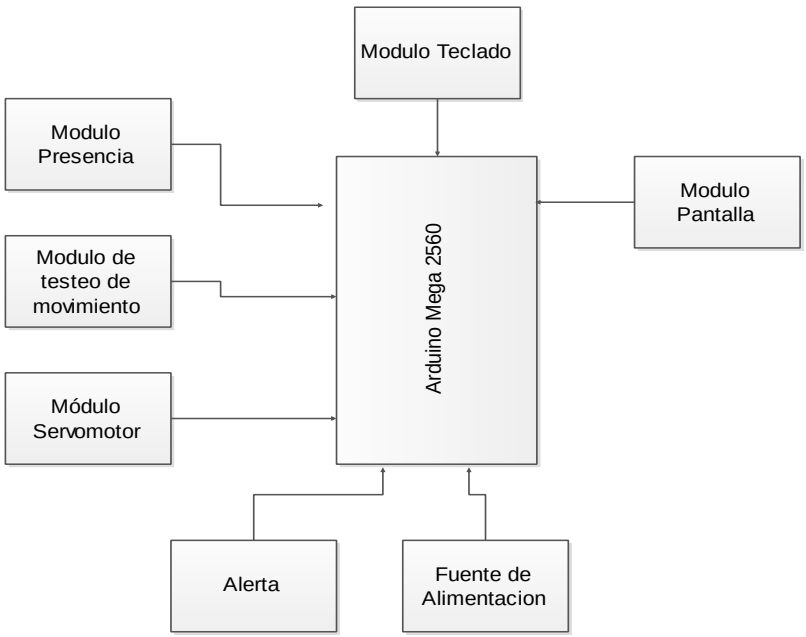



**Figura 1** - Diagrama principal del sistema

Modulo Teclado: Medio por el cual por el cual se realiza el ingreso de códigos correspondientes a:

- Enfermedad.
- Tipo de ejercicio.
- Duración.
- Prueba de avance.

Modulo Presencia: Botón indicador de la presencia de la mano en el guante.

Modulo Pantalla: Consiste en una pantalla LDC alfanumérica visualizador de datos.

Modulo Servomotor: Dispositivo electromecánico capaz de atraer el dedo del guante hacia el centro de la mano, permitiendo realizar distintas series de ejercicios.

Modulo Alerta: indicara la presencia o no de la mano a través de un indicador lumínico.

Modulo Testeo de movimiento: Se busca verificar el correcto funcionamiento de los servomotores.

Modulo prueba de avance: Mostrar mediante los sensores Flex el avance del paciente al realizar independientemente los ejercicios.

Modulo Fuente de alimentación: Alimenta a la placa Arduino “MEGA 2560” como así también a los servomotores

## Descripciones técnicas del proyecto

Circuito eléctrico

A placa Arduino

- Conexión del LCD al Arduino:

  VSS: se conecta a tierra (GND) de la plaqueta electrónica Arduino

  VDD: se conecta a VCC.

  VEE: se conecta en seria con una resistencia de 10K al puerto VCC del Arduino.

  Pines de datos:

  RS: va conectado a algún puerto PWM

  RW: se conecta al puerto de masa (GND).

  E: va conectado a algún puerto PWM.

  Pines e control

  D0, D1, D2, D3: serán conectados a los puertos digitales del Arduino, en este caso ocupando los pines del 22 al 29.

  Al respetar la conexión anteriormente realizada, el LCD ya estará encendido y procederá con programarlo.

  Su conexión no es compleja por el hecho de que solo se necesita administrarle tención al LCD, y conectar sus pines de forma que se comuniquen digitalmente con la plaqueta electrónica Arduino.

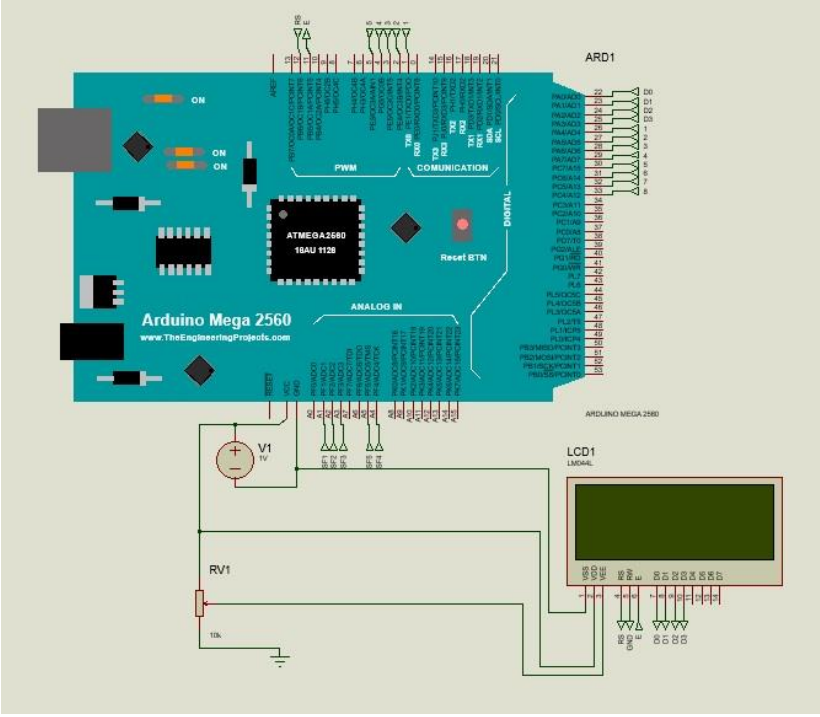



**Figura 2 -** Circuito distribución Arduino Mega 2560- pantalla LCD.

- Conexión de servomotor al Arduino

Para controlar el servomotor se le envía pulsos cada 20 ms es decir 50Hz. La anchura del pulso es lo que codifica el ángulo de giro, es decir lo que se conoce como PWM, codificación por ancho de pulso. Esta anchura varía según el servomotor pero normalmente va entre 0,5 y 2.5 ms.

Dicho componente se conecta a la placa electrónica Arduino, respetando lo que indican los colores de sus conectores:

Rojo: alimentación

Café: alimentación

Naranja: señal PWM

Los microservomotores, por más que sean Sg90, un tipo de servomotor pequeño, no son posibles de alimentar con la Arduino sola debido a que no le entrega el amperaje adecuado para trabajar, por ello se le coloca una fuente de alimentación independiente a los mismos, estos deben ser capaces de poseer un torque de 1.8kg, y poseen un ángulo de giro de 180°.

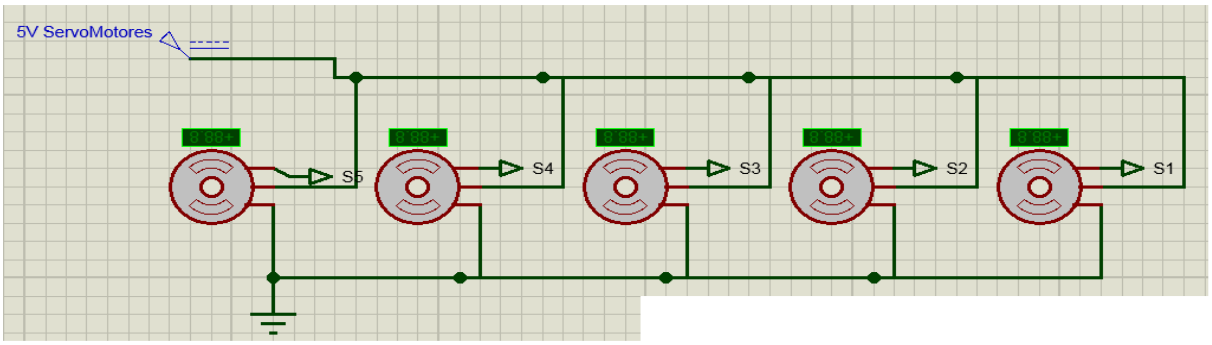



**Figura 3 -** Circuito servos motores.

- Conexión de sensores Flex al Arduino

Estos componentes, son de 6 cm y aumentan su valor óhmico al ser flexionados.

En lo que respecta su conexión, el pin Vcc del sensor Flex (marcado en la línea continua del componente) va a 5V de la Arduino, y el otro pin restante de la resistencia se coloca a tierra (GND), y por ultimo estará comunicada en serie con una entrada del Arduino tipo analógica a una resistencia de 47 ohms con tierra.

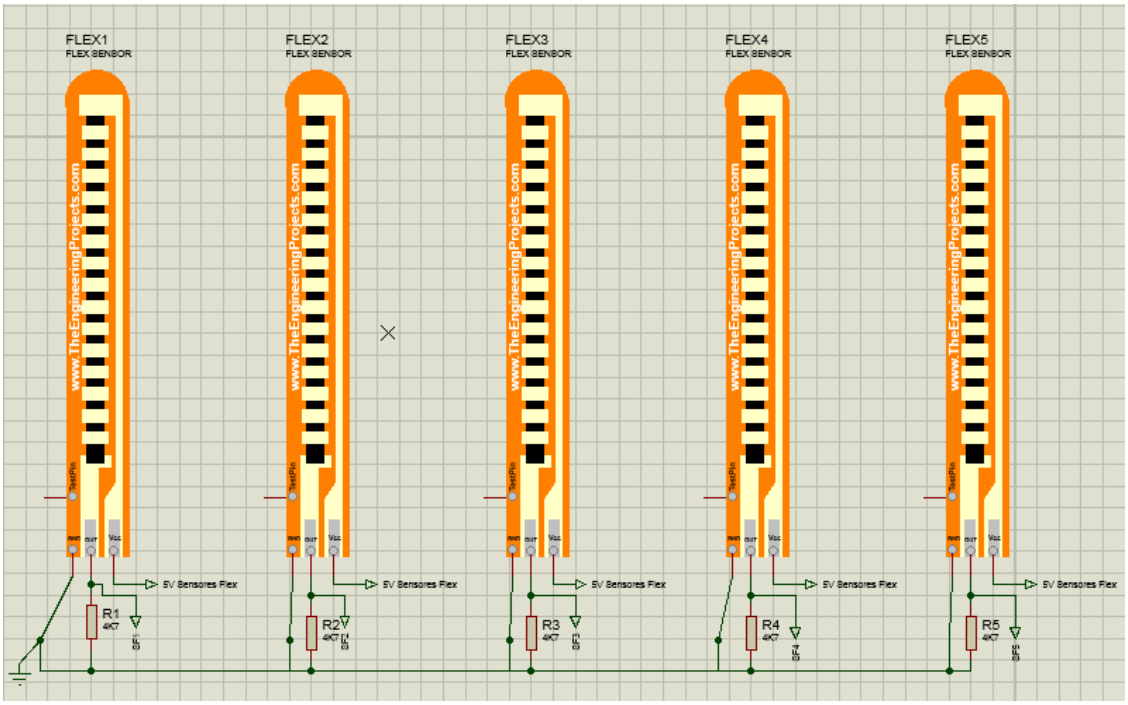



**Figura 4 -** Circuito sensores Flex.

- Conexión del teclado matricial al Arduino:

En la plaqueta electrónica Arduino mega 2560, así como en muchas otras de sus derivadas, para saber que tecla del teclado matricial se pulsa, lo que hace es poner tensión en todas las filas de forma secuencial, y luego lee las columnas para ver cuál de ellas se encuentra en HIGH (pulso en alto). Dicho procedimiento es debido a que en un teclado matricial cualquiera, cada tecla es un pulsador conectado a una fila y a una columna, y cuando se pulsa una de las teclas, se cierra un circuito único entre una fila y columna.

Estos estarán conectados a pines PWM de la plaqueta electrónica Arduino.

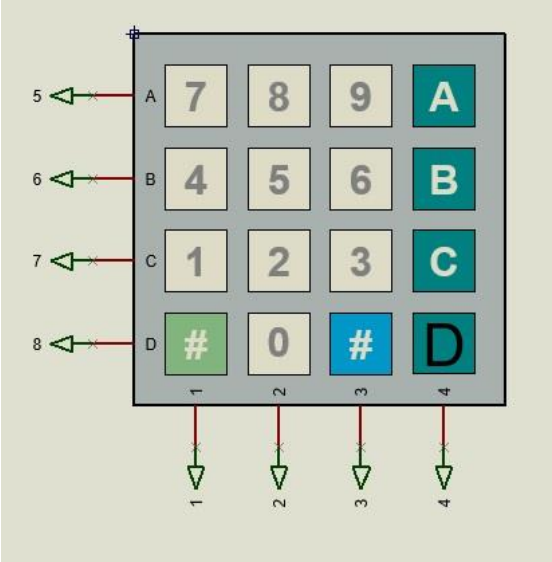



**Figura 5 -** Circuito teclado matricial.

Circuito eléctrico fuente de alimentación:

Dicha fuente será capaz de entregar el amperaje adecuado a los servomotores.

Este circuito cumple con la función de suministrar la energía necesaria para el correcto funcionamiento de los módulos que compone este proyecto, esta fuente posee un puente rectificador el cual cumple con la función de convertir la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC), para verificar su correcto funcionamiento se encuentra conectado en paralelo con un led con su respectiva resistencia limitadora.

El mismo contiene 3 reguladores de tensión, (7805, LM350 y 7812) dos de estos suministran una salida de 5V, y el tercero suministra 12V.

Dichos componentes emiten una corriente máxima de 1A, y en sus salidas y entradas se colocaron capacitores cerámicos de 100nF para estabilizarlos, esta fuente será conectada hacia los servomotores respetando sus conectores de masa y tensión.

La programación y diagrama de dichos componentes se encontrara adjunta a este informe.

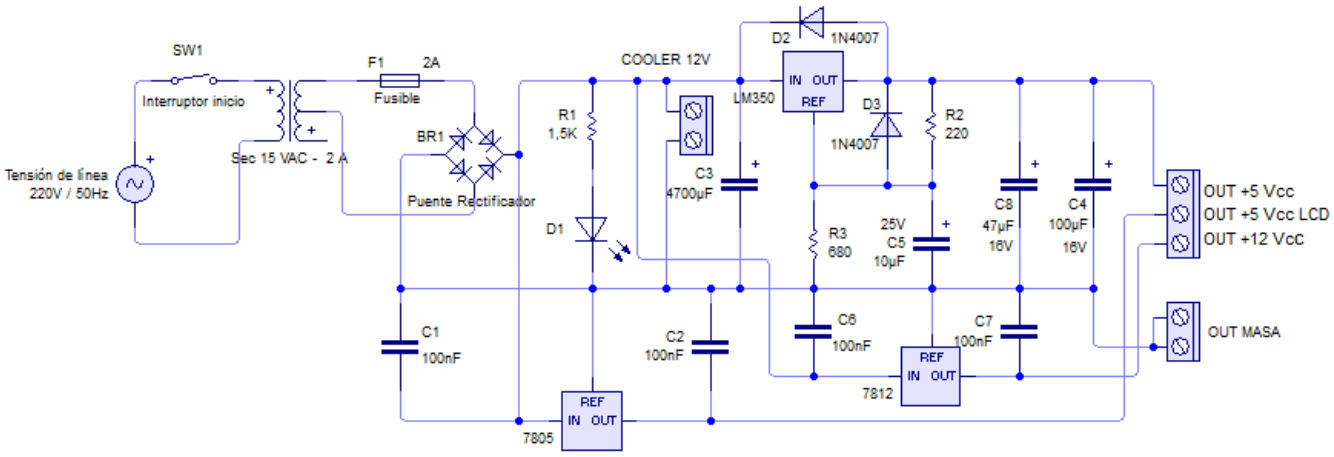



**Figura 6-** Circuito eléctrico de fuente de alimentación

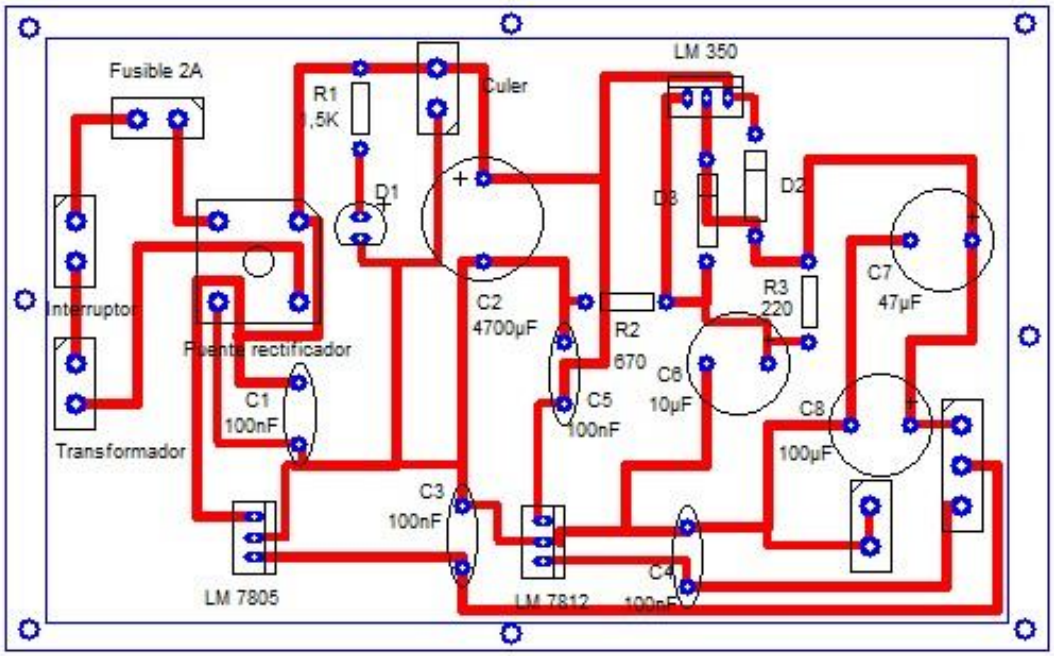



**Figura 7-** Circuito Fuente de alimentación en capa Normal.

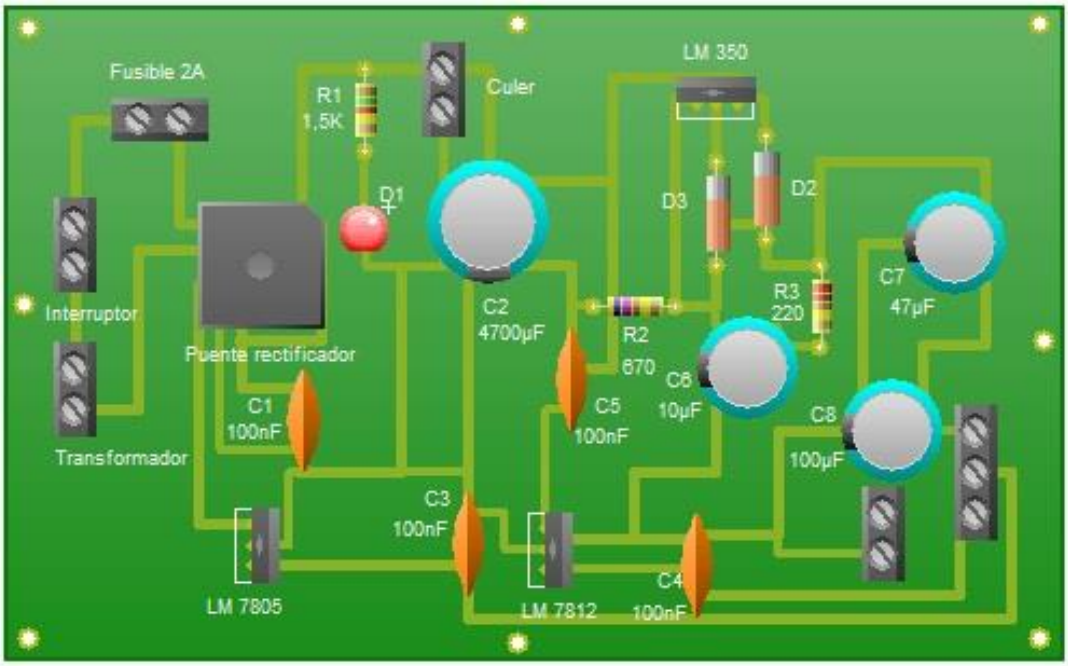



**Figura 8-** Circuito Fuente de alimentación en capa Real Word.

Mediciones:

Se realizaron mediciones partiendo desde las resistencias flexoras, encargadas del módulo de prueba de avance anteriormente mencionado, constatando su correcto estado y su variación del valor óhmico al estar esta resistencia sometida a diferentes grados de postura:
Resistencias a utilizar:

R11

R20

R27

R29

R245

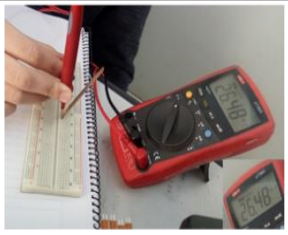
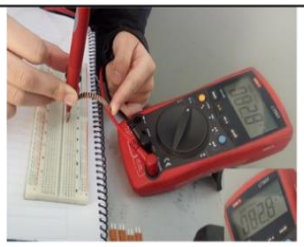
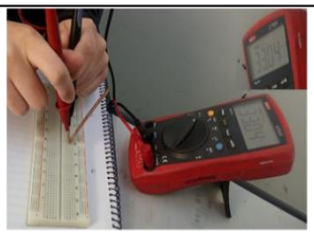
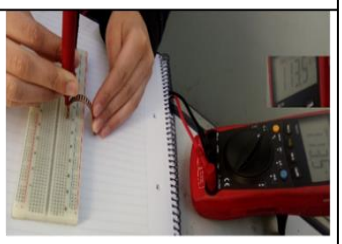
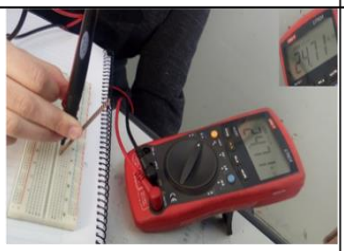
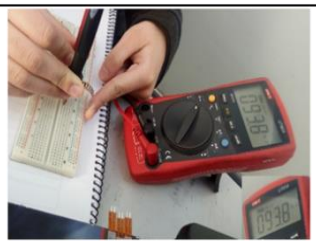
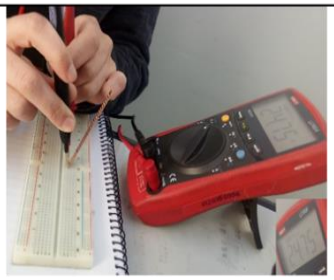
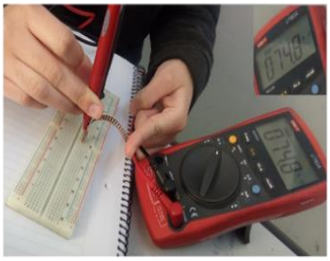
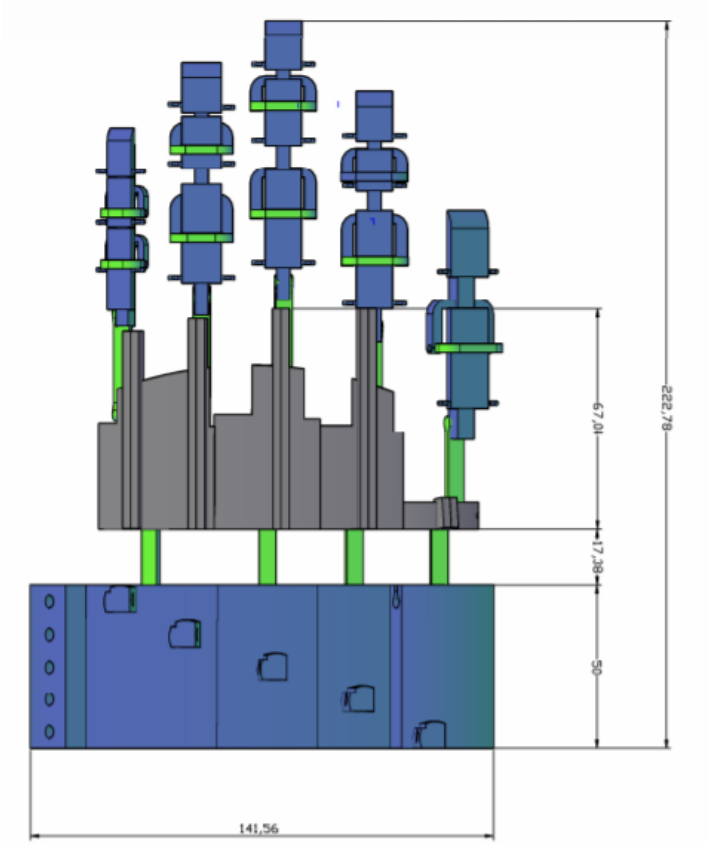
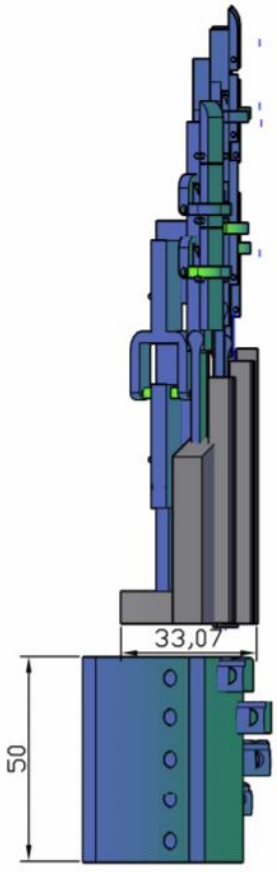
| RESISTENCIA | FLEXIONADA A 0° | FLEXIONADA A 90° | FLEXIONADA A 180° |
|---|---|---|---|
| R 11 | | | |
| R 20 |  |  | |
| R 27 |  | |  |
| R 29 |  | |  |
| R 245 |  |  | |

**Tabla 4 –** Mediciones a resistencias Flex

**Descripción general del prototipo logrado**

Construcción del prototipo



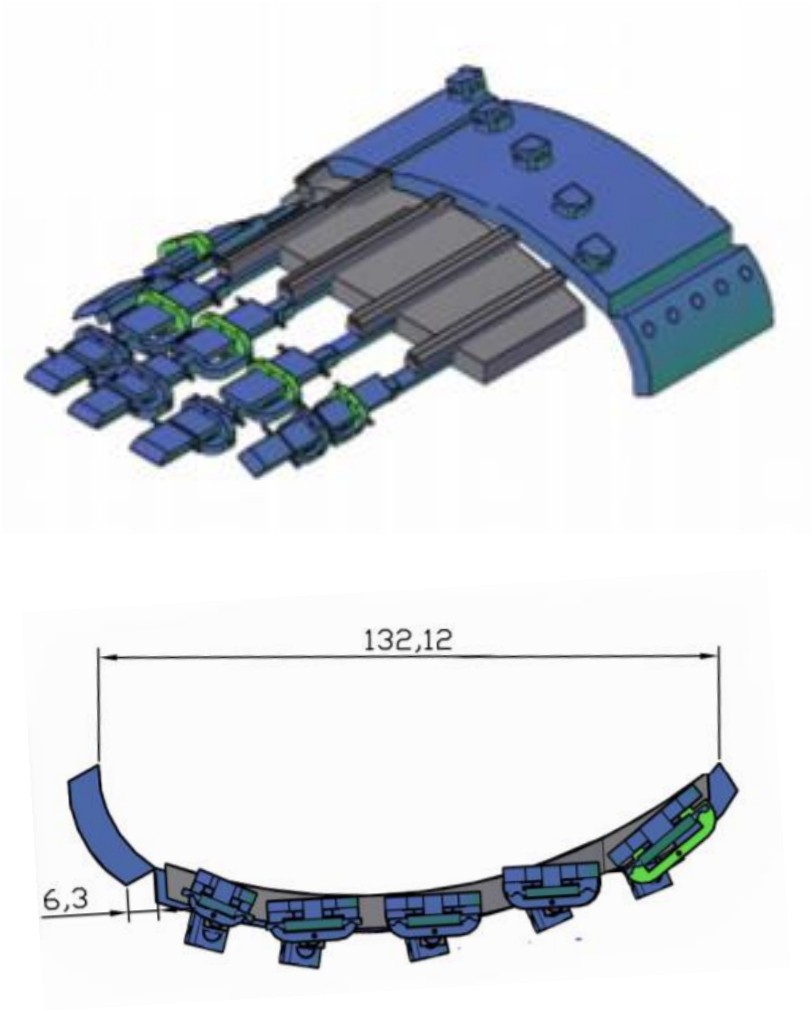



**Figura 9 –** Vista general de guante Exoesqueletico

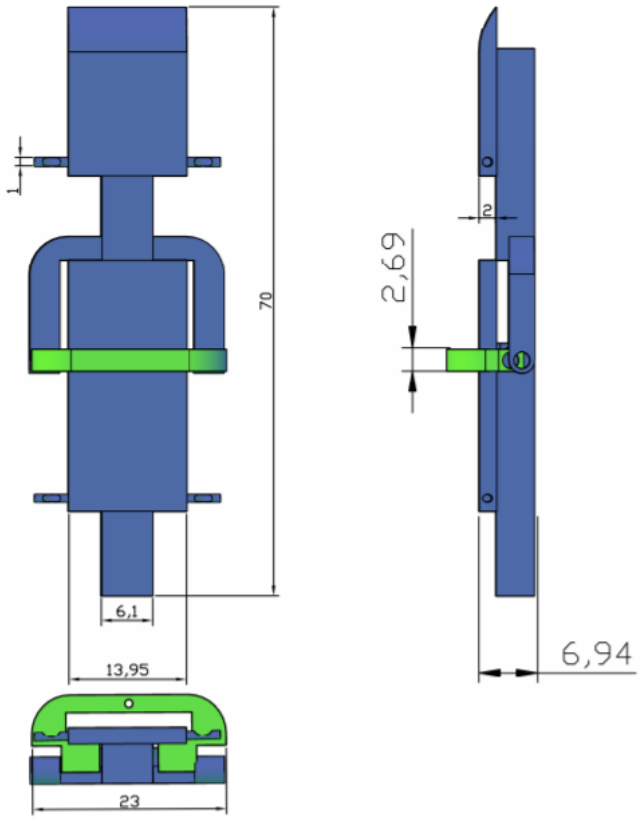



**Figura 10 –** Detalle de guías móvil de dedos del guante

Diagrama modular

La figura 12 presenta el diagrama modular que se relaciona con el funcionamiento definido anteriormente y el agrupamiento de las acciones necesarias para cumplir con el mismo. Este se relaciona directamente con los diagramas de flujo presentados en el Anexo 2 y el código fuente desarrollado en Arduino que se vuelca en el Anexo 3 del presente informe.

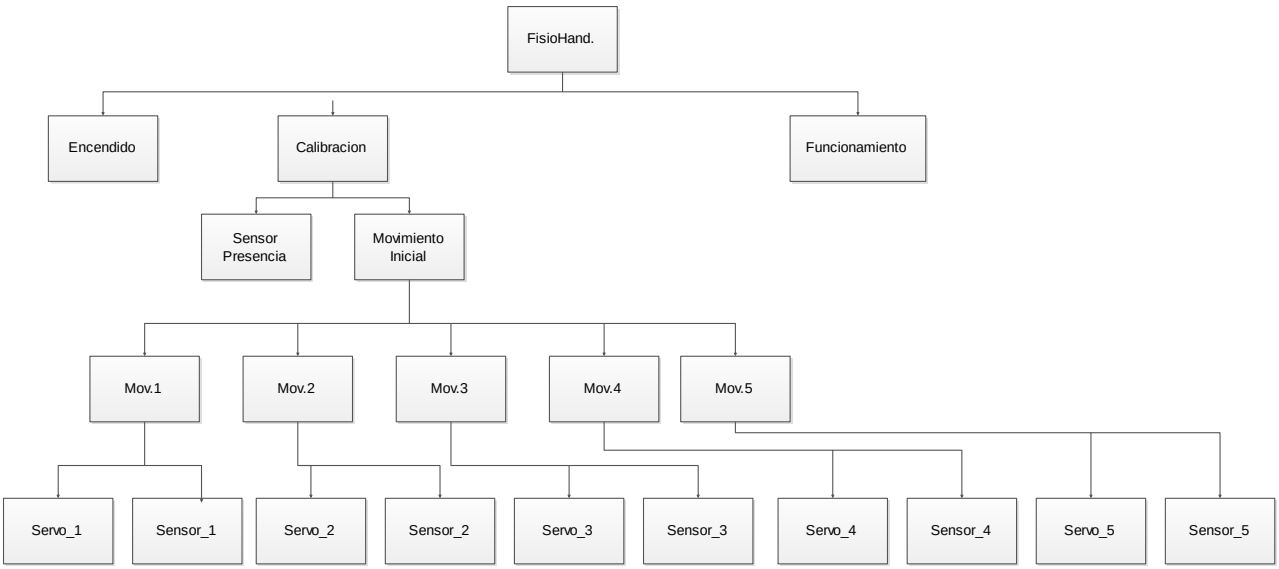



**Figura 12** – Diagrama modular de FisioHand

## Costos del proyecto

Costos de materiales y componentes:

En la tabla siguiente se presentan los costos de todos los materiales necesarios para poder realizar el montaje de la placa electrónica y el ensamblado de un prototipo FisioHand.

| ITEM | COMPONENTE ELECTRÓNICO | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO ($) | SUBTOTAL ($) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Arduino Mega 2560 | 1 | 300 | 300 |
| 2 | Bornera doble azul | 4 | 5.39 | 21.56 |
| 3 | Bornera tripe azul | 1 | 7.39 | 7.39 |
| 4 | Capacitor electrolítico 10µF/25V | 1 | 1.03 | 1.03 |
| 5 | Capacitor Electrolítico 100µF/16V | 1 | 1.38 | 1.38 |
| 6 | Capacitor electrolítico 4700µF | 1 | 20.48 | 20.48 |
| 8 | Capacitor electrolítico de 47µF/16V | 1 | 0.953 | 0.953 |
| 9 | Capacitores cerámicos de 100nF | 4 | 1.13 | 4.52 |
| 10 | Culer 12V | 1 | 69.61 | 69.61 |
| 11 | Diodos 1N4007 | 2 | 0.59 | 1.18 |
| 12 | Disipadores De Calor | 3 | 11.36 | 34.08 |
| 13 | Fusible 2A Vidrio | 1 | 1.88 | 1.88 |
| 14 | Interruptor Para Gabinete | 1 | 13.39 | 13.39 |
| 15 | Juego de cables con pin para protoboard | 1 | 123.44 | 123.44 |
| 16 | LCD 2x16 C/BACKLIGHT AZUL CARÁCTER | 1 | 175 | 175 |
| 17 | Led rojo de 5mm | 2 | 1.29 | 2.58 |
| 18 | Led verde de 5mm | 1 | 1.29 | 1.29 |
| 19 | Porta Fusible | 1 | 14.9 | 14.9 |
| 20 | Puente rectificador | 1 | 12.46 | 12.46 |
| 21 | Pulsadores NA 4 Pines | 1 | 1.19 | 1.19 |
| 22 | Regulador de tensión LM 7805- 5V 1,5A - TO220 | 1 | 9 | 9.025 |
| 23 | Regulador de tensión LM 7812-12V 1,5A- TO220 | 1 | 8.63 | 8.63 |
| 24 | Regulador de tensión LM350-1,2-32V 3A- TO220 | 1 | 44.24 | 44.24 |
| 25 | Resistencia 220Ω | 3 | 0.44 | 1.32 |
| 26 | Resistencia 680Ω 1/4W | 3 | 0.44 | 1.32 |
| 27 | Resistencia de 1,5 KΩ 1/4W | 3 | 0.44 | 1.32 |
| 28 | Resistencia de 22k 1/4W | 6 | 0.44 | 2.64 |
| 29 | Sensor Flex | 5 | 279 | 1395 |
| 30 | Servomotor | 5 | 111.12 | 555.6 |
| 31 | Teclado Matricial | 1 | 237.91 | 237.91 |
| 32 | Transformador 220 AC 12V 50Hz | 1 | 296.79 | 296.79 |
| | | | **TOTAL ($)** | **3362.108** |

**Tabla 5** – Tabla de costos en materiales y componentes de FisioHand

Costos de desarrollo:

Seguidamente se presentan los costos estimados que corresponden a la investigación y estudio realizado, al desarrollo y construcción, y también al ensayo, mediciones y calibraciones finales, según al tiempo aplicado en estos y al valor hora de trabajo estimado en 93 pesos argentinos por cada hora de un técnico electrónico, teniendo en cuenta un sueldo promedio de $8000, que trabaja 2 días a la semana, 4 horas diarias.

Todos los datos volcados en la tabla 9 se corresponden tomando los días de desarrollo del proyecto de su correspondiente diagrama de Gantt que se ve en la figura 9, y tomando las horas de trabajo que se dedicó por parte de los integrantes del grupo.

Se puede ver que el desarrollo de un prototipo conlleva mayores costos que el de los materiales necesarios, y que muchas veces no son tan perceptibles como éstos últimos, pero que en un desarrollo real son de suma importancia tanto para quien desarrolla el prototipo, como así también para el valor agregado final a éste.

| | TIEMPO APLICADO [H] | VALOR HORA TÉCNICO ELECTRÓNICO [$/H] | SUBTOTAL | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| Investigación y estudio | 7 semanas un promedio de 4 horas diarias, 2 días a la semana<br>56 Hs | 93 | $ 5.208 | $ 97.278 |
| Montaje y Ensamblado del prototipo | 4 semanas a un promedio de 4 horas diarias, 2 días a la semana<br>902 Hs | | $ 83.886 | |
| Ensayo y Mediciones | 11 semanas a un promedio de 4 horas diarias, 2 días a la semana<br>88 HS | | $ 8.184 | |

**Tabla 6** – Tabla de costos de desarrollo de FisioHand

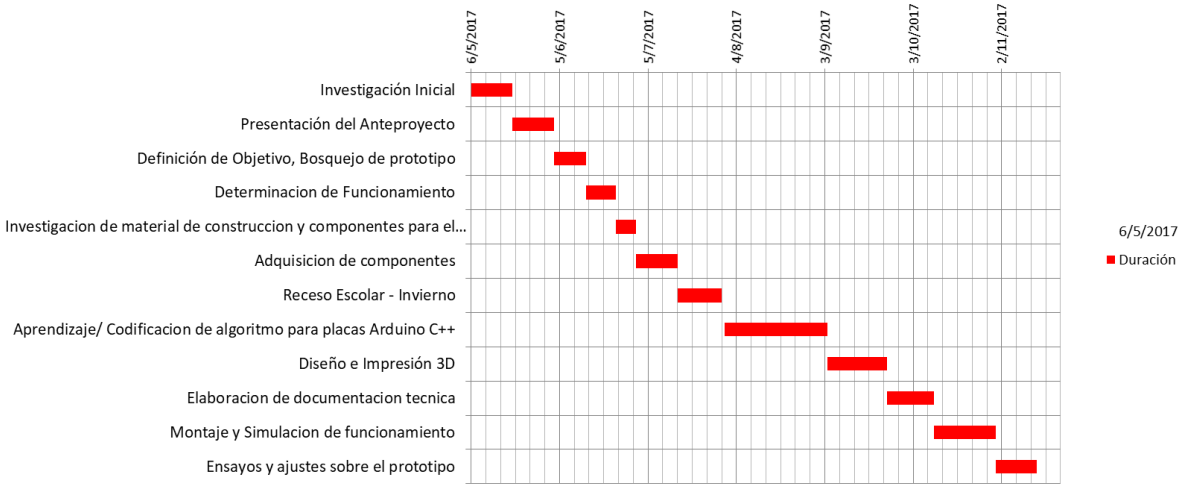



**Figura 13** – Diagrama de Gantt para la determinación de las semanas correspondientes a las actividades de desarrollo

## Conclusiones

Balance comparativo:

Al evaluar el prototipo creado, podemos ver que más allá del trabajo que significó su realización en cuanto al tiempo de investigación, de construcción y de desarrollo abordado, y a aquel que llevó a poner en óptimo funcionamiento al mismo, aplicando las calibraciones necesarias, se puede ver que se logró cumplir en un 80%, con el objetivo planteado en el presente informe, quedando ese 20% pendiente en lo que resta

contemplar la calibración y puesta a punto de la programación final, encargada de realizar adecuadamente la serie de movimientos.

Se puede sostener que se logró tener en cuenta el datasheet de seguridad e higiene (filaflex safety datasheet) y el datasheet técnico (filaflex technical datasheet) del material flexible utilizado para la impresión de distintas partes estructura hexoesqueletica, siendo este el indicado de asegurar la salud del paciente con el contacto directo hacia dicho material. Partiendo del mismo, se observó que este no correspondía para su uso médico, por lo cual se optó por adquirir otro material llamado Filamento Flex de la marca Printalot, el cual según su datasheet de seguridad no es abrasivo para la piel. Dichas hojas de datos serán adjuntas en la carpeta de campo.

Recomendaciones:

Evaluando el prototipo final logrado, se pueden establecer una serie de recomendaciones para mejorar el mismo:

- Dotar al dispositivo con una batería de 9V - 1000 mA/h

Propuestas:

En base a las recomendaciones planteadas desde el punto de autocrítica a lo logrado se establecen las siguientes propuestas para ellas:

- Una batería puede permitir dar mejor movilidad a la persona de traslado de un lugar a otro, sin necesidad de cargar con un transformador y/o fuente de alimentación.

Mejoras al trabajo:

Por último y ya en pos de incorporar nuevas ideas para seguir desarrollando a FisioHand se establecen las siguientes mejoras al proyecto:

- Brindar la practicidad del uso de la estructura en su totalidad, con el fin de hacer posible su adaptación en los hogares de los pacientes, permitiéndoles a los mismos crear sus propias series de ejercicios, sin la ayuda constante de un profesional.

**Bibliografía y recursos de internet consultados**


- AGUILAR Luis Joyanes. *Fundamentos de programación.* España. Ed. McGraw-Hill. 1988.
- AGUILAR Luis Joyanes. *Metodología de la programación.* España. Ed. McGraw-Hill. 1991.
- BARKER David. *Protón IDE*. Reino Unido. Ed. Mecanique. 2004.
- MALVINO, Albert Paul. *Principios de Electrónica***.** España. Ed. McGraw- Hill.1999.
- VASALLO Francisco Luis. *Enciclopedia del Técnico en Electrónica*. España. Ed. Ediciones CEAC. 2002.
- VIEJO Cecilio Blanco. *Fundamentos De Electrónica Digital.* España. Ed. Paraninfo. 2001.
- YOUNG - DOUGLAS Jhon. *Diccionario Enciclopédico de Electrónica.* España. Ed. Ediciones CEAC. 1992.
- http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/
- https://informe21.com/salud-y-bienestar/7-ejercicios-de-mano-para-aliviar-dolor-de-la-artritis
- https://medlineplus.gov/spanish/handinjuriesanddisorders.html
- http://www.electroensaimada.com/servomotor.html
- http://www.lunegate.net/2016/07/tutorial-aprender-usar-un-sensor-flex_31.html#.WQ3RidI1-00
- https://devcode.la/articulos/programacion-de-microcontroladores/
- http://arduinoec.blogspot.com.ar/2013/06/arduino-mega-2560-pwm-control-de-servo.html
- https://www.prometec.net/teclados-matriciales/#
- file:///C:/Users/PC/Downloads/13029550_S300_es%20(1).pdf
- http://digital.csic.es/handle/10261/2215

- http://www.analitica.com/bienestar/salud/oms-1-de-cada-30-personas-sufre-de-artritis-reumatoide/
- http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=300427&indexSearch=ID
- https://es.slideshare.net/CREAAUTOINMUNIDAD/artritis-reumatoide-27133732
- http://www.cuidateplus.com/enfermedades/musculos-y-huesos/artritis-reumatoide.html
- http://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-articulo-epidemiologia-artritis-reumatoide-13029550
- http://www.colfarrn.org.ar/biblio/biblio_archivos/ARTROSIS.pdf
- http://espanol.arthritis.org/espanol/la-artritis/investigacion/estadisticas/
- http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/reuma/v03_n3/osteoartrosis.htm
- http://plenilunia.com/padecimientos/lo-que-debes-conocer-de-la-artritis-reumatoide-en-america-latina/37524/
- https://www.news-medical.net/health/Rheumatoid-Arthritis-Epidemiology-(Spanish).aspx
- http://espanol.arthritis.org/espanol/la-artritis/investigacion/estadisticas/
- http://hist.library.paho.org/Spanish/BOL/v101n4p309.pdf
- http://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-articulo-epidemiologia-artritis-reumatoide-13029550
- http://www.who.int/features/factfiles/ageing/ageing_facts/es/index6.html
- http://search.who.int/search?q=luxaci%C3%B3n&spell=1&ie=utf8&site=who&client=_es_r&lr=lang_es&proxystylesheet=_es_r&output=xml_no_dtd&access=p
- https://sites.google.com/site/artritisreumatoide05/datos-interesantes/estadisticas
- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0121812315001231
- http://www.scielo.org.co/pdf/rcre/v22n3/v22n3a01.pdf
- Licenciado en Kinesiología y Fisioterapia. Campos Sebastián Esteban, Matrícula LK021.

## ANEXO 1: Patologías

Artritis reumatoide:

La artritis reumatoide es una enfermedad que afecta las articulaciones o coyunturas. Causa dolor, hinchazón y rigidez. Si una mano tiene artritis reumatoide, usualmente la otra mano también está afectada. Esta enfermedad ocurre a menudo en más de una articulación y puede afectar cualquiera de las articulaciones. Las personas con esta enfermedad pueden sentir malestar y cansancio, y a veces pueden tener fiebre.

Algunas personas padecen la enfermedad en forma leve o moderada con épocas en que los síntomas empeoran y épocas en que se mejoran. En los casos más graves, la enfermedad puede durar muchos años o toda la vida. Esta forma de la enfermedad puede causar daños graves a las articulaciones.

Artrosis:

La artrosis es una enfermedad crónica que afecta a las articulaciones.

Normalmente está localizada en:

- Las manos
- Las rodillas
- La cadera
- La columna vertebral

La artrosis provoca dolor, inflamación e impide que se puedan realizar con normalidad algunos movimientos tan cotidianos como cerrar la mano, subir escaleras o caminar.
La artrosis también provoca el deterioro del cartílago, provocando que los huesos se vayan desgastando y aparezca el dolor.
El cartílago es el tejido encargado de recubrir los extremos de estos huesos y es indispensable para el buen funcionamiento de la articulación puesto que actúa como un amortiguador.
A medida que el cartílago va desapareciendo, el hueso reacciona y crece por los lados (osteofitos) produciendo la deformación de la articulación.
Las manifestaciones de la artrosis son muy variadas, progresivas y aparecen dilatadas en el tiempo.
Algunos síntomas:

- El dolor articular
- La limitación de los movimientos
- Los crujidos

En algunas ocasiones, el derrame articular. Además, algunas personas pueden presentar rigidez y deformidad articular.
En su tratamiento se aconseja que cada paciente tenga una tabla de ejercicios personalizada y adaptada que deberá realizar bajo la supervisión del fisioterapeuta para mejorar el curso de la enfermedad.
También se hace uso de Antiinflamatorios y/o analgésicos y medicamentos condroprotectores.

Post- Quirúrgicos: Dupuytren:

Se la define como una contractura de la fascia palmar debida a proliferación fibrosa, que da lugar a deformidades en flexión y pérdida de la función de los dedos de la mano con incapacidad grave.

El tejido que recubre los músculos de la mano, llamado aponeurosis palmar media, se retrae y tira de los tendones de la palma de la mano de modo que ya no se pueden extender. Este tejido se va haciendo muy fibroso, de ahí el nombre de fibromatoso. En sentido estricto no hay dolor, sino una molestia muy marcada en los dedos.

Traumatismos Discretos: Luxaciones:

Una luxación o dislocación es toda lesión capsulo- ligamentosa con pérdida del contacto de las superficies articulares por causa de un trauma grave, este mismo puede ser total (luxación) o parcial (subluxación).
Una luxación es la separación permanente de las dos partes de una articulación, es decir, se produce al aplicarse una fuerza extrema sobre un ligamento, produciendo la separación de los extremos de dos huesos conectados.

En un principio se aplica hielo para reducir la inflamación y el dolor, luego se lo deja en reposo y una vez asegurada la articulación, luego de ser revisado por un especialista se realizan los ejercicios adecuados para la recuperación correspondiente.

Lesiones:

Una lesión es una alteración anormal que se detecta y observa en la estructura o morfología de una cierta pare o área de la estructura corporal, que puede presentarse por daños internos o externos. Las lesiones producen modificaciones en las funciones de los órganos, aparatos y sistemas corporales, generando problemas en la salud.

- ✓ Fracturas de mano:

  Una fractura de mano es cuando uno de los huesos se quiebra. La mano está formada por huesos llamadas falange y metacarpianos. Las falanges conforman a los dedos, y los metacarpianos conforman los nudillos y conectan la mano a la muñeca. A menudo una fractura es resultado de una lesión, como por ejemplo accidentes automovilísticas y deportivos. Una caída sobre la mano o un golpe directo en la mano en un deporte, como el boxeo, podrían producir una fractura de mano.

Enfermedades degenerativas:

Una enfermedad degenerativa es una afección generalmente crónica mediante un proceso continuo basado en cambios degenerativos en las células, en la cual la función o la estructura de los tejidos u órganos afectados empeoran con el transcurso del tiempo. La misma se puede manifestar por procesos normales de desgaste del cuerpo, elecciones relacionadas con el estilo de vida tales como ejercicio o hábitos alimenticios. A menudo las enfermedades degenerativas son contrapuestas con las enfermedades infecciosas.
Se originan por la alteración anatómica y funcional de los tejidos de cualquier órgano, aparato o sistema del organismo.

- ✓ Atrofiacion:

  Cuando se habla de atrofia muscular, no suele pensarse que puede ocurrir en las manos, sin embargo en determinadas condiciones, los músculos de la mano pueden atrofiarse, de modo que la persona pierde fuerza y coordinación.

Enfermedades neurológicas:

El cerebro, la médula espinal y los nervios conforman el sistema nervioso. En conjunto controlan todas las funciones del cuerpo. Cuando algo funciona mal en una parte del sistema nervioso, es posible que tenga dificultad para moverse, hablar, tragar, respirar o aprender. También puede haber problemas con la memoria, los sentidos o el estado de ánimo.
Existen 600 enfermedades neurológicas, sin embargo abarcaremos una:

- ✓ ACV

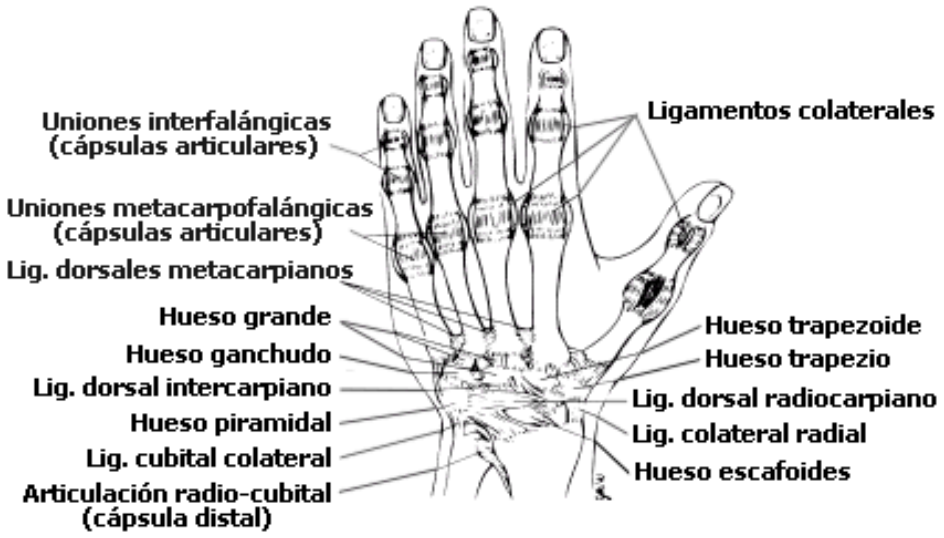
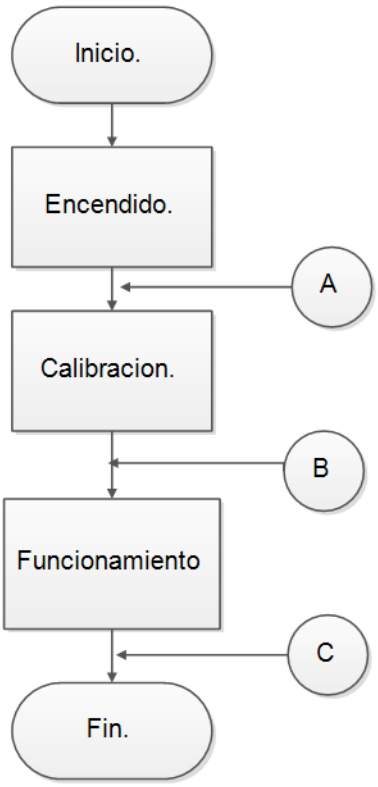


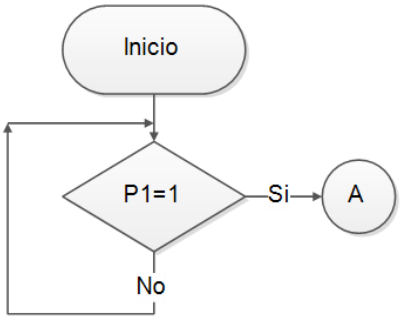

**Figura 1-** Composición de los huesos de la mano.

**ANEXO 2:** Diagramas de flujo

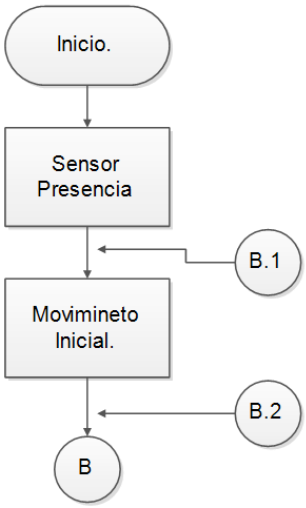
FisioHand:



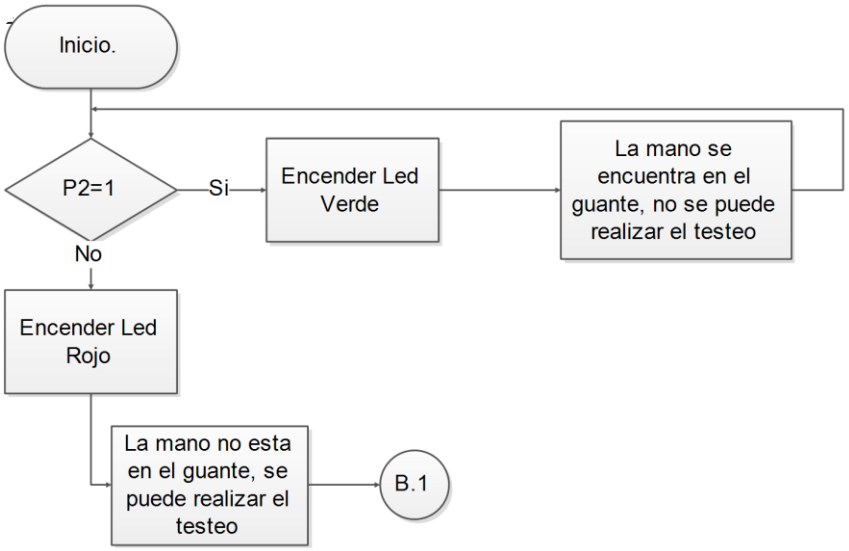

Encendido:



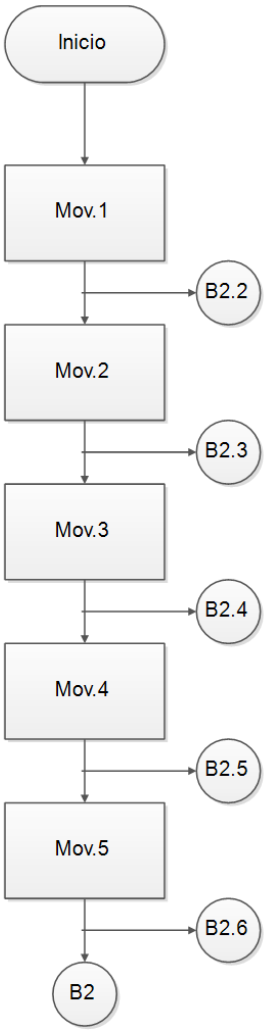

Calibración:



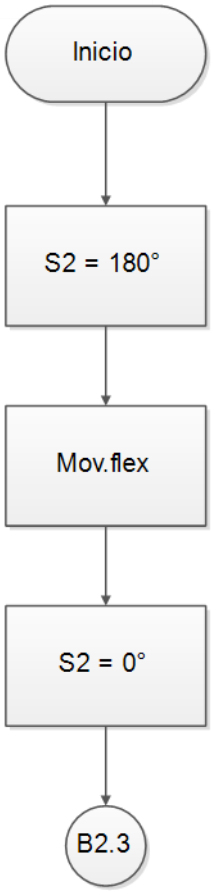
Sensor de Presencia:



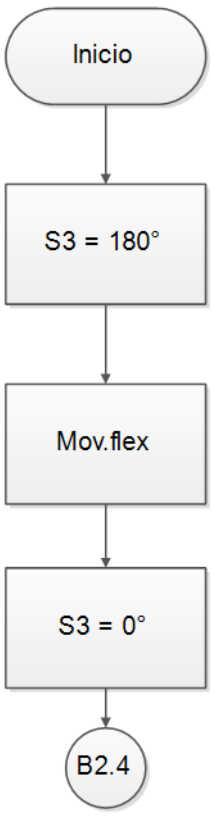

Movimiento Inicial:



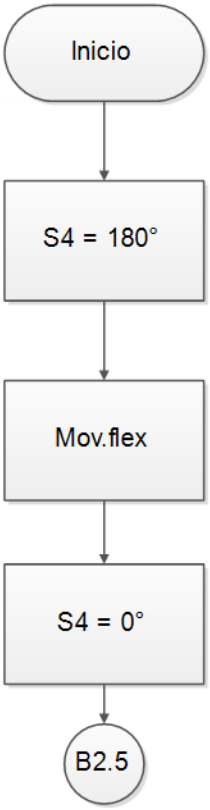
Mov.2:



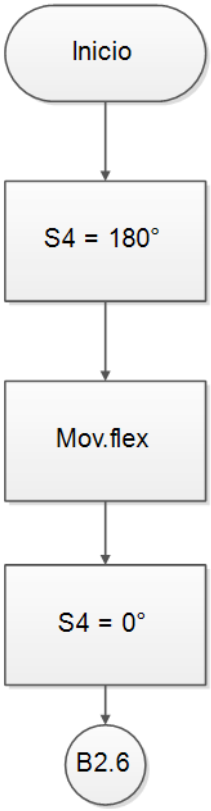

Mov.3



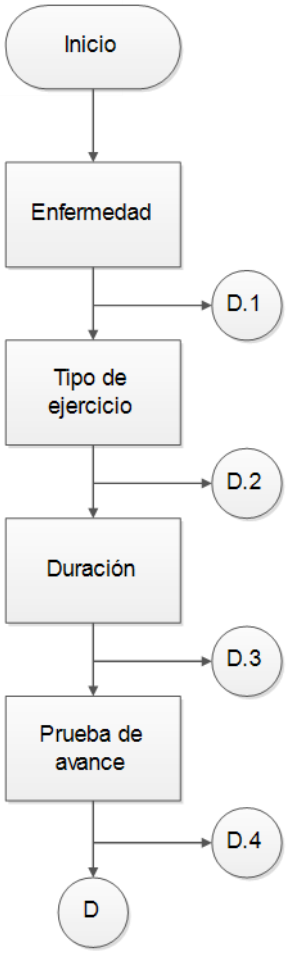
Mov.4



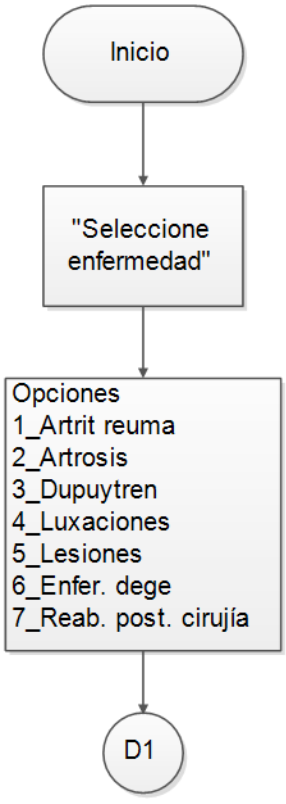

Mov.5:



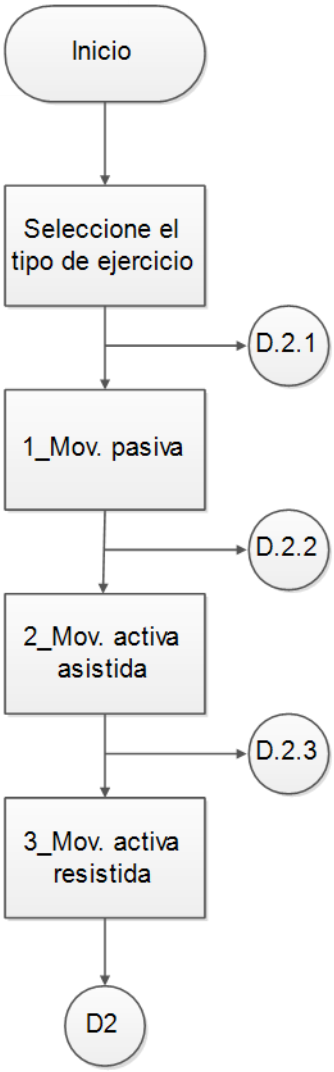
Funcionamiento:



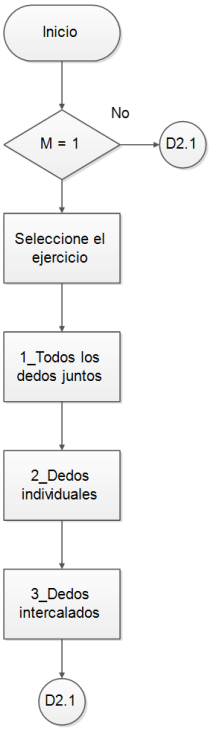

Enfermedad:



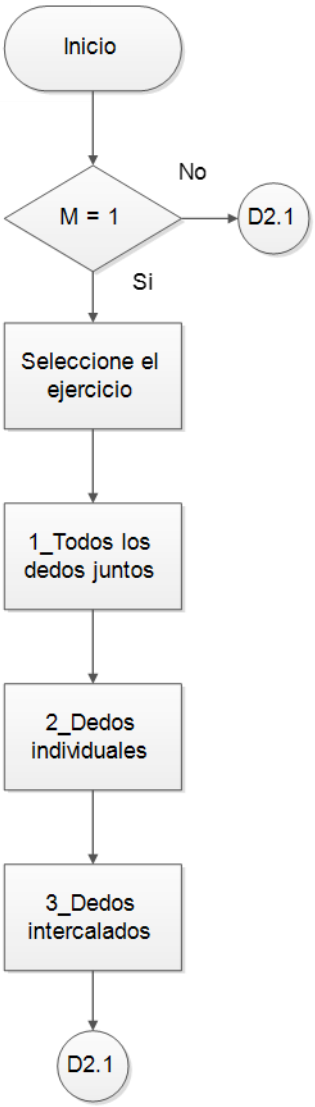
Tipos de ejercicios:



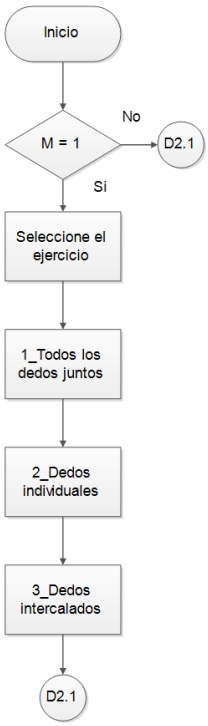

1_Mov. Pasiva:



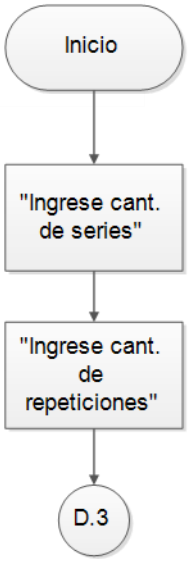
## 2_Mov. Asistida Pasiva:




## 3_Mov. Activa Resistida:



Duración:


Inicio
"Ingrese cant. de series"
"Ingrese cant. de repeticiones"
D.3

**ANEXO 3:** Codificación en lenguaje Arduino

Prueba de avance:

```
#include <LiquidCrystal.h>
#define COLS 4 // Columnas del LCD
#define ROWS 4 // Filas del LCD
#define VELOCIDAD 300
LiquidCrystal lcd(12, 11, 22, 23, 24, 25);
const int FLEX_PIN = A0; // Pin connected to voltage divider output
#include <Keypad.h>
const byte ROWS = 4; //four rows
const byte COLS = 4; //four columns
//define the cymbols on the buttons of the keypads
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'*','0','#','D'}
};
byte rowPins[ROWS] = {26, 27, 28, 29}; //connect to the row pinouts of the
keypad
byte colPins[COLS] = {30, 31, 32, 33}; //connect to the column pinouts of the
keypad

//initialize an instance of class NewKeypad
Keypad customKeypad = Keypad( makeKeymap(hexaKeys), rowPins, colPins, ROWS,
COLS);


// Measure the voltage at 5V and the actual resistance of your
// 47k resistor, and enter them below:
const float VCC = 4.98; // Measured voltage of Ardunio 5V line
const float R_DIV = 4700.0; // Measured resistance of 3.3k resistor

// Upload the code, then try to adjust these values to more
// accurately calculate bend degree.
const float STRAIGHT_RESISTANCE = 20000.0;
const float BEND_RESISTANCE = 120000.0;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

  // Configuración monitor serie
Serial.begin(9600);
// Configuramos las filas y las columnas del LCD en este caso 16 columnas y 2
filas
lcd.begin(16, 3);
        Serial.begin(9600);
        pinMode(A1, INPUT);
        pinMode(A2, INPUT);
        pinMode(A3, INPUT);
        pinMode(A4, INPUT);
        pinMode(A5, INPUT);

}

void loop()
{

  // Esperamos 2 segundos igual a 2000 milisegundos
  delay(2000);
         // Read the ADC, and calculate voltage and resistance from it
         int flexADC1 = analogRead(A1);
        float flexV1 = flexADC1 * VCC / 1023.0;
         float flexR1 = R_DIV * (VCC / flexADC1 - 1.0);
```

```
          float angle1 = map(flexR1, STRAIGHT_RESISTANCE, BEND_RESISTANCE,
                   0, 110.0);

          delay(500);
          // Read the ADC, and calculate voltage and resistance from it

          int flexADC2 = analogRead(A2);

         float flexV2 = flexADC2 * VCC / 1023.0;
          float flexR2 = R_DIV * (VCC / flexV2 - 1.0);

          // Use the calculated resistance to estimate the sensor's
          // bend angle:
         float angle2 = map(flexR2, STRAIGHT_RESISTANCE, BEND_RESISTANCE,
                   0, 110.0);

  delay(2000);
          // Read the ADC, and calculate voltage and resistance from it
          int flexADC3 = analogRead(A3);

         float flexV3 = flexADC3 * VCC / 1023.0;
          float flexR3 = R_DIV * (VCC / flexV3 - 1.0);

          float angle3 = map(flexR3, STRAIGHT_RESISTANCE, BEND_RESISTANCE,
                   0, 110.0);
   delay(500);
          // Read the ADC, and calculate voltage and resistance from it
          int flexADC4 = analogRead(A4);

         float flexV4 = flexADC4 * VCC / 1023.0;
         float flexR4 = R_DIV * (VCC / flexV4 - 1.0);

          float angle4 = map(flexR4, STRAIGHT_RESISTANCE, BEND_RESISTANCE,
                   0, 110.0);

          // Read the ADC, and calculate voltage and resistance from it
         int flexADC5 = analogRead(A5);

         float flexV5 = flexADC5 * VCC / 1023.0;
          float flexR5 = R_DIV * (VCC / flexV5 - 1.0);

          float angle5 = map(flexR5, STRAIGHT_RESISTANCE, BEND_RESISTANCE,
                   0, 110.0);

          delay(500);
          char customKey = customKeypad.getKey();
  lcd.println("si quiere realizar la prueba de avance, pulse uno");
    if (customKey == '1'){
      if (angle5 >5 && angle5 <15 && angle4 >5 && angle4 <15 && angle3 >5 &&
angle3 <15 && angle2 >5 && angle2 <15 && angle1 >5 && angle1 <15  ){
          lcd.print("su avance es de un 40%");
      if (angle5 < 3);{
          lcd.print("su avance es de un 0%");
      }
          }
    }
}
```

Ejercicios con el microservomotor:

```
#include <Servo.h>
#include <Servo.h>
#include <Servo.h>
#include <Servo.h>
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
// Declaramos la variable para controlar el servo
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
Servo servoMotor_1;
Servo servoMotor_2;
Servo servoMotor_3;
Servo servoMotor_4;
Servo servoMotor_5;

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print("FisioHand");
  Serial.begin(9600);
  servoMotor_1.attach(6);
  servoMotor_2.attach(2);
  servoMotor_3.attach(3);
  servoMotor_4.attach(4);
  servoMotor_5.attach(5);

}

void loop() {
  lcd.begin(16, 2);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.print("Iniciando primer ejercicio");
  // Iniciamos el monitor serie para mostrar el resultado
  Serial.begin(9600);

  // Iniciamos el servo para que empiece a trabajar con el pin 9
  servoMotor_1.attach(6);
  servoMotor_2.attach(2);
  servoMotor_3.attach(3);
  servoMotor_4.attach(4);
  servoMotor_5.attach(5);

  servoMotor_2.write(0);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(2000);

  // Desplazamos a la posición 90°
  servoMotor_2.write(90);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(2000);

  // Desplazamos a la posición 180°
  servoMotor_2.write(180);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(5000);
   servoMotor_3.write(0);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(2000);

  // Desplazamos a la posición 90°
  servoMotor_3.write(90);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(2000);

  // Desplazamos a la posición 180°
  servoMotor_3.write(180);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(5000);
   servoMotor_4.write(0);
  // Esperamos 1 segundo
  delay(2000);

  // Desplazamos a la posición 90°
```

```
    servoMotor_4.write(90);
    // Esperamos 1 segundo
    delay(2000);

    // Desplazamos a la posición 180°
    servoMotor_4.write(180);
    // Esperamos 1 segundo
    delay(5000);
     servoMotor_5.write(0);
    // Esperamos 1 segundo
    delay(2000);

    // Desplazamos a la posición 90°
    servoMotor_5.write(90);
    // Esperamos 1 segundo
    delay(2000);

    // Desplazamos a la posición 180°
    servoMotor_5.write(180);
    // Esperamos 1 segundo
    delay(5000);
}
```