



LabHand

Carpeta Técnica

Proyecto final 7° Año

Institución: Escuela de Educación Secundaria Técnica N° 7 Taller Regional Quilmes

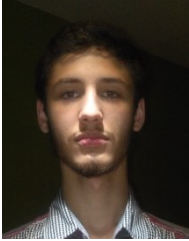


Nombre del proyecto: LabHand

Año de Desarrollo: 2020

Link de GitHub: <https://github.com/impatrq/labhand>

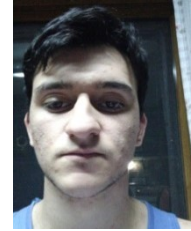
Integrantes



Augusto Castro Aguilar
DNI: 43.851.105
Curso: 7° 2° Aviónica



Carlos Federico Kainz
DNI: 43.804.356
Curso: 7° 2° Aeronáutica



Matías Daglio
DNI: 44.052.204
Curso: 7° 2° Aviónica

El proyecto **LabHand** se inició en marzo de 2020, aunque su gestación había comenzado varios meses antes. El desarrollo de dicho proyecto duró aproximadamente unas 28 semanas. Las tareas llevadas adelante fueron:

- Augusto Castro Aguilar: Diseño de los circuitos, logística y planeación. 40 Horas
- Matias Daglio: Programación del sistema sensor y actuador. 100 Horas
- Carlos Kainz: Diseño y construcción de la mano y del hardware

Asimismo, el proyecto contó con el apoyo del Licenciado en Terapia Ocupacional Fernando Javier Castro, en cuanto al asesoramiento en materia de los conocimientos anatómicos de la mano humana, sus movimientos y fuerzas y de Nestor Kainz en las modificaciones del diseño con respecto de la mano. Por su parte, el profesor Sergio Medina prestó su apoyo en nociones de programación y diseño de los circuitos.

Índice:

- [Introducción](#)
- [Software](#)
- [Sistema embebido](#)
- [Electrónica](#)
- [Estructura](#)
- [Anexo](#)

Introducción

Objetivos

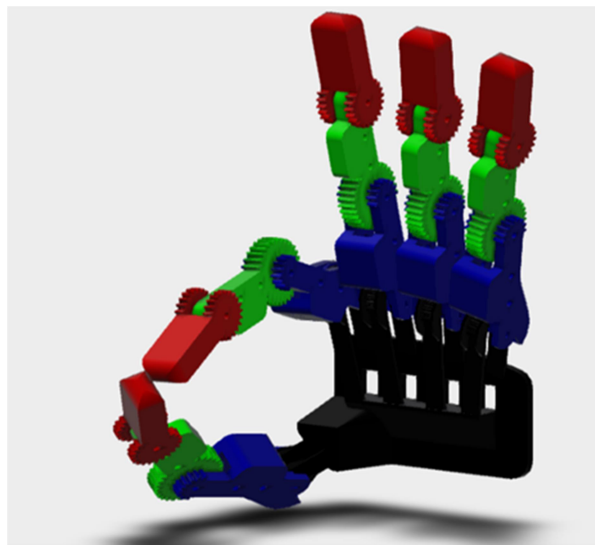
El proyecto LabHand busca reducir la exposición del ser humano a ambientes peligrosos o delicados, donde la interacción de una persona sea perjudicial a la integridad del ambiente. También se busca reducir la contaminación por residuos provenientes de los trajes de protección desechables y de mejorar la calidad de vida del usuario al no exponerse a materiales peligrosos.

Solución

Para poder resolver estos problemas, desarrollamos una mano robótica adaptable y universal. La misma es controlada a distancia a través de un guante sensor de forma inalámbrica.

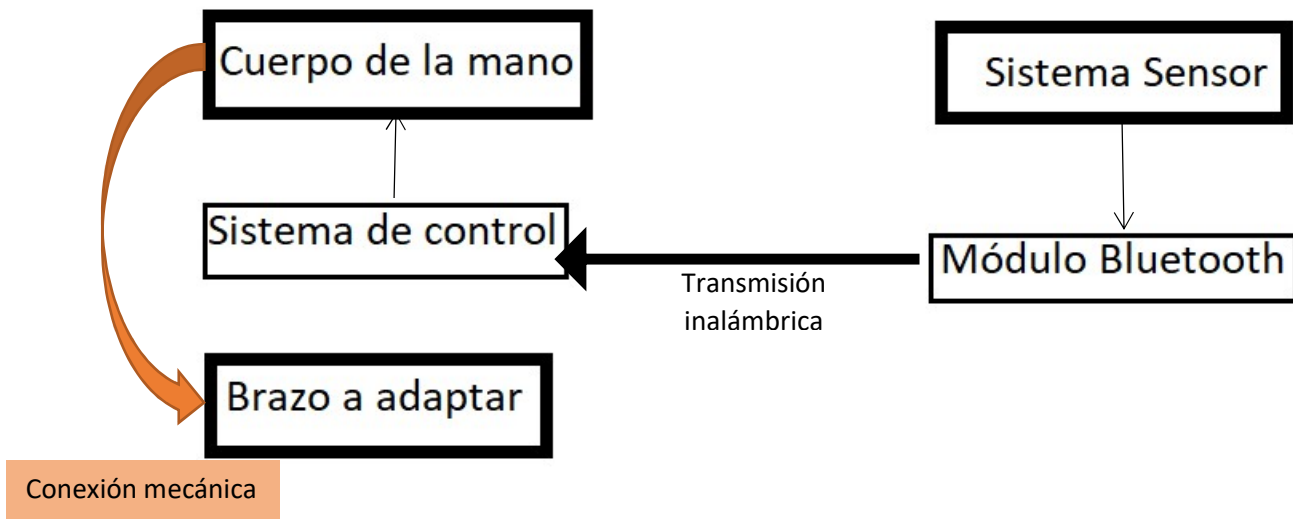
LabHand apunta a mejorar la calidad del trabajo automático, sin dejar de lado al ser humano ya que requiere del mismo para controlarse. Para ello, se vale de las habilidades manuales del usuario al desempeñar la tarea y, a través de este sistema, se protege al mismo de cualquier peligro.

Al poder adaptarse el diseño de los dedos y la palma a las necesidades del usuario, este proyecto impactará en gran medida en las industrias, laboratorios e incluso en hospitales, mejorando la capacidad laboral y productiva de todos estos ambientes. A su vez, mejorará la capacitación de los trabajadores al enseñarle a incorporar nociones básicas de robótica necesarias para operar el sistema. Adicionalmente, el impacto ecológico de la implementación de LabHand es muy bajo, ya que las piezas son resistentes e independientes a la hora de desarmarse para el mantenimiento o reemplazo de las mismas; esto evita un desperdicio de materiales resultado de tener que fabricar todo un set completo.



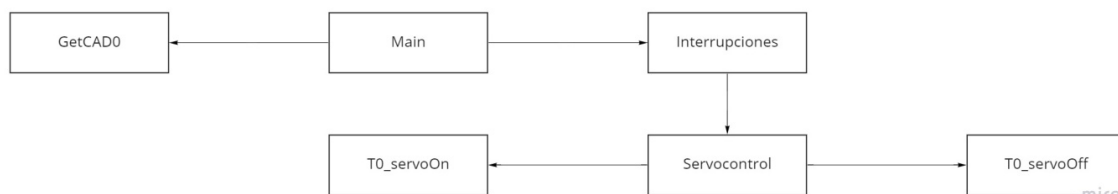
Diseño de la versión
escogida

Diagrama de bloques general



Sistema Embebido

Se utilizó un sistema embebido en la etapa del transductor, que consta del microcontrolador PIC 16F877A conectado a los servos. Para la programación del mismo, se empleó el software MPLAB, de la empresa Microchip Technologies.



El sistema se programó utilizando lenguaje C con XC8. Algunas capturas significativas del código pueden verse a continuación:

```
short getCADO () {  
    ADCON1 = 0b00001110;  
    ADCON0 = 0b00000000;  
    ADCON2 = 0b00100101;  
    ADCON0bits.ADON = 1;  
    ADCON0bits.GO_DONE = 1;  
    while (ADCON0bits.GO_DONE==1) {  
    }  
    return ADRESH;  
}
```

Conversor
analógico digital

```
void main (void) {  
    OSCCON = 0b01110000;  
    TRISAbits.RA0=1;  
    TRISCbits.RC2=0;  
    servo=128;  
    servocontrol();  
    while(1) {  
        servo=getCADO();  
    }  
    return;  
}
```

Main

```
void __interrupt() Interrupciones (void) {  
    INTCONbits.GIE = 0;  
    INTCONbits.TOIF = 0;  
    servocontrol();  
}
```

Interrupciones

Los periféricos utilizados fueron los siguientes:

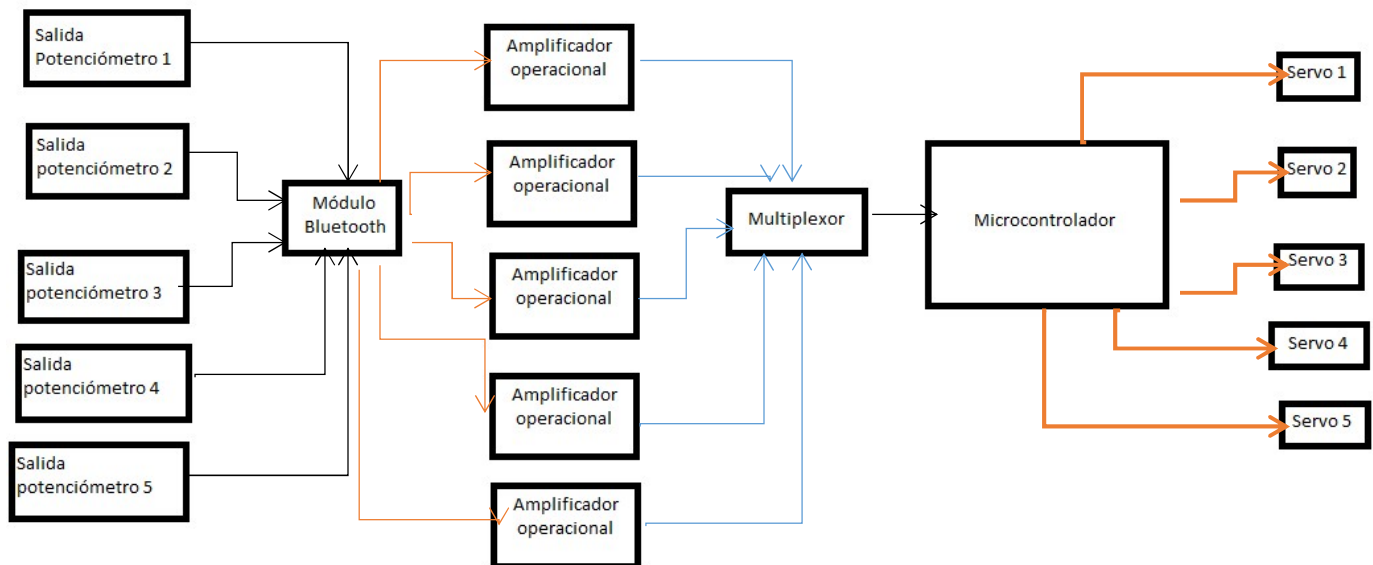
OSCON / ADCONn / ADRES / TnCON / TMRn / TRIS

Toda la estructura se basa en un sistema que transforma una señal analógica de voltaje en una digital para poder generar, con interrupciones, un sistema PWM el cual genera un "duty cycle" para un servo motor el cual controla el dedo

Electrónica

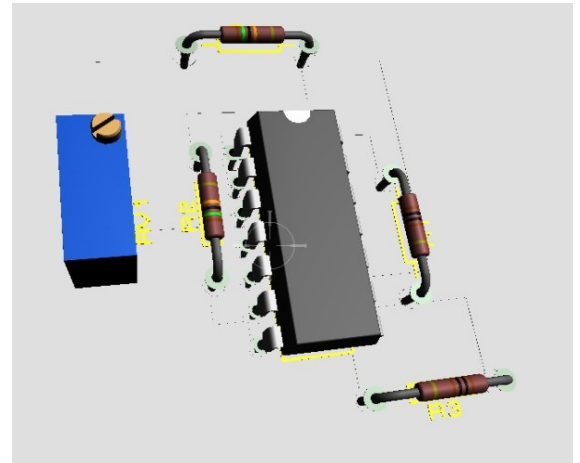
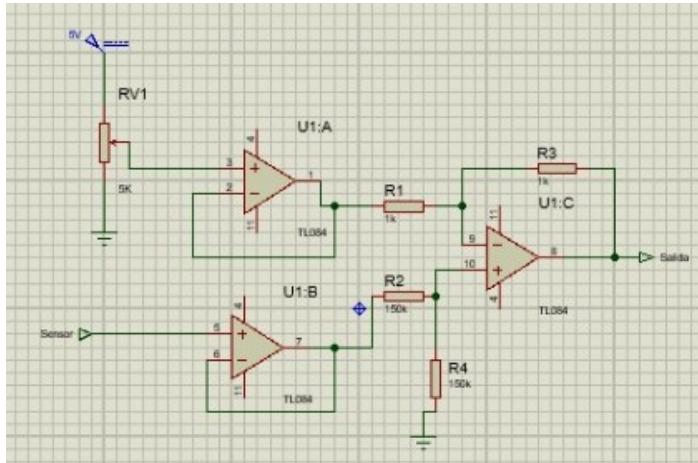
Desafortunadamente, la electrónica del proyecto aún no fue terminada debido a que no se tienen los recursos necesarios los cuales se encuentran en la escuela. Sin embargo, se prepararon todos los circuitos y simulaciones con el programa Proteus versión 8.8

La mano es controlada por un guante sensor que posee un potenciómetro lineal con un resorte a modo de retorno. El movimiento del dedo modifica la resistencia del circuito, cambiando el voltaje de salida. A través de un módulo Bluetooth envía la señal de voltaje correspondiente al ángulo de cada dedo. Luego, la señal pasa por un amplificador y es enviada al multiplexor análogo CD4067. Esta señal es transmitida al PIC 16F877A, quien entrega un voltaje hacia cada servo de forma independiente.

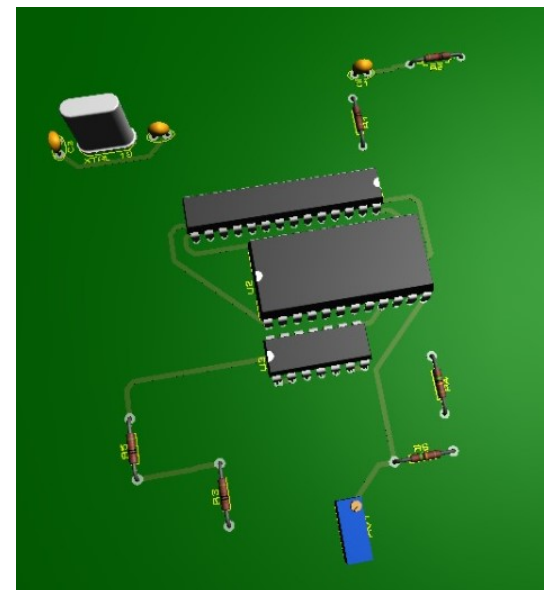
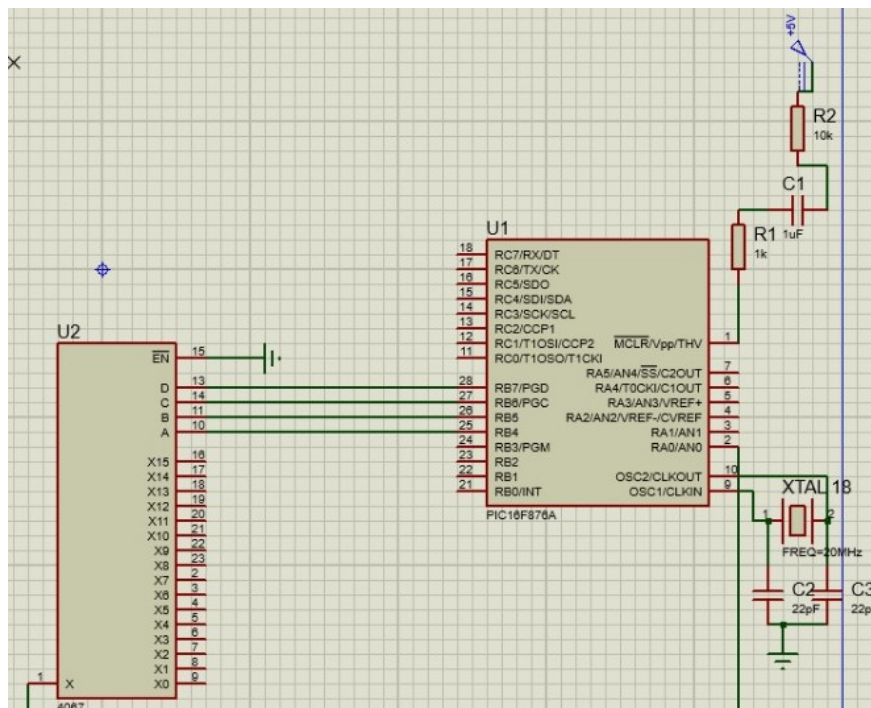


Para alimentar al circuito, se utiliza un transformador de 220V a 12V. El módulo Bluetooth, los potenciómetros y los servos funcionan con este voltaje. Aunque el multiplexor y el PIC funcionan con 5V, el primero posee un transformador integrado que permite alimentar a ambos componentes.

Esquemático y modelo en 3D del Amplificador



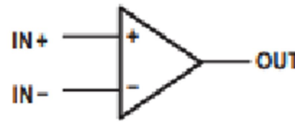
Esquemático y modelo en 3D del Transductor



1 Features

- High slew rate: 20 V/ μ s (TL08xH, typ)
- Low offset voltage: 1 mV (TL08xH, typ)
- Low offset voltage drift: 2 μ V/ $^{\circ}$ C
- Low power consumption: 940 μ A/ch (TL08xH, typ)
- Wide common-mode and differential voltage ranges
 - Common-mode input voltage range includes V_{CC+}
- Low input bias and offset currents
- Low noise:
 - $V_n = 18 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (typ) at $f = 1 \text{ kHz}$
- Output short-circuit protection
- Low total harmonic distortion: 0.003% (typ)
- Wide supply voltage:
 - $\pm 2.25 \text{ V}$ to $\pm 20 \text{ V}$, 4.5 V to 40 V

TL084 (EACH AMPLIFIER)



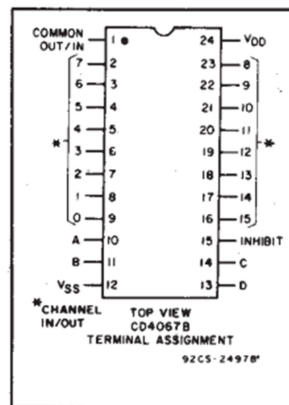
Multiplexers

Features:

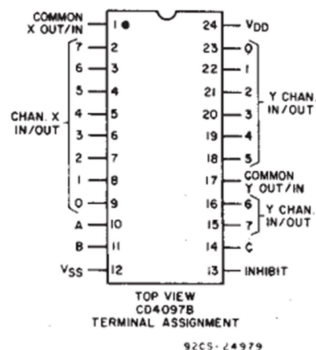
- Low ON resistance: 125 Ω (typ.) over 15 V_{p-p} signal-input range for $V_{DD}-V_{SS}=15 \text{ V}$
- High OFF resistance: channel leakage of $\pm 10 \text{ pA}$ (typ.) @ $V_{DD}-V_{SS}=10 \text{ V}$
- Matched switch characteristics: $R_{ON}=5 \Omega$ (typ.) for $V_{DD}-V_{SS}=15 \text{ V}$
- Very low quiescent power dissipation under all digital-control input and supply conditions: 0.2 μ W (typ.) @ $V_{DD}-V_{SS}=10 \text{ V}$
- Binary address decoding on chip
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Standardized symmetrical output characteristics
- Maximum input current of 1 μ A at 18 V over full package temperature range; 100 nA at 18 V and 25 $^{\circ}$ C
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

Applications:

- Analog and digital multiplexing and demultiplexing
- A/D and D/A conversion
- Signal gating



Multiplexor 4067BE



Servo DS04-nfc:

- Type: 360 Degree Servo
- Dimension: 5.4 cm x 4.4 cm x 2.0 cm.
- Stall Torque: (4.8V):5.5kg/cm
- Speed: 0.22sec/60
- PWM Period: 50Hz/20mS.
- Operating voltage: 4.8-6V.
- Temperature range: 0-60C.
- Weight: 38g.

The Core

The core pertains to the basic features that are required to make the device operate. These include:

- | | |
|--------------------------------------------|---------------------|
| 1. Device Oscillator | Revision "DS31002A" |
| 2. Reset logic | Revision "DS31003A" |
| 3. CPU (Central Processing Unit) operation | Revision "DS31005A" |
| 4. ALU (Arithmetic Logical Unit) operation | Revision "DS31005A" |
| 5. Device memory map organization | Revision "DS31006A" |
| 6. Interrupt operation | Revision "DS31008A" |
| 7. Instruction set | Revision "DS31029A" |

Peripherals

Peripherals are the features that add a differentiation from a microprocessor. These ease in interfacing to the external world (such as general purpose I/O, LCD drivers, A/D inputs, and PWM outputs), and internal tasks such as keeping different time bases (such as timers). The peripherals that are discussed are:

- | | |
|-------------------------------------------------|---------------------|
| 1. General purpose I/O | Revision "DS31009A" |
| 2. Timer0 | Revision "DS31011A" |
| 3. Timer1 | Revision "DS31012A" |
| 4. Timer2 | Revision "DS31013A" |
| 5. Capture, Compare, and PWM (CCP) | Revision "DS31014A" |
| 6. Synchronous Serial Port (SSP) | Revision "DS31015A" |
| 7. Basic Synchronous Serial Port (SSP) | Revision "DS31016A" |
| 8. Master Synchronous Serial Port (MSSP) | Revision "DS31017A" |
| 9. USART (SCI) | Revision "DS31018A" |
| 10. Voltage References | Revision "DS31019A" |
| 11. Comparators | Revision "DS31020A" |
| 12. 8-bit Analog to Digital (A/D) | Revision "DS31021A" |
| 13. Basic 8-bit Analog to Digital (A/D) | Revision "DS31022A" |
| 14. 10-bit Analog to Digital (A/D) | Revision "DS31023A" |
| 15. Slope Analog to Digital (A/D) w/ Thermister | Revision "DS31024A" |
| 16. Liquid Crystal Display (LCD) Drivers | Revision "DS31025A" |
| 17. Parallel Slave Port (PSP) | Revision "DS31010A" |

Microcontrolador

PIC 16F876A

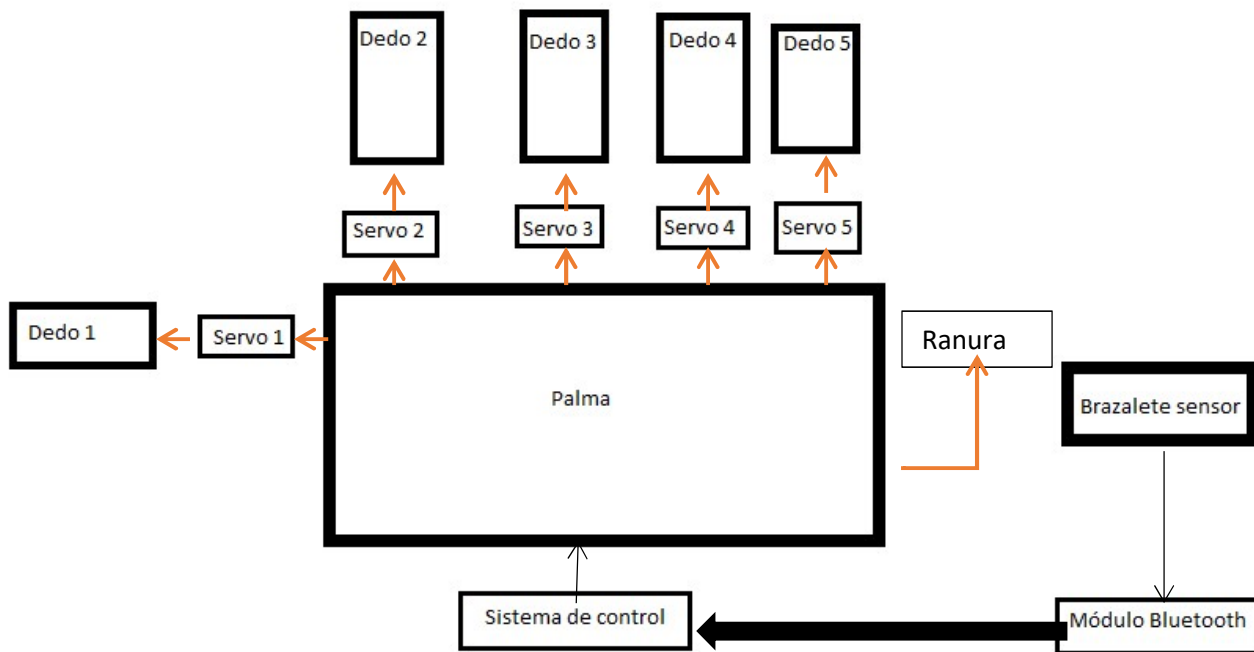
Potenci6metro Lineal B5K:

- Valor: 5K ohm
- Potencia m6xima: 500mW (1/2w)
- Tipo: Resistencia variable (Potenci6metro lineal)
- Montaje: Agujero pasante
- Longitud: 15mm

Estructura

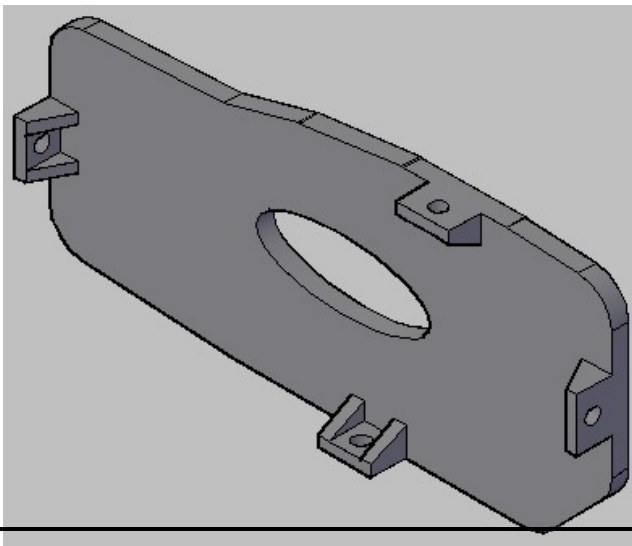
Diagrama general

El modelo de la mano elegido posee una palma de 12 cm de ancho por 7 cm de largo con 6 ranuras intercambiables facilitando de este modo el cambio entre una mano izquierda o derecha.



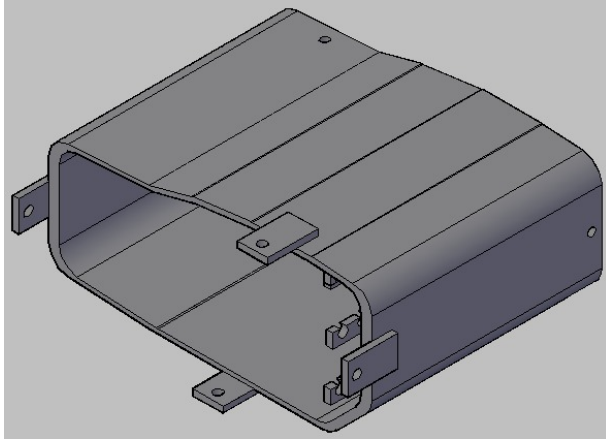
Para el diseño de la estructura se utilizaron los programas AutoCAD 2007 e Inventor 2020, ambos de la empresa Autodesk; CalcGear para el cálculo de los engranajes y BandiCam para grabar las simulaciones.

Detalles de cada pieza



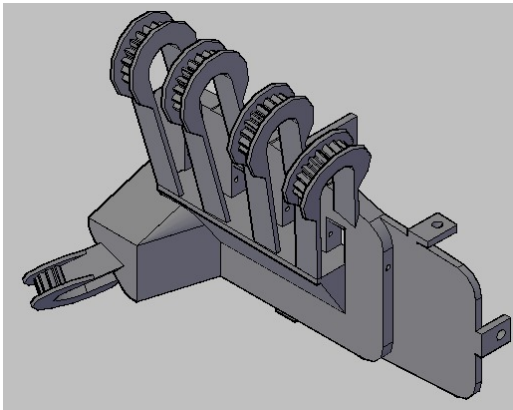
Placa Trasera de la Palma:

Hace de sello y punto de acceso hacia el interior de la palma donde se alojan los motores



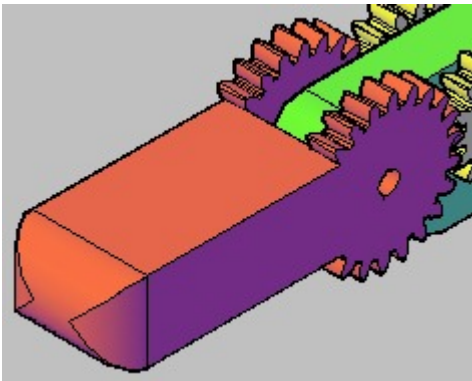
Cuerpo Principal de la palma

Es hueco y tiene pestañas en su interior para fijar los motores en posición y protegerlos



Palma

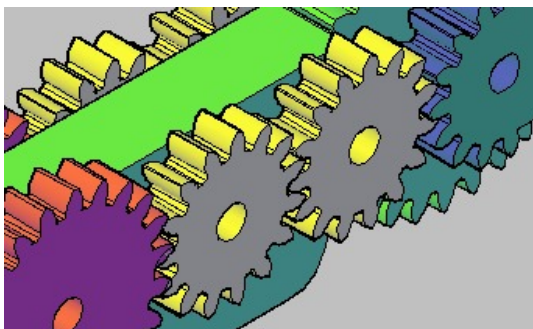
Es la parte en la que los dedos se adhieren y usan de base para su movimiento



Falange Punta

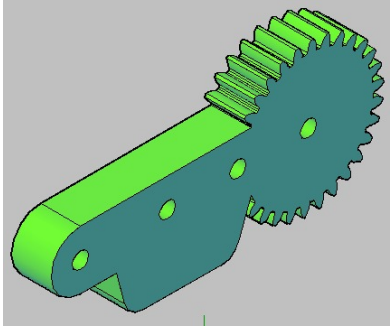
Hace el trabajo de la última falange en el dedo al agarrar y sostener objetos

Diámetro interno de engranajes:
23.4mm



Juego de engranajes delantero

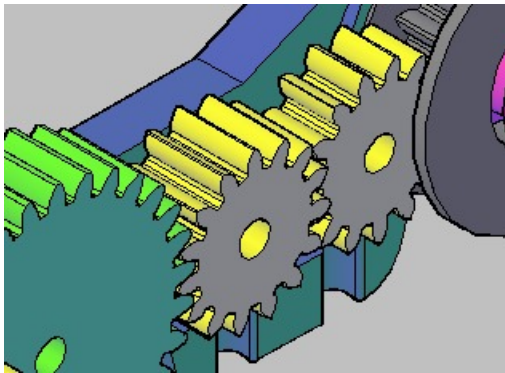
Son 4 engranajes de 5mm de grosor (15mm Diám. int) que transfieren el movimiento con relación 1:1 de las Falanges traseras A y B a la Falange Punta



Falange Central

Articula el movimiento del dedo y conecta las "Falange Trasera A/B" y la "Falange Punta"

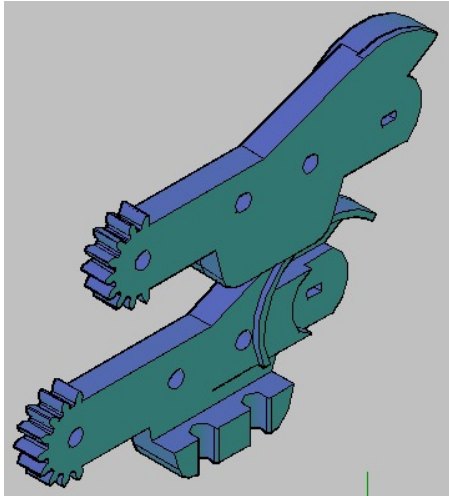
Diámetro interno del engranaje: 33mm



Juego de engranajes trasero

2 engranajes de 10mm y 7mm de grosor respectivamente y Diám. int 15mm

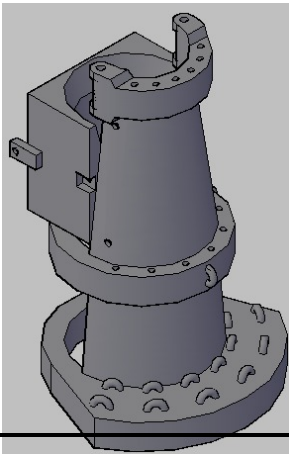
Transfieren el movimiento desde la palma hacia la falange central



Falanges traseras A y B

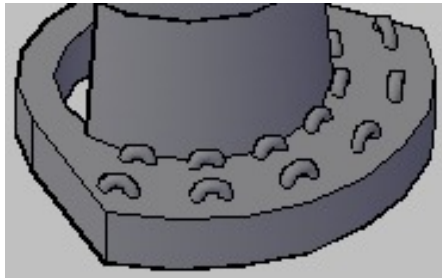
Cumplen el rol de conexión entre la palma y el resto del dedo

Diámetro interno: 15mm



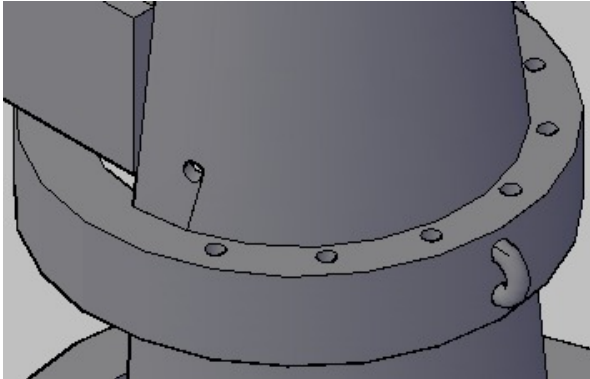
Cuerpo Principal del Brazalete

Recibe todos los movimientos de la mano y envía la información a la placa



Cama de resortes 1

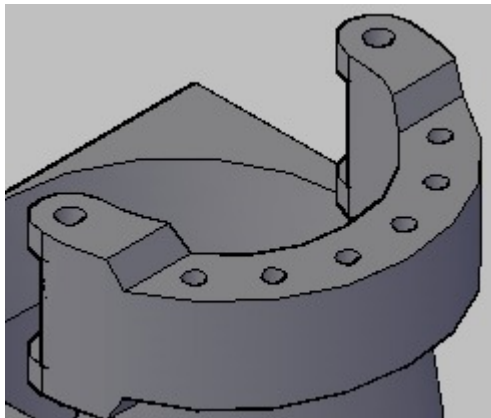
En estas argollas se engancha el juego de resortes de tracción que hacen de retorno para los potenciómetros



Guía de alambre 1 y Cama de resortes 2

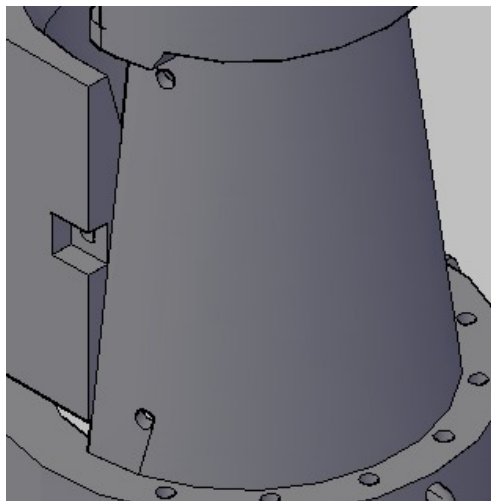
Un último resorte de tracción se ubica en esa argolla para hacer de retorno a la placa de potenciómetros móvil

Guía y separa los cables que controlan a los potenciómetros a través de esos agujeros



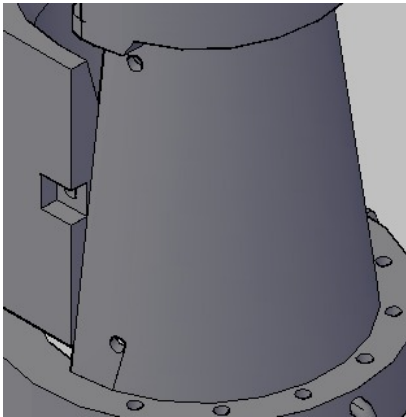
Guía de alambre 2 y Muñequera

Se le coloca una correa para ajustar el brazalet a la muñeca y evitar que se mueva



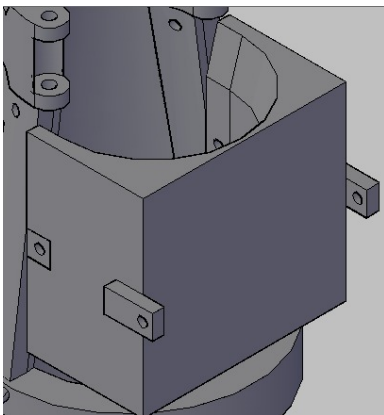
Cama de la placa móvil de potenciómetros

Sobre esa superficie se encuentran los soportes independientes de los potenciómetros



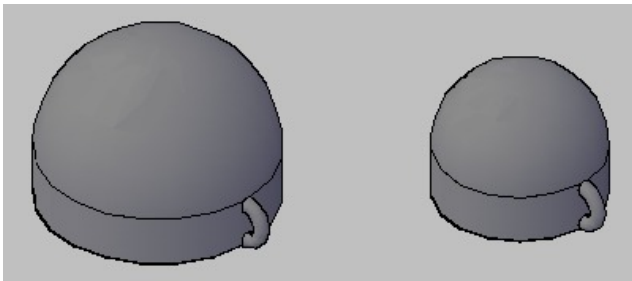
Placa de cama

Funciona como una guía y tapa a la cama de potenciómetros



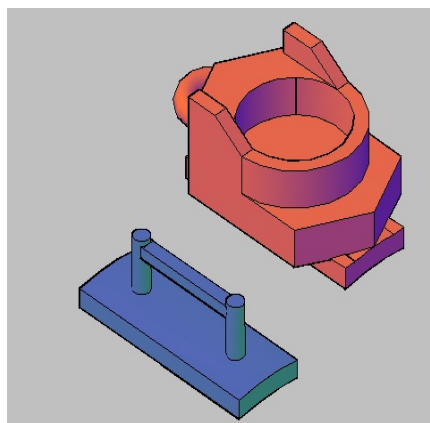
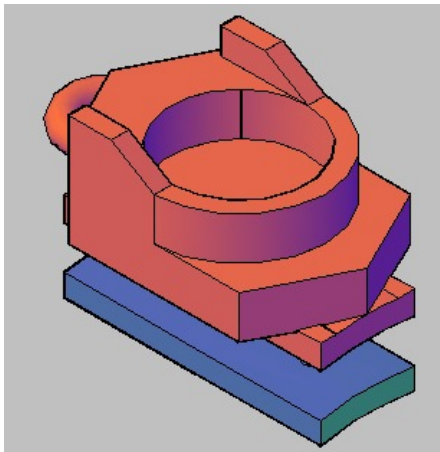
Base de Placa

Sobre esta superficie estará ubicada la placa electrónica de control



Dedales

Dedal de pulgar y resto de dedos respectivamente.
Irán alojados dentro del guante sensor y conectados a los potenciómetros a través de la argolla en el lateral



Soporte móvil de potenciómetros

Aloja los potenciómetros y desliza sobre la cama de potenciómetros para medir los movimientos.

La parte azul desliza sobre la guía y hace de soporte a la parte roja que esta sobre la placa y soporta los potenciómetros

Anexo:

Resultado de la investigación

Este modelo puede aplicarse para manipular elementos tóxicos o dañinos para el ser humano, tales como químicos cáusticos o material biológico. También puede ser usado para el ensamblado de piezas electrónicas, donde la estática propia de la persona puede afectar los circuitos o las lecturas de los mismos.

Además, puede cambiarse la disposición de los dedos con respecto de la palma, desmontando el pulgar y montándolo en el sentido de la mano que se desee controlar, ya sea izquierda o derecha, y el sensor moviendo un switch.

También se puede regular la fuerza de pinza y torsión que la mano ejerce, permitiendo un mayor control por parte del usuario. Los modelos pueden ser adaptados prácticamente a cualquier tipo de tarea. Fabricado con plástico para impresión 3D, puede trabajar bajo temperaturas desde -10 °C hasta 60 °C. Puede realizar una prensión cilíndrica de hasta 30 Kg, una fuerza de pinza de hasta 10 Kg y levantar el peso que permita el brazo donde esté emplazado.

Bibliografía

- <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Cuadernos de Fisiología Articular: Miembro superior. Toray-Masson, 4° edición, España. 1982
- Terapia Ocupacional. Willard & Spackman. Editorial médica Panamericana, 10° edición. España, 2005.
- <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292c.pdf> (PIC 16F877A)
- <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/157680/TI/CD4067BE.html> (CD 4067)
- http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/T/L/0/8/TL084.shtml (Amplificador operacional TL 084)
- <https://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>
- <https://www.youtube.com/watch?v=7Kt3SkyB8Z0> (Utilización de osciloscopio en Proteus)

- <https://www.youtube.com/watch?v=bBq8fTnlKAs&feature=youtu.be> (Ejemplo de módulos Bluetooth empleados en PIC)



Trabajo Adjunto de Factores Humanos

El tema del proyecto final fue elegido en base a la necesidad de reducir el riesgo a la salud de un operario en un laboratorio o ambiente peligroso para el ser humano.

Cada miembro fue consciente de que su rol en el desarrollo correspondía correctamente a las capacidades y conocimientos de cada uno, manteniendo un sistema de equidad de tareas y complejidades. Estos roles fueron:

- Augusto Castro Aguilar: Diseño de los circuitos, logística y planeación.
- Matias Daglio: Programación del sistema sensor y actuador.
- Carlos Kainz: Diseño y construcción de la mano y del hardware.

Cabe aclarar que el liderazgo fue participativo; siendo compartido entre Matías Daglio y Augusto Castro Aguilar. El primero asumió el papel de líder en cuanto a la comunicación con los docentes se refiere, mientras que el segundo quedó a cargo de los presupuestos, gastos y gestión del proyecto.

La principal falla activa al principio fue la falta de comunicación al no poseer un lugar concreto donde realizar el trabajo. Esto fue resuelto al establecer un grupo de chat y utilizando las plataformas Trello y GitHub para mantener un seguimiento de los trabajos independientes de cada integrante. Una gran falla latente fue la inactividad de un miembro del grupo, sumada a una ausencia en la comunicación; esto perjudicó al resto del grupo que debió trabajar en zonas donde no les correspondía, por lo que ese miembro debió ser expulsado del grupo.

Dos factores que sin duda provocaron lapsus y deslices fueron la adaptación a una nueva plataforma y trabajar cada uno desde lugares separados. Muchas veces no había cohesión

entre el trabajo realizado y lo expresado en el registro o directamente no se actualizaba el mismo. También la falta de un único lugar de trabajo causó errores de comunicación que llevaron a un mayor tiempo de desarrollo en los diseños y la programación.

Se han producido ciertas violaciones a las reglas impuestas por los profesores a la hora de trabajar. La principal fue un conflicto de objetivos, siendo que se priorizó el llegar al progreso establecido cada vez sin tener en cuenta si estaba correcto el desarrollo; también una “indiferencia administrativa” en cuanto al liderazgo en materia de costos, ya que al no disponer de un presupuesto elevado se debieron recortar gastos necesarios para un desarrollo óptimo. Por último, se presionó también a los encargados del diseño y la programación para terminar el proyecto a tiempo, lo cual sumó estrés y pudo desencadenar un error al final.

Para evitar cometer errores, utilizamos un grupo alterno a la plataforma designada donde, antes de subir cualquier progreso, se revisaba el material y se buscaban errores. También se consultaba al docente a cargo del proyecto en aquellos temas donde no se llegaba a detectar una solución. Cabe aclarar que la tolerancia al error en este proyecto fue reducida debido a la complejidad del mismo y su precisión.

De acuerdo a las “Doce Sucias”, las principales causas de errores fueron: La falta de comunicación, distracciones, falta de recursos y estrés. Sin embargo, no se produjeron accidentes ni incidentes de ningún tipo debido a las pautas establecidas por el grupo. El revisar constantemente el trabajo y utilizar la protección adecuada en la construcción fueron algunas de ellas.

Más allá de la confusión inicial y su consiguiente falta de comunicación, una vez organizados empleamos una comunicación verbal y asincrónica. La primera fue a través de videollamadas y la segunda por medio de las plataformas previamente mencionadas. Esto reforzó las carencias de cada miembro del equipo en sus tareas individuales al poder apoyarse mutuamente y compartir una meta común que implicaba a todos por igual. Concretamente, fuimos un equipo efectivo en el sentido de tener un propósito claro, tener una participación conjunta, poder escucharnos y discutir el mejor modo de trabajar o diseñar, ser abiertos y tener un liderazgo compartido.

Las únicas normas impuestas fueron mantener una buena comunicación, la cual implicaba informar constantemente al equipo acerca del progreso realizado, los costos, tiempos y presupuestos ya que eso evitaba conflictos entre los miembros o gastos innecesarios.

Sería una mentira decir que el equipo no se fatigó trabajando, sin embargo, un buen modo de mitigarla fue proponer un tiempo de trabajo semanal y realizar llamadas informales para despejar la mente. Tanto las reuniones de trabajo como las informales

fueron realizadas usando las plataformas Discord y Google Meet para tener un contacto más cercano a pesar de que cada miembro trabajaba en sus hogares.