

Caja negra



Entradas:

Energía: La energía que utilizará el sistema para poder realizar un movimiento de los dos dedos protésicos, el pulgar y el meñique.

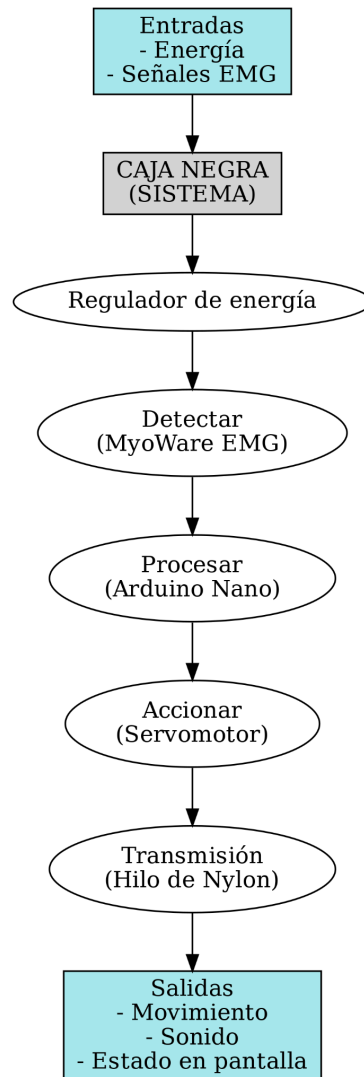
Señales: Se utilizarán para ordenar a los servomotores su posicionamiento para la movilidad de la prótesis.

Salidas:

Energía: el sonido que se produce del contacto de las piezas en la movilidad de los dedos protésicos gracias a la energía que se utiliza para su movilización.

Señales: La información que se obtiene del sistema gracias a la movilización del músculo.

Esquema de funciones



Matriz morfológica

Matriz Morfológica – Prótesis Parcial Activa (Meñique y Pulgar)

| Función | Opción 1 | Opción 2 | Opción 3 |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|
| Detectar intención de movimiento | Sensor MyoWare (señal EMG) | Sensor FSR en zonas activas | Acelerómetro en antebrazo (gesto global) |
| Activar movimiento funcional | Servomotor para articulación directa | Motor DC + tracción por cable | Actuador neumático simple (tipo agarre) |
| Control y procesamiento | Arduino Uno (conocido y compatible) | Arduino Nano (compacto) | ESP32 (permite comunicación Bluetooth) |
| Mostrar estado del sistema | LEDs (verde encendido, rojo error) | Pantalla OLED (iconos básicos) | Alarma sonora (por sobrecarga o fallo) |
| Interfaz física / estructura | Hilo de nylon (tendón artificial) | Filamento TPU o PLA impreso | Cable guía con tubo impreso |

Tabla de valoración

Opción 1

| Función | Opción Seleccionada | ¿Que hace ? |
|----------------------------------|---|---|
| Detectar intención de movimiento | Sensor FSR en zonas activas (Dedos funcionales) | Al presionar voluntariamente, el sensor genera una señal de activación. Fácil de ubicar y calibrar [1]. |
| Activar movimiento funcional | Motor DC | El motor gira y jala un cable conectado a un mecanismo generando el movimiento de agarre [2]. |
| Control y procesamiento | Arduino Nano | Microcontrolador compacto y de bajo costo. Procesa la señal del sensor y activa el motor. |
| Mostrar estado del sistema | LEDs (verde encendido, rojo error) | Indica si el sistema está encendido o si hubo un fallo. |
| Interfaz física / estructura | Hilo de nylon (tendón artificial) | Transfiere el movimiento del motor a los dedos |

Opción 2

| Función | Opción Seleccionada | ¿Que hace ? |
|---------|---------------------|-------------|
|---------|---------------------|-------------|

| | | |
|----------------------------------|-----------------------------|--|
| Detectar intención de movimiento | Acelerómetro en antebrazo | Detecta el movimiento general del brazo. El usuario mueve el brazo de una forma específica y eso activa la prótesis [3]. |
| Activar movimiento funcional | Actuador neumático simple | Utiliza aire comprimido para abrir o cerrar un dedo o pinza. Se puede accionar rápidamente y con fuerza suficiente [4]. |
| Control y procesamiento | ESP32 | Microcontrolador compacto y de bajo costo. Procesa la señal del sensor y activa el motor. |
| Mostrar estado del sistema | Alarma sonora | Emite un sonido si el sistema detecta un mal funcionamiento o una obstrucción. |
| Interfaz física / estructura | Cable guía con tubo impreso | El cable se desliza dentro del tubo, guiando el movimiento con precisión. |

Opción 3

| Función | Opción Seleccionada | ¿Que hace ? |
|----------------------------------|-----------------------------------|---|
| Detectar intención de movimiento | Sensor MyoWare (señal EMG) | Mide la actividad eléctrica de los músculos. Detecta cuándo el usuario intenta mover un músculo específico [5]. |
| Activar movimiento funcional | Servomotor | Mueve una parte de la prótesis directamente [6]. |
| Control y procesamiento | Arduino Nano | Microcontrolador compacto y de bajo costo. Procesa la señal del sensor y activa el motor. |
| Mostrar estado del sistema | Pantalla OLED | Muestra íconos como "encendido", "error", "modo activo", etc. |
| Interfaz física / estructura | Hilo de nylon (tendón artificial) | Transfiere el movimiento del motor a los dedos |

Opción 4

| Función | Opción Seleccionada | ¿Que hace ? |
|----------------------------------|---|---|
| Detectar intención de movimiento | Sensor FSR en zonas activas (Dedos funcionales) | Al presionar voluntariamente, el sensor genera una señal de activación. Fácil de ubicar y calibrar. |
| Activar movimiento funcional | Motor DC | El motor gira y jala un cable conectado a un mecanismo generando el movimiento de agarre. |
| Control y procesamiento | ESP32 | Microcontrolador compacto y de bajo costo. Procesa la señal del sensor y activa el motor. |
| Mostrar estado del sistema | Pantalla OLED | Visualización clara y directa del estado del sistema. |
| Interfaz física / estructura | Cable guía con tubo impreso | Transfiere el movimiento del motor a los dedos |

Tabla comparativa de opciones de diseño

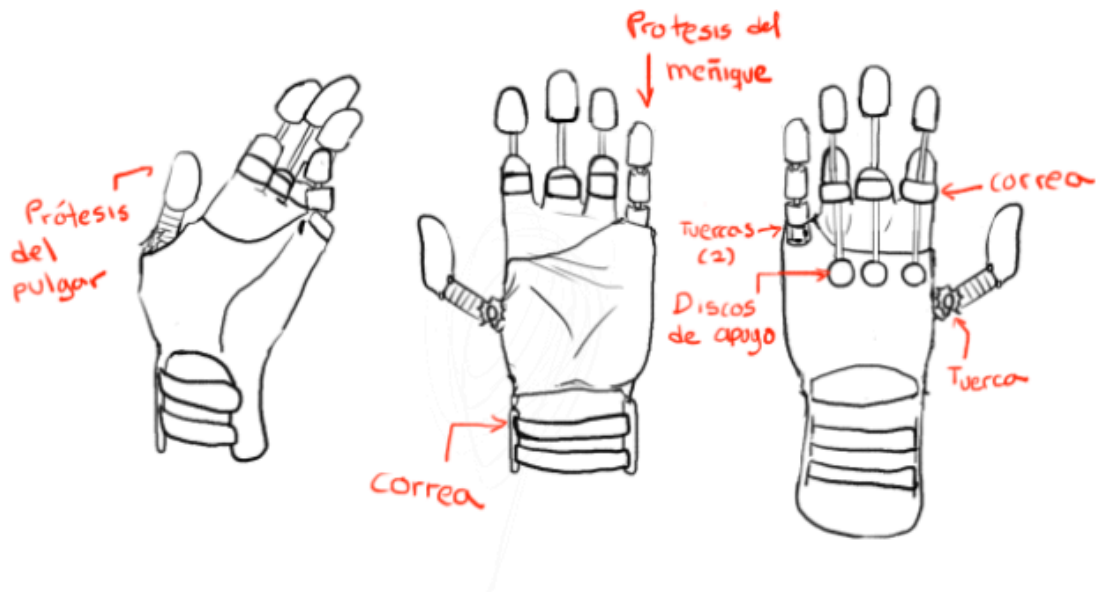
| Opción | Costo | Facilidad de armado | Tecnología |
|----------|------------|---------------------|------------|
| Opción 1 | Muy bajo | Alta | Básica |
| Opción 2 | Medio-alto | Media | Alta |
| Opción 3 | Medio | Media | Alta |
| Opción 4 | Medio-alto | Media | Alta |

Por tanto la opción ganadora sería la 1 viendolo desde la perspectiva de costo eficiencia y facilidad de ensamblaje

Conclusión

Decidimos uniformemente en utilizar servomotores como medio de movilización para la los dedos protésicos pulgar y meñique, estos servomotores estarán conectados a un sensor mayowear para la detección de señales musculares. En cuanto a los dedos parcialmente amputados, optamos por una opción más económica al ver la poca gravedad de la lesión, será una prótesis sencilla únicamente reemplazando el dedo amputado con uno hecho a partir de impresion 3D sostenido con una extensión de la prótesis flexible y unido a su dedo con una correa para su fácil movilidad. Este enfoque no da una perspectiva más económica. Adicionalmente la prótesis está conectada a una placa en la muñeca para su inmovilidad y como espacio para la colocación del cableado restante.

Bocetos



Referencias

[1] "Sensor de fuerza resistivo FSR DF9 40 500gr," Naylamp Mechatronics. [En línea].

Disponible:

<https://naylampmechatronics.com/sensores/768-sensor-de-fuerza-resistivo-fsr-df9-40-500gr.html>

[2] "Motor DC," Harmonic Drive SE. [En línea]. Disponible:

<https://harmonicdrive.de/es/glosario/motor-dc>

[3] "Cómo funciona y qué hace el acelerómetro," TME. [En línea]. Disponible:

<https://www.tme.com/pe/es/news/library-articles/page/22568/Como-functiona-y-que-hace-el-acelerometro/>

[4] "Actuador neumático de efecto simple," UNOX. [En línea]. Disponible:

<https://unox.com.tr/es/urun/actuador-neumatico-de-efecto-simple-2/>

[5] "Sensor muscular MyoWare," MyoWare. [En línea]. Disponible:

<https://myoware-com.translate.goog/products/muscle-sensor/>

[6] "¿Qué es un servomotor?," Advanced Motion Controls. [En línea]. Disponible:

<https://www.a-m-c.com/es/servomotor/>