

Análisis del caso clínico:

Incidencia mundial y nacional:

Se estima que a nivel mundial ocurren entre 40 y 80 nuevos casos de amputaciones traumáticas de extremidades por cada millón de habitantes cada año. Proporción significativa causada por accidentes domésticos o manipulaciones de objetos explosivos, como fuegos artificiales [1].

En Perú, según reportes de salud pública, las lesiones traumáticas por pirotecnia representan entre el 3% y 5% de los ingresos en servicios de emergencia durante campañas festivas, con una alta incidencia en adolescentes varones en zonas rurales o semiurbanas [2]. La mayoría de los casos requieren intervenciones quirúrgicas como injertos o amputaciones parciales, afectando la funcionalidad de las extremidades superiores.

Clasificación de la lesión:

La lesión de Leonel corresponde a una amputación parcial traumática de la mano derecha (código CIE-10 S68.2) como resultado directo de una explosión por fuegos artificiales (W39.4), lo que lo clasifica dentro de los casos de lesión traumática de extremidad superior

Descripción anatómica y funcional:

Leonel ha perdido completamente el 1.er y 5.º dedo, además de presentar amputaciones parciales del 2.º, 3.º y 4.º dedos. La movilidad de la muñeca derecha está parcialmente conservada (flexión/extensión 50°), pero presenta restricciones importantes en las articulaciones metacarpofalángicas

Fisiológicamente, estas amputaciones afectan las funciones motoras finas de agarre, pinza y manipulación de objetos, esenciales para actividades de la vida diaria como el vestido, el aseo personal y el uso de herramientas escolares. Se observa limitación en funciones bimanuales, aunque existe autonomía en alimentación, higiene menor y traslados, lo cual indica un perfil funcional parcial

Impacto en la vida diaria:

Fue sometido a injerto el 18 de febrero y actualmente recibe tratamiento con amitriptilina 25 mg, gabapentina 600 mg dos veces al día y lidocaína en gel tópica. El impacto en su funcionalidad diaria se detalla a continuación:

- Vestido e higiene mayor:

Se encuentra semidependiente, con dificultad para manipular cierres, botones y realizar tareas que requieren el uso de ambas manos.

- Escritura y actividades escolares:

Está en proceso de adaptación funcional mediante el uso de la mano izquierda y el apoyo de dispositivos digitales.

- Movilidad y desplazamiento:

Es independiente para trasladarse tanto en el hogar como en la calle.

- Participación social:

Muestra interés en retomar actividades como el fútbol o el dibujo adaptado, aunque requiere apoyo emocional y técnico para lograr una adecuada reintegración.

Necesidad funcional a abordar:

Paciente de 17 años de Amazonas presenta amputación parcial traumática de la mano derecha (pérdida del 1.º y 5.º dedo completo, falange distal del 2.º, y falanges media y distal del 3.º y 4.º) tras accidente con pirotécnicos en enero de 2025, requiriendo injerto en febrero. El tratamiento actual incluye amitriptilina, gabapentina y lidocaína tópica. Si bien muestra independencia en alimentación, higiene menor y traslados, necesita asistencia para vestirse e higiene mayor. El examen físico revela buen estado general pero con movilidad restringida en la mano derecha.

El impacto en la vida diaria de Leonel se manifiesta principalmente en su vestido e higiene mayor, donde requiere asistencia, limitando su completa autonomía en estas áreas. Si bien es independiente en alimentación, higiene menor y traslados, la funcionalidad de su mano derecha está significativamente comprometida, evidenciado en la movilidad limitada de las articulaciones de la muñeca y metacarpofalángicas en comparación con su mano izquierda. Esta limitación afecta directamente su capacidad para realizar tareas finas y de agarre, cruciales para diversas actividades diarias y futuras ocupacionales como estudiante.

La necesidad funcional primordial a abordar se centra en la recuperación de la funcionalidad de la mano derecha en la fase preprotésica. Esto implica:

Optimización de la movilidad y fuerza residual: A través de terapia física y ocupacional para mejorar rangos de movimiento y fortalecer la musculatura remanente.

- **Adaptación a las limitaciones:** Desarrollar estrategias y aprender el uso de ayudas técnicas o adaptaciones para facilitar el vestido y la higiene mayor, promoviendo una mayor independencia.
- **Manejo del dolor:** Continuar el tratamiento farmacológico con amitriptilina, gabapentina y lidocaína tópica para controlar el dolor neuropático post-amputación.
- **Apoyo psicológico:** Abordar el impacto emocional de la amputación y facilitar su adaptación a la nueva imagen corporal y funcionalidad.
- **Evaluación para futura prótesis:** Preparar la mano para una posible adaptación protésica, considerando las características específicas de su amputación.

La evaluación integral por terapia física, ocupacional, psicología y servicio social es crucial para diseñar un programa de rehabilitación personalizado que aborde estas necesidades funcionales, buscando maximizar la independencia de Leonel y facilitar su reintegración a sus actividades cotidianas y futuras aspiraciones.

Pitch: Leonel, un joven de 17 años de Amazonas, sufrió la amputación parcial de su mano derecha tras un accidente con pirotécnicos, impactando significativamente su independencia. A pesar de mantener autonomía en algunas actividades básicas, requiere asistencia para vestirse e higiene mayor, tareas que demandan la funcionalidad de su mano dominante. La limitación en la movilidad de su muñeca y dedos derechos dificulta actividades cotidianas y futuras oportunidades como estudiante.

La necesidad crucial aquí es una rehabilitación integral y temprana. Esto implica no solo recuperar la máxima funcionalidad posible de su mano remanente mediante terapia física y ocupacional, sino también brindarle apoyo psicológico para afrontar los cambios en su imagen corporal y capacidades. Además, se requiere una evaluación exhaustiva para determinar la viabilidad de una prótesis que le permita recuperar la independencia en las actividades donde actualmente necesita ayuda, facilitando su reintegración a sus estudios y vida social. Invertir en un programa de rehabilitación preprotésica y protésica para Leonel es clave para minimizar el impacto a largo plazo de su lesión y asegurar su futuro desarrollo y bienestar.

Impacto en la vida diaria:

1. Estado del arte (tecnologías existentes) - Inkari

Implementación de una prótesis de dedos robóticos controlados por las ondas cerebrales empleando una comunicación Bluetooth para los pacientes que han sufrido amputación por gangrena

Resumen

Objetivo:

Desarrollar una prótesis de dedos robóticos de fácil uso y bajo costo, controlada por ondas cerebrales y comunicación Bluetooth, dirigida a pacientes que han sufrido amputación de los dedos de la mano debido a gangrena o necrosis. El propósito es mejorar su calidad de vida, autoestima y autonomía en la realización de actividades básicas.

Método:

Se diseñó e implementó un sistema que utiliza señales cerebrales captadas mediante un electroencefalograma (EEG) con el dispositivo Mindwave Mobile. Estas señales se transmiten de manera inalámbrica vía Bluetooth a un sistema de control basado en microcontroladores, el cual procesa la información recibida y acciona un conjunto de actuadores ubicados en el interior de la prótesis robótica. El desarrollo incluyó modelado, simulación estructural y electrónica, impresión 3D de la prótesis, integración de hardware y pruebas funcionales.

Resultado:

- La prótesis desarrollada permite a los pacientes amputados manipular objetos y realizar tareas básicas utilizando el control de sus ondas cerebrales, sin depender de otras personas.
- El sistema demostró ser funcional, de bajo costo y fácil de usar, contribuyendo significativamente a la independencia y bienestar emocional de los usuarios.

Ventajas

1. **Mejora la calidad de vida y autonomía**

Permite a los pacientes realizar actividades básicas (como coger y manipular objetos) sin depender de otras personas, lo que incrementa su independencia y autoestima.

2. **Tecnología no invasiva**

El control mediante ondas cerebrales (EEG) es un método no invasivo, seguro y cómodo para el usuario.

3. **Bajo costo y accesibilidad**

El diseño e implementación priorizan el uso de materiales y componentes económicos, haciendo la prótesis más accesible para personas de bajos recursos.

4. **Comunicación inalámbrica**

El uso de Bluetooth elimina cables y mejora la comodidad y movilidad del usuario.

5. **Fácil de usar**

El sistema está pensado para ser intuitivo, facilitando la adaptación del usuario a la prótesis.

6. **Potencial de personalización**

La fabricación mediante impresión 3D permite adaptar la prótesis a las necesidades específicas de cada paciente.

Desventajas

1. **Limitaciones en la precisión del control**

El control por ondas cerebrales puede ser menos preciso que otros métodos (como el electromiograma), dependiendo del entrenamiento y concentración del usuario.

2. **Requiere aprendizaje y adaptación**

El usuario necesita tiempo para aprender a controlar la prótesis mediante sus ondas cerebrales.

3. **Dependencia de la batería**

Tanto el sistema Bluetooth como los actuadores requieren alimentación eléctrica, lo que implica recargas frecuentes o cambio de baterías.

4. **Posible interferencia y limitaciones del Bluetooth**

La comunicación inalámbrica puede verse afectada por interferencias, limitando el rango o la estabilidad de la conexión.

5. **Durabilidad y mantenimiento**

Al ser una prótesis de bajo costo y con componentes electrónicos, puede requerir más mantenimiento o ser menos duradera que opciones comerciales de alta gama.

6. Limitaciones funcionales

La prótesis está diseñada principalmente para tareas básicas, por lo que puede no ser adecuada para actividades que requieran movimientos muy finos o fuerza considerable.

Reflexión

La investigación desarrollada por Jhonatan Mario Huaman Tineo representa un claro ejemplo de cómo la tecnología puede ser puesta al servicio de la salud y el bienestar social. El diseño de una prótesis de dedos robóticos controlada por ondas cerebrales y conectividad Bluetooth no solo es un avance técnico, sino también un aporte significativo para la inclusión y mejora de la calidad de vida de personas que han sufrido amputaciones.

Este trabajo demuestra que la innovación no siempre depende de grandes presupuestos, sino de la creatividad y el compromiso por resolver problemas reales. Al emplear componentes accesibles y técnicas de impresión 3D, se abre la puerta a soluciones más democráticas y personalizables, especialmente en contextos de bajos recursos.

Sin embargo, la investigación también invita a reflexionar sobre los retos pendientes: la necesidad de mejorar la precisión y facilidad de uso de estas tecnologías, la importancia de acompañar la innovación técnica con procesos de adaptación y apoyo psicológico para los usuarios, y el valor de la multidisciplinariedad en el desarrollo de prótesis inteligentes.

Finalmente, este tipo de proyectos inspiran a continuar explorando la convergencia entre la ingeniería, la medicina y la empatía social, recordando que el verdadero progreso tecnológico es aquel que pone a las personas en el centro y les devuelve autonomía, dignidad y esperanza.

Prototipado y control de un dedo protésico para amputaciones parciales de mano

Resumen

Objetivo:

El objetivo principal de este proyecto es diseñar, fabricar y controlar un dedo pulgar protésico destinado a personas con amputaciones parciales de mano.

Método:

Para alcanzar este objetivo, el trabajo inicia con un análisis de las soluciones protésicas existentes en el mercado, evaluando sus ventajas e inconvenientes. Posteriormente, se realiza un estudio anatómico del pulgar para identificar los elementos clave de su cinemática y las características que la prótesis debe reproducir. Se definen especificaciones de diseño que incluyen dimensiones, peso, estética y requisitos legales. Finalmente, se desarrolla un prototipo funcional que incorpora un sistema de control mioeléctrico basado en una Raspberry Pi, utilizando sensores electromiográficos superficiales (sEMG) para captar señales musculares y ejecutar los movimientos de flexión y extensión del dedo protésico.

Resultado:

El resultado es un prototipo de dedo pulgar protésico funcional, capaz de reproducir los movimientos de flexión y extensión mediante un sistema de control mioeléctrico intuitivo para el usuario. El sistema permite que las señales musculares sean interpretadas y convertidas en movimientos naturales del dedo protésico, acercando su funcionalidad a la de un pulgar humano real.

Ventajas

1. **Personalización y adaptación:** El prototipo permite adaptar el diseño a las necesidades específicas de cada usuario, considerando dimensiones, peso y estética.
2. **Tecnología accesible:** Utiliza componentes como la Raspberry Pi y sensores sEMG, que son relativamente accesibles y de bajo costo en comparación con otras soluciones comerciales.
3. **Control intuitivo:** El sistema mioeléctrico permite que el usuario controle la prótesis mediante señales musculares, facilitando un manejo más natural y funcional.
4. **Fabricación rápida y económica:** El uso de impresión 3D para la fabricación de piezas reduce los tiempos y costos de desarrollo.
5. **Potencial de mejora:** El diseño modular y abierto facilita futuras mejoras y actualizaciones tecnológicas.

Desventajas

1. **Limitación en movimientos:** Aunque se logra la flexión y extensión, la funcionalidad aún está lejos de replicar la totalidad de movimientos y fuerza de un dedo humano real.

2. **Durabilidad y resistencia:** Los materiales y componentes empleados pueden no ser tan robustos como los de prótesis comerciales de alta gama.
3. **Complejidad de ajuste:** La calibración y adaptación del sistema mioeléctrico puede requerir asistencia técnica especializada y tiempo de entrenamiento para el usuario.
4. **Dependencia tecnológica:** El correcto funcionamiento depende de la electrónica y el software, lo que puede generar problemas si hay fallos técnicos o de alimentación.

Reflexión

El desarrollo de prótesis personalizadas y de bajo costo representa un avance significativo en la mejora de la calidad de vida de personas con amputaciones parciales de mano. Este proyecto demuestra cómo la integración de tecnologías accesibles, como la impresión 3D y la electrónica de código abierto, puede acercar soluciones funcionales a quienes más lo necesitan. Sin embargo, el reto principal sigue siendo alcanzar una funcionalidad y durabilidad comparables a las de la mano humana, así como garantizar la facilidad de uso y mantenimiento. El trabajo abre la puerta a futuras investigaciones y mejoras, especialmente en la miniaturización de componentes, la ampliación de movimientos y la integración de inteligencia artificial para un control aún más intuitivo y adaptativo.

Real-World Testing of the Self Grasping Hand, a Novel Adjustable Passive Prosthesis: A Single Group Pilot Study

Resumen

Objetivo:

El estudio evaluó la viabilidad y utilidad de la "Self Grasping Hand" (SGH), una prótesis pasiva ajustable y novedosa, fabricada mediante impresión 3D, en adultos con ausencia de mano a nivel transradial. Se buscó determinar su aceptación, funcionalidad y satisfacción en comparación con las prótesis habituales de los usuarios (ganchos corporales o manos cosméticas pasivas).

Método:

Se realizó un estudio piloto de grupo único con nueve adultos usuarios de prótesis (cinco con ganchos corporales y cuatro con manos cosméticas). Durante dos semanas, los

participantes utilizaron la SGH en su vida cotidiana. Se monitorizó el tiempo de uso y la actividad bilateral mediante sensores, y se evaluaron la función y satisfacción con las escalas OPUS y TAPES. Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas para obtener retroalimentación cualitativa.

Resultado:

- Los usuarios de ganchos corporales usaron la SGH en promedio 17,5 horas (10% del tiempo total de uso de prótesis), mientras que los usuarios de manos cosméticas la usaron 83,5 horas (63% del tiempo total).
- La satisfacción media con la SGH fue de 5,2/10 y la puntuación funcional promedio fue de 47,9/100.
- Los usuarios de manos cosméticas mostraron mejor simetría en el uso de ambas extremidades con la SGH, mientras que los de ganchos corporales dependieron más de su brazo anatómico con la SGH que con su prótesis habitual.
- Las entrevistas revelaron que la SGH necesita mejoras en robustez y facilidad de uso, especialmente en el mecanismo de bloqueo/desbloqueo de la prensión.

Ventajas

1. Ligereza y comodidad:

La SGH es ligera (menos de 300 g), lo que facilita su uso prolongado y mejora la comodidad en comparación con prótesis activas más pesadas.

2. No requiere baterías ni cables:

Su funcionamiento es completamente mecánico, lo que elimina la necesidad de mantenimiento relacionado con componentes electrónicos y reduce el costo.

3. Ajustabilidad pasiva:

Permite al usuario ajustar la posición de los dedos y el pulgar, facilitando la realización de actividades bimanuales y mejorando la funcionalidad frente a manos pasivas convencionales.

4. Fácil integración con sockets existentes:

Puede montarse en el conector de muñeca de la prótesis que ya utiliza el usuario, facilitando la transición y prueba del dispositivo.

5. Estética mejorada:

Puede usarse con guantes cosméticos de PVC o silicona, mejorando la apariencia y aceptabilidad social.

6. Impresión 3D y bajo costo:

Su fabricación mediante impresión 3D puede reducir costos y facilitar la personalización.

Desventajas

1. Robustez limitada:

Los usuarios reportaron que la SGH necesita ser más robusta, ya que algunos componentes pueden dañarse o desgastarse con el uso diario.

2. Mecanismo de bloqueo/desbloqueo poco intuitivo:

El sistema de bloqueo de la prensión requiere mejoras, ya que algunos usuarios encontraron difícil o poco práctico operar el mecanismo durante actividades cotidianas.

3. Dependencia de la otra mano:

Aunque mejora la función bimanual, sigue requiriendo el uso de la mano anatómica para ajustar la posición o liberar la prensión, lo que puede limitar la independencia.

4. Menor funcionalidad frente a prótesis activas o ganchos corporales:

Para usuarios acostumbrados a prótesis corporales (ganchos), la SGH ofrece menor funcionalidad y menor tiempo de uso.

5. Adaptación y aprendizaje:

Requiere un periodo de adaptación y aprendizaje para aprovechar sus capacidades, lo que puede ser una barrera para algunos usuarios.

Reflexión

La Self Grasping Hand representa un avance interesante en el desarrollo de prótesis pasivas ajustables, combinando accesibilidad, bajo costo y funcionalidad mecánica. Su diseño ligero y la posibilidad de personalización mediante impresión 3D la hacen una opción atractiva, especialmente para quienes priorizan la comodidad y la estética sobre la funcionalidad avanzada. Sin embargo, el estudio evidencia que, para lograr una adopción más amplia y una mayor satisfacción del usuario, es fundamental mejorar la robustez y la facilidad de uso del mecanismo de prensión. Además, la dependencia de la mano sana para operar la prótesis sigue siendo una limitación relevante. En conclusión, la SGH tiene potencial para cubrir un nicho importante, pero requiere iteraciones adicionales en su diseño para alcanzar un equilibrio óptimo entre funcionalidad, comodidad y durabilidad.

2. Metodología VDI (modelo funcional y técnico) - Inkari
3. Caja negra - Luis



Entradas:

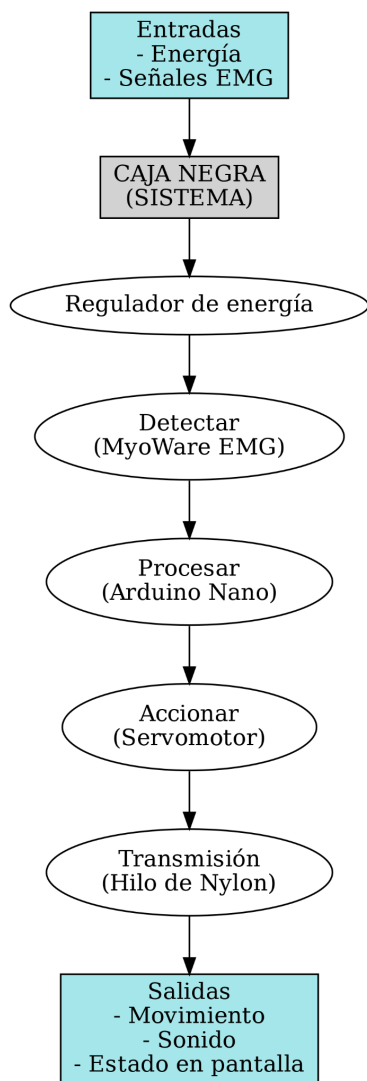
Energía: La energía que utilizará el sistema para poder realizar un movimiento de los dos dedos protésicos, el pulgar y el meñique.

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.



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

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.[3]
Activar movimiento funcional	Motor DC	El motor gira y jala un cable conectado a un mecanismo generando el movimiento de agarre.[4].
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

Ventajas: bajo costo, fácil implementación, buena para prototipos.

Desventajas: control limitado por solo detectar presión; no detecta intención muscular real.

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.[5].
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[6]
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.

Ventajas: sin contacto físico directo con los dedos; buena potencia de agarre.

Desventajas: más complejo; requiere fuente de aire comprimido.

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 [7]
Activar movimiento funcional	Servomotor	Mueve una parte de la prótesis directamente[8].
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

Ventajas: tecnología moderna y precisa, excelente para usuarios activos.

Desventajas: requiere calibración y experiencia en señales EMG.

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.[3].
Activar movimiento funcional	Motor DC	El motor gira y jala un cable conectado a un mecanismo generando el movimiento de agarre.[4].
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

Ventajas: buena combinación de componentes económicos y avanzados.

Desventajas: sigue dependiendo de presión externa para activarse.

Conclusión del concepto elegido:

Tras evaluar las necesidades del caso clínico y considerando criterios como funcionalidad, viabilidad técnica y costo, se optó por un diseño híbrido de prótesis de mano.

Se decidió implementar servomotores en los dedos pulgar y meñique, ya que presentan mayor grado de afectación funcional. Estos estarán controlados mediante un sensor MyoWare, que permite la detección de señales musculares residuales, facilitando así un movimiento controlado e intencionado del usuario. La elección restaura parcialmente la capacidad de agarre y oposición del pulgar.

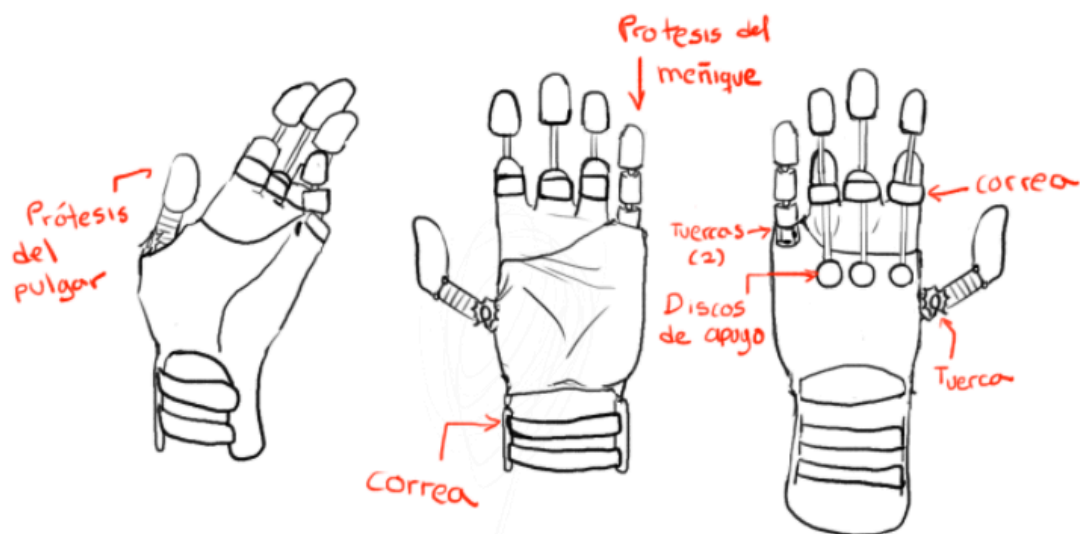
Tabla comparativa de opciones de diseño

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

Para los dedos parcialmente amputados (índice, medio y anular), se propuso una solución pasiva y de bajo costo, dada la menor gravedad de la lesión. Se utilizarán prótesis impresas en 3D, diseñadas anatómicamente y unidas mediante una extensión flexible y correas ajustables.

Finalmente, todo el sistema estará anclado a una base rígida en la muñeca, que además de garantizar la estabilidad del dispositivo, sino que también sirve como soporte estructural para el cableado y componentes electrónicos internos

Bocetos:



Ilustra una propuesta de diseño para una órtesis protésica de mano pasiva. La solución busca facilitar el agarre funcional básico (como sostener utensilios o dispositivos livianos) mediante un diseño mecánico simple y adaptable.

Vista lateral izquierda:

- Se muestra una prótesis pasiva para el pulgar, articulada con estructura modular.
- El diseño se sujeta a la extremidad mediante una correa ajustable a nivel del antebrazo.

Vista frontal:

- La estructura incluye discos de apoyo en la base de los dedos para distribuir carga sin generar puntos de presión.
- Se integran dos tuercas de sujeción que permiten calibrar la resistencia y ajustar la flexión ligera de los dedos según necesidad del usuario.

Vista posterior:

- Se aprecian los mecanismos de anclaje, incluyendo una tuerca de ajuste lateral y correas para asegurar la órtesis a la extremidad.
- El dedo meñique se muestra con una prótesis individual.

REFERENCIAS

Referencias

- [1] L. Giraldo Castaño et al., "Ruta integral de atención en salud para personas con amputaciones de miembro inferior, para mejorar el funcionamiento y la calidad de vida," Revista Facultad Nacional de Salud Pública, jun. 2022.
https://www.researchgate.net/publication/358436651_Ruta_integral_de_atencion_en_salud_para_personas_con_amputaciones_de_miembro_inferior_para_mejorar_el_funcionamiento_y_la_calidad_de_vida
- [2] Dirección General de Epidemiología – MINSA, "Boletín informativo: campaña contra el uso de pirotécnicos," 2023.
https://www.dge.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=557
- Huaman Tineo, J. M. (2021). Implementación de una prótesis de dedos robóticos controlados por las ondas cerebrales empleando una comunicación Bluetooth para los pacientes que han sufrido amputación por gangrena. Tesis de Ingeniería Electrónica con Mención en Telecomunicaciones, Universidad de Ciencias y Humanidades, Los Olivos, Perú.
- O'Brien, L., Montesano, E., Chadwell, A., Kenney, L., & Smit, G. (2022). Real-World Testing of the Self Grasping Hand, a Novel Adjustable Passive Prosthesis: A Single Group Pilot Study. *Prosthesis*, 4, 48–59.

Pedraza Huarcaya, J. C. (2021). Prototipado y control de un dedo protésico para amputaciones parciales de mano. Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid, España.

- [3] “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>
- [4] “Motor DC,” Harmonic Drive SE. [En línea]. Disponible: <https://harmonicdrive.de/es/glosario/motor-dc>
- [5] “Cómo funciona y qué hace el acelerómetro,” TME. [En línea]. Disponible: <https://www.tme.com/pe/es/news/library-articles/page/22568/Como-funciona-y-que-hace-el-acelerometro/>
- [6] “Actuador neumático de efecto simple,” UNOX. [En línea]. Disponible: <https://unox.com.tr/es/urun/actuador-neumatico-de-efecto-simple-2/>
- [7] “Sensor muscular MyoWare,” MyoWare. [En línea]. Disponible: <https://myoware-com.translate.goog/products/muscle-sensor/>
- [8] “¿Qué es un servomotor?,” Advanced Motion Controls. [En línea]. Disponible: <https://www.a-m-c.com/es/servomotor/>