

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.

Proyectos open hardware

Prototipado y control de una mano protésica de bajo coste

Objetivo:

El objetivo de este proyecto es desarrollar una prótesis robótica accesible para personas con amputación a nivel de muñeca, que combine bajo costo con un funcionamiento adecuado. Se busca utilizar tecnologías accesibles, como la impresión 3D y sistemas de control básicos, para reducir el precio sin comprometer la calidad. La intención es ofrecer una alternativa funcional a quienes no pueden acceder a prótesis de elevado costo. De esta manera, se pretende contribuir a mejorar la autonomía y calidad de vida de los usuarios.

Método:

Se exploraron diversos estados del arte de diferentes prótesis como por ejemplo, la prótesis de mano Pasivas o Estéticas, Prótesis de mano funcionales, Prótesis mioeléctrica, entre otras. También se investigó la anatomía de la mano para una mayor precisión en la prótesis y el código con el que estaría programada.

Resultados:

Se logró desarrollar una prótesis robótica para desarticulación de muñeca con un costo total aproximado de 1.107,69 €, notablemente inferior al de las prótesis comerciales que suelen costar entre 2.000 € y 70.000 €. La estructura fue fabricada mediante impresión 3D con materiales reciclables y

biodegradables, lo que refuerza su sostenibilidad. El sistema fue probado con sensores colocados en el antebrazo, registrando señales mioeléctricas útiles para el control de los movimientos programados. A pesar de ser un prototipo incompleto, el sistema demostró ser funcional y replicable.

Ventajas:

- Más accesible económicamente en comparación con modelos comerciales.
- Toda la información está en el paper, tanto el código como la investigación anatómica e impresión 3D
- Fabricada con materiales reciclables y biodegradables.
- El diseño modular permite mejoras y adaptaciones para distintos usuarios.

Desventajas:

- Solo dos dedos están motorizados; los demás permanecen estáticos.
- Actualmente requiere un ordenador y una fuente de alimentación para funcionar.
- No cuenta con sensores de presión ni control de fuerza al sujetar objetos.

Reflexión:

Este proyecto representa un avance significativo hacia prótesis de muñeca accesibles, demostrando cómo la impresión 3D y sistemas básicos pueden reducir drásticamente los costos, aunque el prototipo actual presenta limitaciones funcionales como la motorización parcial y la dependencia de fuentes externas. A pesar de estas desventajas, el logro de un diseño funcional, replicable y sostenible abre un camino prometedor para democratizar la tecnología protésica y mejorar la autonomía de más usuarios.

Hero Gauntlet

Objetivo:

Desarrollo de una férula funcional, accesible y atractiva para niños con movilidad reducida en una mano o brazo, que facilite la rehabilitación activa mediante el juego y mejore la autonomía en tareas cotidianas sin requerir una prótesis completa.

Método:

El desarrollo de la férula, según lo reportado por la empresa Open Bionics, se basa en el diseño y fabricación mediante impresión 3D de un dispositivo ultraligero, personalizado para adaptarse con precisión a la anatomía de cada niño. El enfoque integra principios de biomecánica infantil y ergonomía para asegurar comodidad y funcionalidad, junto con un diseño lúdico y visualmente

atractivo. Posteriormente, el dispositivo fue probado con usuarios infantiles para evaluar su efectividad, nivel de confort y aceptación.

Resultados:

Los niños que usaron esta férula pudieron agarrar cosas con más fuerza, mover mejor la mano y hacer tareas sencillas. También se notó que estaban más animados a hacer los ejercicios de rehabilitación porque la férula les molestaba. Inclusive se redactó que parecían más contentos con ellos mismos y participaban más en las cosas que hacían cada día

Ventajas:

- Es muy ligera y cómoda para llevarla puesta durante mucho tiempo.
- Hacerla cuesta menos que una prótesis complicada.
- Se puede fabricar muy rápido con una impresora 3D.
- Ayuda a que los niños hagan rehabilitación mientras juegan.

Desventajas:

- Solo sirve para niños que todavía pueden mover un poco la mano.
- Como los niños crecen, seguramente habrá que arreglarla o hacer una nueva cada cierto tiempo.
- No hace todo lo que haría una prótesis completa.
- No soporta maniobras muy bruscas o ejercer mucha presión.

Reflexión:

El Hero Gauntlet de Open Bionics es una innovadora férula impresa en 3D para niños con movilidad reducida, que inteligentemente potencia su capacidad residual mediante un diseño lúdico y personalizable. Su accesibilidad, bajo costo y enfoque en la rehabilitación a través del juego son grandes ventajas, aunque su aplicación se limita a ciertos niveles de movilidad y requiere reemplazo por el crecimiento infantil. En esencia, combina tecnología y diseño centrado en el usuario para ofrecer una solución funcional y emocionalmente positiva, empoderando a los niños y fomentando su independencia.

Bebionic Hand

Objetivo:

Desarrollar una mano protésica mioeléctrica de última generación para personas con amputaciones del miembro superior, que permita una amplia variedad de agarres precisos y presente un diseño realista.

Métodos:

Utilización de sensores electromiográficos (EMG) para interpretar las señales musculares, microprocesadores para controlar hasta 14 tipos de agarre con movimientos suaves y coordinados. Fabricación con materiales avanzados como fibra de carbono, aluminio y polímeros. Interfaz digital para ajustes personalizados y batería recargable de iones de litio.

Resultados:

Una mano protésica que ejecuta hasta 14 agarres distintos, permite programar patrones personalizados para tareas específicas, ofrece una autonomía de hasta 24 horas y se integra fácilmente con diferentes sistemas de suspensión. Además, presenta un diseño estético realista con opciones de personalización.

Ventajas:

Amplia funcionalidad con agarres precisos y personalizables, control mioeléctrico intuitivo, diseño ergonómico para mayor comodidad, estética realista que mejora la aceptación, y la posibilidad de adaptar la apariencia a diferentes contextos.

Desventajas:

El texto no menciona explícitamente desventajas. Sin embargo, se podrían considerar aspectos como el costo elevado de la tecnología avanzada, la necesidad de mantenimiento especializado, el periodo de aprendizaje para el control, y las posibles limitaciones en entornos exigentes o en cuanto a la retroalimentación sensorial.

Reflexión:

La Bebionic Hand constituye un notable avance en la tecnología protésica gracias a su sofisticado sistema de control mioeléctrico que permite ejecutar hasta 14 tipos de agarre, devolviendo una funcionalidad significativa a personas con amputaciones del miembro superior para realizar tareas cotidianas y especializadas. Su diseño incorpora materiales avanzados que ofrecen ligereza y robustez, junto con una autonomía de hasta 24 horas, lo que facilita un uso continuo y eficiente.

Adicionalmente, la prótesis considera la importancia de la estética al ofrecer opciones de apariencia realista y cubiertas intercambiables, lo que contribuye a una mejor aceptación por parte del usuario y su entorno. En conjunto, la Bebionic Hand integra de manera excepcional funcionalidad, tecnología y

diseño centrado en el usuario, marcando un progreso significativo en el campo de las prótesis avanzadas.

Patentes:

US20210196482A1 – Extensores Digitales con Retroalimentación Háptica [1]

- **Autor/Institución:** Inventores independientes con solicitud registrada en EE.UU. (2021). No está comercializado como producto, pero representa una solución tecnológica viable en el ámbito de la rehabilitación sensorial.
- **Descripción:** Dispositivo portátil acoplado a dedos amputados o muñones, que incorpora:
 - **Una estructura mecánica articulada** que simula el movimiento de los dedos reales.
 - **Sensores hápticos integrados** en las “yemas artificiales”, capaces de percibir contacto, presión y textura.
 - **Una interfaz de retroalimentación**, que estimula la piel o los músculos residuales del usuario para "simular" el tacto percibido por la prótesis.

El dispositivo no requiere intervención quirúrgica, ya que transmite estímulos a través de vibraciones o presión superficial en la zona proximal (por ejemplo, el antebrazo o muñeca), resolviendo el problema de la falta de retroalimentación sensorial en prótesis pasivas o activas.

- **Ventajas:**

Innovaciones destacables:

- Integra un sistema háptico multizona, capaz de generar distintos niveles de presión y vibración.
- El diseño modular permite adaptar el sistema a diferentes niveles de amputación sin rediseñar la prótesis completa.

Impacto funcional / beneficio clínico:

- Mejora significativamente la percepción de objetos, incluso sin visión directa, lo cual favorece tareas como vestirse, manipular herramientas, o cocinar.
- Puede integrarse como complemento de prótesis impresas en 3D o mioeléctricas, extendiendo sus capacidades funcionales.

Accesibilidad:

- Compatible con entornos clínicos o domiciliarios.
- Diseño enfocado en ser adaptable mediante correas o adhesivos sin necesidad de cirugía.

- Desventajas

Limitaciones técnicas:

- Los sensores pueden ser sensibles al polvo, sudor o humedad, lo cual reduce la fiabilidad.
- El feedback no simula aún temperaturas ni fuerzas más profundas (como resistencia o textura rugosa), lo que limita su uso en entornos complejos.

Problemas en usabilidad:

- Se desconoce la fatiga muscular prolongada debido a los impulsos hápticos. No hay datos clínicos extensivos.

Barreras de adopción:

- Costo potencial alto si se busca adaptar cada unidad a las necesidades específicas del paciente.
- Requiere conocimientos técnicos para calibrar sensores y motores de feedback.

- Reflexión final

- ¿Qué mejoraría? Agregaría un sistema de autoajuste inteligente que detecta el grado de presión necesario sin intervención externa, así como sensores para temperatura y humedad.
- ¿Qué necesidad aún no se cubre? La simulación de "resistencia" o "textura en profundidad", que es clave para tareas como agarrar objetos blandos o manejar herramientas que requieren fuerza.

WO2017208100A1 – Prótesis Mioeléctrica Impresa en 3D con Movimiento Mejorado del Pulgar [2]

- **Autor / Institución:** Diseñada por inventores registrados en el sistema internacional (PCT), esta patente representa una evolución de prótesis mioeléctricas que combina electrónica y manufactura aditiva (impresión 3D), con énfasis en funcionalidad anatómica realista.

- **Descripción:**

Se trata de una prótesis mioeléctrica de mano, personalizable mediante impresión 3D, que:

- **Utiliza sensores EMG** (electromiografía) en el antebrazo para captar señales musculares voluntarias.
- **Controla actuadores internos** que permiten mover cada dedo y, especialmente, articular el pulgar en múltiples direcciones.
- **Permite varios tipos de agarre:** cilíndrico, pinza, lateral y dinámico.

El movimiento mejorado del pulgar se logra mediante un sistema de ejes múltiples que reproduce el movimiento de oposición, crucial para la manipulación de objetos pequeños, como llaves o utensilios.

- **Ventajas**

- Innovaciones destacables:
 - Movimiento tridimensional del pulgar (flexión, abducción, oposición), algo que la mayoría de prótesis mecánicas no incluyen.
 - Diseño modular impreso en 3D, lo que reduce tiempos de producción y permite adaptaciones personalizadas.
- Impacto funcional / beneficio clínico:
 - Rehabilitación más efectiva al promover el uso activo del miembro residual.
 - Usuarios pueden realizar tareas finas sin necesidad de asistencia, mejorando su autonomía y autoestima.

- Ergonomía y facilidad de uso:
 - Materiales ligeros reducen la fatiga muscular.
 - Posibilidad de ajustar el diseño según el perfil antropométrico del paciente.

- **Desventajas**

- Limitaciones técnicas:
 - Alta dependencia de sensores EMG; si hay daño muscular o señal débil, el control puede volverse impreciso.
 - No integra retroalimentación sensorial (ni táctil ni háptica).
- Problemas clínicos o de usabilidad:
 - Curva de aprendizaje pronunciada; el usuario debe entrenarse para controlar eficientemente la prótesis.
 - Calibración periódica necesaria para evitar errores de interpretación.
- Barreras de adopción:
 - Requiere software de diseño, impresión 3D de precisión y componentes electrónicos.
 - Dificil acceso en zonas con infraestructura limitada o baja especialización técnica.

- **Reflexión final**

- **¿Qué mejoraría?** Integraría un módulo de retroalimentación sensorial básico, como vibración proporcional a la fuerza de agarre o sensores de presión en las falanges.
- **¿Qué necesidad aún no se cubre?** El control fino en situaciones de estrés muscular o sudoración excesiva, que afecta la señal EMG.

Productos Comerciales Innovadores para Apoyo Funcional en Personas con Amputación Parcial

En el caso de Leonel, adolescente con una amputación parcial de la mano derecha, resulta fundamental identificar productos que no solo suplan la función de la extremidad afectada, sino que además se adapten a sus necesidades escolares, sociales y emocionales. A continuación, se presentan productos comerciales reales con un alto nivel de innovación, aplicables en contextos escolares y terapéuticos.

1. Hero Arm

Una prótesis de miembro superior altamente funcional y personalizable, desarrollada mediante impresión 3D. Cuenta con múltiples tipos de agarre, controlados por sensores mioeléctricos que responden a señales musculares residuales. Diseñada específicamente para niños y adolescentes, combina funcionalidad, ergonomía y estética [AS].

Ventajas:

- Ligera, cómoda y diseñada para uso diario.
- Estética atractiva y personalizable.
- Precio más accesible que otras prótesis biónicas.

Desventajas:

- Requiere entrenamiento especializado.
- Necesita recarga eléctrica.
- Disponibilidad limitada por región.

Aplicación en el caso de Leonel:

Le permitiría recuperar funciones de agarre y manipulación, especialmente útiles en el entorno escolar y actividades recreativas.

2. Aplicación de dictado de voz

Herramienta digital basada en inteligencia artificial que permite transcribir en tiempo real la voz a texto. Es ideal para estudiantes con limitaciones motoras en las extremidades superiores, ya que sustituye la escritura física por comandos orales [PO].

Ventajas:

- Transcripción rápida y precisa.
- Permite registrar clases o ideas personales.
- Interfaz intuitiva.

Desventajas:

- Requiere conexión a internet.
- Puede presentar errores en ambientes ruidosos.

Aplicación en el caso de Leonel:

Permite su participación activa en el aula sin necesidad de escribir con una sola mano durante largos periodos.

3. Camisas con velcro

Prenda adaptada con cierre de velcro oculto en lugar de botones tradicionales. Diseñada para facilitar el vestido independiente en personas con limitaciones motrices unilaterales [DS].

Ventajas:

- Mayor autonomía al vestirse.
- Diseño moderno y discreto.
- Apta para uso escolar y diario.

Desventajas:

- Precio mayor que una prenda convencional.
- Acceso solo mediante compra en línea.

Aplicación en el caso de Leonel:

Reduce la dependencia de terceros en la rutina de vestido y facilita su integración funcional en la escuela.

Referencias:

- [1] C. Nawn *et al.*, «US20210196482A1 - Digital extenders with haptic feedback - Google Patents», 01 de Julio de 2021.
<https://patents.google.com/patent/US20210196482A1/en>
- [2] J. A. R. Ramirez y R. R. J. Alberto, «WO2017208100A1 - 3d-printed myoelectric hand prosthesis with improved thumb movement - Google Patents», 07 de diciembre de 2017. <https://patents.google.com/patent/WO2017208100A1/en>
- [AS] Open Bionics, “Hero Arm – Bionic Arm,” Open Bionics, 2024.
<https://openbionics.com/en/hero-arm/>
- [PO] Otter.ai, “Otter Voice Meeting Notes & Real-time Transcription,” Otter.ai, 2024.
https://aws.amazon.com/es/pm/transcribe/?trk=de372d97-abf9-45d5-b941-757eb8e04b94&sc_channel=ps&ef_id=Cj0KCQjw5ubABhDIARIsAHMighal-Fio5A81ARzLAI84TLCVxfH5zYtEiGR2uwk9DEYDaAmJWohellMaAlg3EALw_wcB:G:s&s_kwcid=AL!4422!3!652868436382!p!!g!!voice%20to%20text%20converter!19909695779!152804563572&gad_campaignid=19909695779&qclid=Cj0KCQjw5ubABhDIARIsAHMighal-Fio5A81ARzLAI84TLCVxfH5zYtEiGR2uwk9DEYDaAmJWohellMaAlg3EALw_wcB
- [DS] Silverts, “Men’s Magnetic Dress Shirt,” Silverts Adaptive Clothing, 2024.
<https://www.silverts.com/products/mens-self-dressing-magnetic-buttons-dress-shirt>
- 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.