



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Entregable N°4:

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PRODUCTOS EXISTENTES

Autores:

Alessandro Nicolas Crosby Collantes

Pabel Mario Condori Pompilio

Arianna Fabiana Del Valle Fuentes Contreras

Paola Andrea Fernández García

Brandy Abigail Cordova Palomino

Sebastián Amadeus Espinoza Padilla

Asesores:

Miguel Rogger Hoyos Alvitez

Marco Mugaburu Celi

Shirley Pahuachon Nuñez

Curso:

Fundamentos de Biodiseño – Ciclo IV

Universidad Peruana Cayetano Heredia

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Septiembre 2025

Justificación de la necesidad crítica para el paciente con esclerosis múltiple avanzada y disartria severa

El paciente presenta esclerosis múltiple avanzada, con disartria casi total, debilidad motora generalizada, fatiga y dependencia para AVD (actividades de la vida diaria). Aunque conserva lucidez y comprensión auditiva y visual suficientes, su capacidad de comunicación oral es prácticamente ininteligible, lo que limita gravemente su participación social, emocional y laboral.

Necesidad prioritaria:

Un sistema de Comunicación Aumentativa y Alternativa (SAAC) que:

- Permita al usuario **expresar mensajes complejos** con fluidez, no solo frases básicas o pictogramas simples;
- Sea accesible con **bajo esfuerzo físico y cognitivo**, dado que su motricidad manual es limitada y la fatiga ocular es probable;
- Provea **canales de entrada alternativos** para cuando el control ocular degrade (por ejemplo, fatiga ocular, problemas visuales);
- Integre funciones de apoyo postural y prevención de complicaciones secundarias (como úlceras por presión) que afectan su estado físico general.

Razones de prioridad:

1. **Autonomía comunicativa:** Sin comunicación efectiva, el aislamiento social incrementa, la calidad de vida baja, y la dependencia crece.
2. **Impacto emocional y psicológico:** Frustración, bajos estados de ánimo y riesgo de depresión asociados a incapacidad de expresarse.
3. **Potencial de mejora con tecnología existente:** Existen tecnologías comerciales, open-hardware e investigaciones que ya abordan partes de este problema, lo cual sugiere que una solución óptima es viable.
4. **Prevención de complicaciones secundarias:** La falta de autonomía también contribuye a complicaciones físicas (úlceras, contracturas) y deterioro adicional, lo que podría evitarse con mejores soporte técnico y movilidad/posicionamiento.

SOLUCIONES:

Hemos seleccionado 9 soluciones divididas en 3 grupos: **(A) Productos comerciales disponibles, (B) Proyectos / open-hardware, (C) Investigaciones científicas / prototipos clínicos.**

A. Productos comerciales (5)

1) TD I-Series (Tobii Dynavox) - *Eye-gaze enabled speech generating device*

- **Responsable:** Tobii Dynavox (empresa).
- **Descripción funcional:** Dispositivo de generación de voz (SGD) propósito-construido que permite controlar interfaz y sintetizador de voz mediante rastreo ocular (eye-gaze). Incluye software AAC preinstalado, altavoces potentes y funciones de teléfono/llamadas controladas por la mirada. [1]

TD I-Series [2]:



Figura 1 TD I-13 / TD I-16

- **Ventajas:** Alta robustez comercial; calibración para distintas condiciones de iluminación; diseño pensado para comunicación clínica (volumen, vocabularios, ventanas para interlocutores); soporte/servicio; baja curva de aprendizaje para usuarios con control ocular conservado.
- **Desventajas:** Alto costo; dependencia de fijación ocular intacta (problemas oculomotores limitan uso); peso/portabilidad según modelo; necesidad de mantenimiento/calibración profesional.
- **Reflexión (mejoras):** Integrar predicción de texto basada en modelos LLM (ya se investiga esto) para aumentar velocidad de entrada; modos adaptativos que reduzcan ruido por micro-sacadas o fatiga ocular.

2) NovaChat / TouchChat (PRC-Salttillo) - *Tablets / dispositivos AAC y apps*

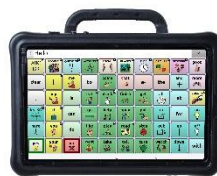


Figura 2 NovaChat® 10 Active & Classic

- **Responsable:** PRC-Salttillo / Prentke Romich Company.
- **Descripción funcional:** Ecosistema de hardware y aplicaciones (ej. NovaChat, TouchChat) para comunicación aumentativa con soporte de acceso por toque,

escaneo por switches y compatibilidad con eye-trackers [3].

ECOSISTEMA DE HARDWARE Y APLICACIONES [4], [5], [6]:

<https://saltillo.com/products>

<https://www.prentrom.com/products/devices>

<https://www.prc-saltillo.com/co-branded-products>

- **Ventajas:** Amplio catálogo de vocabularios personalizables; soporte de múltiples métodos de acceso (útil si la fuerza manual fluctúa); versiones más económicas (apps iOS) comparado con SGD dedicados.
- **Desventajas:** Cuando se usa en tablet sin eye-tracker, las limitaciones motoras y la debilidad dificultan pulsaciones (ej. paciente con fuerza 3/5); integración de hardware de acceso requiere accesorios y configuración especializada.
- **Reflexión:** Mejorar interfaces de selección por gesto mínimo y combinarlas con predicción semántica adaptativa al contexto familiar del paciente.

3) EyeGaze Edge / Eyegaze Systems - *Eye-gaze systems para comunicación*



Figura 3 New Enclosure 7

- **Responsable:** Eyegaze Systems Ltd. (proveedor especializado).
- **Descripción funcional:** Sistemas de eye-gaze dedicados para control de PC, comunicación y domótica; compensan fatiga ocular y permiten baja carga motora [7].

EYEGAZE EDGE [8]: <https://eyegaze.com/products/eyegaze-edge/>

EYEGAZE x EYEMINE [9]: <https://eyegaze.com/eyemine/>

SOFTWARE EYEWORLD [10]: <https://eyegaze.com/products/eyeworld/>

- **Ventajas:** Especialización en usuarios con fatiga; interfaz de bajo esfuerzo; integración con control ambiental.
- **Desventajas:** Costo, y rendimiento decrece si hay problemas oculomotores (nistagmo, diplopía); puede requerir ajustes frecuentes.
- **Reflexión:** Añadir modos híbridos que combinen gaze + micro-switches o EMG para usuarios con control ocular parcial.

4) Permobil (F5 / M300 Series) — Sillas de ruedas eléctricas avanzadas

- **Responsable:** Permobil (empresa).
- **Descripción funcional:** Sillas eléctricas con elevación de asiento, recline/tilt, suspensión avanzada, opciones de control alternativo (joystick, control por switch, interfaces externos). Modelos pensados para confort y prevención de complicaciones (presión) [11].

F5 [12]:



Figura 4 Permobil F5 Corpus

M300 CORPUS HD [13]:



Figura 5 Permobil F5 Corpus

M300 PS JR [14]:



Figura 6 Permobil M300 PS Jr.

- **Ventajas:** Mejora autonomía de desplazamiento; funciones posturales (tilt/recline/elevación) ayudan a prevenir úlceras y facilitan transferencias; integrables con sistemas de control alternativo.
- **Desventajas:** Alto costo de adquisición y mantenimiento; necesitan adaptación ergonómica especializada; tamaño puede dificultar maniobra en viviendas con barreras arquitectónicas.
- **Reflexión:** Integrar control por eye-gaze o por BCI como alternativa cuando la motricidad fina del brazo/mano está muy comprometida.

5) ROHO (cojín de celdas de aire) — *Prevención de úlceras por presión*

- **Responsable:** ROHO / manufacturer (DJO Global u otros distribuidores).
- **Descripción funcional:** Cojín de celdas de aire (presión redistributiva) para usuarios en silla de ruedas con riesgo de úlceras por presión. Estudios muestran mayor alivio de presión en interfase asiento-nalgas comparado con otros cojines [15].

ROHO CUSHION [16]:



Figura 7 ROHO QUADTRO SELECT Cushion

- **Ventajas:** Evidencia clínica de reducción de puntos de presión; relativamente sencillo de usar; disponible comercialmente.
- **Desventajas:** Requiere ajuste y mantenimiento (inflado personalizado); costo; si no se usa correctamente o no se combina con cambios posturales, riesgo persiste.
- **Reflexión:** Sensores integrados que alerten al cuidador/usuario cuando es necesario un cambio postural podrían mejorar efectividad.

B. Proyectos / Open-hardware (2)

6) OpenBCI — *Plataforma BCI open-hardware*

- **Responsable:** OpenBCI (comunidad / empresa open-source).
- **Descripción funcional:** Placas y software open-source para registrar EEG/EMG/EKG y prototipar interfaces BCI no invasivas; ampliamente usada en investigación y por makers [17].

EJEMPLO DE EEG EN OPENCBI [18]:



Figura 8 Ultracortex "Mark IV" EEG Headset

Ventajas: Bajo coste relativo frente a equipos clínicos; alto grado de personalización e integración con software libre; comunidad activa (útil para prototipos experimentales).

- **Desventajas:** No es un dispositivo médico certificado para uso clínico sin validación; calidad de señal inferior a equipos médicos de alto costo; requiere conocimientos técnicos para procesamiento de señales y seguridad.
- **Reflexión:** Para el paciente con disartria severa, una BCI no invasiva (EEG) podría servir como canal alternativo de entrada si la oculomotricidad se deteriora, pero necesitaría validación de usabilidad y robustez clínica.

7) EyeWriter — *open eye-tracking low-cost*



Figura 9 The Eye Writer

- **Responsable:** EyeWriter (proyecto colaborativo, código en GitHub).
- **Descripción funcional:** Sistema de gafas + software open-source para seguir la mirada y permitir interacción/arte mediante los ojos; diseñado originalmente para personas con ALS [19].

REPOSITORIO DE EYEWITER [20]: <https://github.com/eyewriter/>

- **Ventajas:** Muy bajo coste; comunidad de desarrollo; puede servir como base para prototipos de AAC asequibles en contextos con pocos recursos.
- **Desventajas:** Requiere montaje/ajustes técnicos; sensibilidad a condiciones de luz, calibración manual y calidad inferior comparada con soluciones comerciales clínicas.
- **Reflexión:** Ideal para proyectos de bajo presupuesto (por ejemplo, en TOM o en salud pública), pero necesita UI de selección de vocabulario y síntesis de voz integrados para uso clínico.

C. Investigaciones científicas y prototipos clínicos (2)

8) cVEP / SSVEP BCI para comunicación (ej. estudio cVEP speller)

- **Responsable / autores:** Verbaarschot et al. (estudios sobre cVEP spellers) y grupos que combinaron SSVEP con interfaces de tipeo; múltiples ensayos pilotos en ALS y poblaciones con motricidad severa.

A visual brain-computer interface as communication aid for patients with amyotrophic lateral sclerosis [21]:

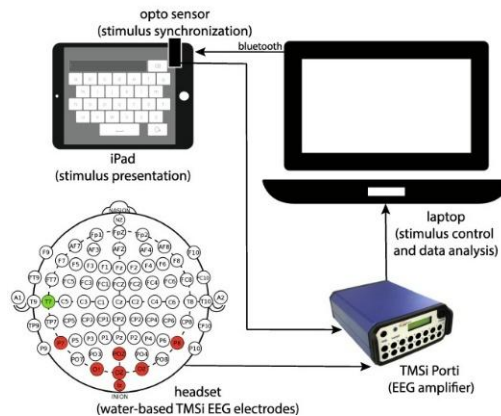


Figura 10 The experimental setup

- **Descripción funcional:** BCIs basados en respuestas visuales (potenciales evocados visuales) que permiten selección de letras/elementos sin usar manos ni ojos (en algunas variantes). Se han evaluado en pacientes con parálisis (ensayos y pruebas de usabilidad).
- **Ventajas:** Alternativa cuando el control ocular es limitado o se fatiga; potencial de comunicación independiente de la motricidad voluntaria; progresos recientes incrementan velocidad y usabilidad.
- **Desventajas:** Variabilidad interusuario; necesita entrenamiento del usuario y del sistema; sensibilidad a ruido visual y requerimiento de atención visual intacta en algunos paradigmas; aún en fase experimental para la mayoría de los pacientes.
- **Reflexión:** Para el paciente MS con disartria, un BCI visual podría usarse como backup si la mirada se vuelve inestable — pero la fatiga cognitiva y la función visual deben evaluarse.

9) LLM-assisted AAC (Nature Communications 2024 — LLMs para acelerar entrada en eye-gaze)

- **Responsable / autores:** Cai et al., Nature Communications 2024 (ejemplo de integración LLM con eye-gaze AAC).
- **Descripción funcional:** Investigación que demuestra que integrar modelos de lenguaje (LLMs) con sistemas de entrada por eye-gaze aumenta la velocidad de redacción (29–60% más en pruebas con usuarios con ALS) al predecir palabras/frases y reducir pulsaciones necesarias.

Using large language models to accelerate communication for eye gaze typing users with ALS [22]:

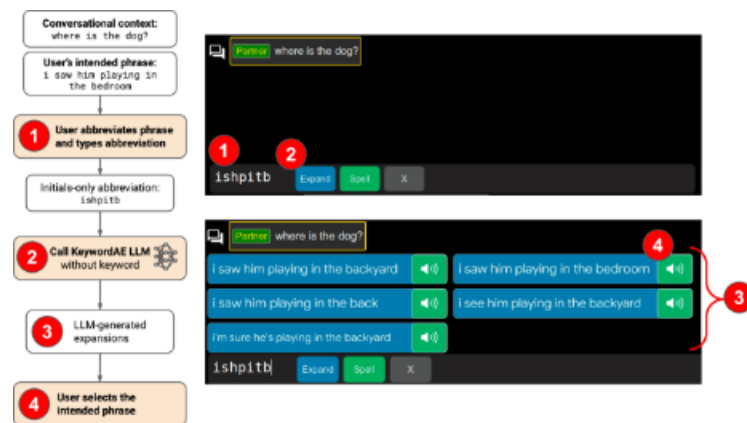


Figura 11 The primary interaction pathway of abbreviated text entry in the SpeakFaster UI: the initials-only pathway.

- **Ventajas:** Aumento sustancial de tasa de entrada (útil para conversaciones complejas), contextualización adaptativa, reduce esfuerzo del usuario.
- **Desventajas:** Latencia de red/modelo, requisitos de privacidad/datos (texto personal sensible) y necesidad de ajuste de la predicción para evitar errores semánticos; consumo energético y necesidad de integración en dispositivos con certificación.
- **Reflexión:** Esta línea es muy prometedora para el caso (disartria severa) porque mejora la fluidez comunicativa con el mismo hardware de gaze; hay que trabajar en privacidad y en adaptar el LLM a vocabulario familiar del paciente.

Reflexión final — ¿qué mejoraría en un nuevo prototipo?

1. **Sistema híbrido gaze + BCI + EMG:** un prototipo que combine eye-gaze como entrada primaria con BCI/SSVEP como canal backup y pequeños sensores EMG (por ejemplo, detección de micro-movimientos faciales) permitiría continuidad de comunicación incluso cuando la mirada o la fuerza manual fallen. (Soporte de OpenBCI + integración clínica sería ruta factible para prototipo experimental).
2. **Predicción semántica on-device** (LLM reducido / distilado) para aumentar la velocidad de escritura y mantener privacidad (evitar tráfico a la nube). La investigación ya mostró aumentos en velocidad con LLM remotos; la mejora sería una versión local/embebida con vocabulario personalizado.
3. **Control ambiental y comunicación integrada:** el dispositivo debe combinar llamadas, control del hogar (luces, cama/elevación) y alertas a la familia/cuidadores; integración ASIL-like para seguridad (ej. botón de emergencia accesible).
4. **Ergonomía para fatiga y usabilidad:** modos de bajo esfuerzo, interfaz con pictogramas grandes y confirmación por predicción automática para reducir tiempo de pulsación.

5. **Cuidado preventivo embebido:** cojín con sensores de presión (IoT) que alerte sobre riesgo de ulceración y registre cambios posturales. ROHO + sensores + app cuidador.

Necesidades del usuario aun insuficientemente cubiertas (específico al caso)

- **Velocidad comunicativa para conversaciones complejas** (el usuario actual tiene Tablet SAAC, pero limitada para mensajes largos). Las soluciones comerciales ayudan, pero la integración eficiente de LLMs y predicción contextual no es estándar en todos los dispositivos.
- **Continuidad cuando falla la oculomotricidad:** si aparecen problemas oculomotores (nistagmo, diplopía) o fatiga ocular, los eye-trackers dejan de ser fiables. Faltan soluciones híbridas comerciales que combinen gaze + non-ocular BCI de forma robusta y validada.
- **Costo/Accesibilidad en contextos con recursos limitados:** existen proyectos open-hardware (EyeWriter, OpenBCI, TOM) pero les falta empaquetado clínico, interfaces de vocabulario y soporte que los haga prácticos para uso domiciliario prolongado.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] Tobii Dynavox, “Home,” *Tobii Dynavox*. [Online]. Available: <https://us.tobiidynavox.com/>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [2] Tobii Dynavox, “TD I-Series,” *Tobii Dynavox*. [Online]. Available: <https://us.tobiidynavox.com/pages/td-i-series>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [3] PRC-Salttillo, “Our Brands,” *PRC-Salttillo*. [Online]. Available: <https://www.prc-salttillo.com/our-brands>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [4] Salttillo, “Products,” *Salttillo*. [Online]. Available: <https://salttillo.com/products>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [5] PRC, “Devices,” *Prentke Romich Company (PRC)*. [Online]. Available: <https://www.prentrom.com/products/devices>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [6] PRC-Salttillo, “Co-Branded Products,” *PRC-Salttillo*. [Online]. Available: <https://www.prc-salttillo.com/co-branded-products>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [7] Eyegaze Inc., “Multiple Sclerosis,” *Eyegaze*. [Online]. Available: <https://eyegaze.com/users/multiple-sclerosis/>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [8] Eyegaze Inc., “EyeMine,” *Eyegaze*. [Online]. Available: <https://eyegaze.com/eyemine/>. [Accessed: Sep. 12, 2025].

- [9] Eyegaze Inc., “Eyegaze Edge,” *Eyegaze*. [Online]. Available: <https://eyegaze.com/products/eyegaze-edge/>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [10] Eyegaze Inc., “EyeWorld,” *Eyegaze*. [Online]. Available: <https://eyegaze.com/products/eyeworld/>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [11] Permobil, “Home,” *Permobil*. [Online]. Available: <https://www.permobil.com/en-us>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [12] Permobil, “Permobil F5 Corpus,” *Permobil*. [Online]. Available: <https://www.permobil.com/en-us/products/power-wheelchairs/permobil-f5-corpus>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [13] Permobil, “Permobil M300 Corpus HD,” *Permobil*. [Online]. Available: <https://www.permobil.com/en-us/products/power-wheelchairs/permobil-m300-corpus-hd>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [14] Permobil, “Permobil M300 PS Jr,” *Permobil*. [Online]. Available: <https://www.permobil.com/en-us/products/power-wheelchairs/permobil-m300-ps-jr>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [15] C. D. Graham, “Assistive technology for communication in multiple sclerosis,” *PubMed*, 2001. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11723993/>.
- [16] The ROHO Group, “ROHO Cushion,” *The Rohocushion*. [Online]. Available: <https://therohocushion.com/>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [17] OpenBCI, “Home,” *OpenBCI*. [Online]. Available: <https://openbci.com/>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [18] OpenBCI, “Ultracortex Mark IV,” *OpenBCI*. [Online]. Available: https://shop.openbci.com/products/ultracortex-mark-iv?_pos=16&_sid=fe92a7372&_ss=r. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [19] Eyewriter Project, “EyeWriter,” *Eyewriter*. [Online]. Available: <https://www.eyewriter.org/>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [20] Eyewriter Project, “EyeWriter Repository,” *GitHub*. [Online]. Available: <https://github.com/eyewriter/>. [Accessed: Sep. 12, 2025].
- [21] S. Ghosh et al., “Brain–computer interface technology for neurodegenerative disorders,” *Journal of the Neurological Sciences*, vol. 430, 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388245721006635>.
- [22] X. Chen et al., “High-performance brain–computer interface for communication in neurodegenerative disease,” *Nature Communications*, vol. 15, no. 53873, 2024. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-53873-3>.