

Interacción Persona-Máquina

U8: Interfaces basadas en bioseñales

Manuel Benavent Lledó
Jose García Rodríguez

Universidad de Alicante | 2025-2026

Grado en Ingeniería en Inteligencia Artificial

Contenidos

1. Introducción
2. Tipos de bioseñales y sensores
3. Adquisición y procesamiento de bioseñales
4. Aplicaciones en accesibilidad y neurotecnología
5. Bibliografía

1. Introducción

Algunas Definiciones

- **¿Qué son las bioseñales?**

Señales eléctricas, mecánicas o bioquímicas generadas por sistemas fisiológicos del cuerpo humano.

- **¿Para qué sirven?**

Proporcionan información sobre el funcionamiento de órganos y tejidos, permitiendo diagnósticos médicos, monitorización de estados fisiológicos y desarrollo de tecnologías interactivas, como sistemas HCI.

1. Introducción

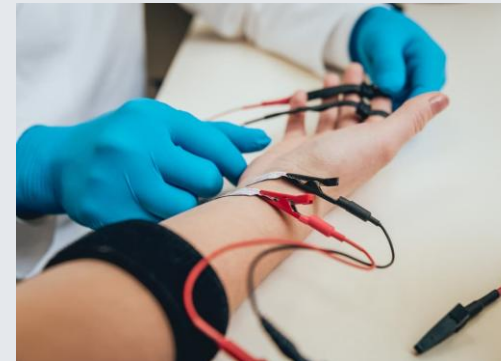
Ejemplos

Características: Actividad que registran, Amplitud y Frecuencia.

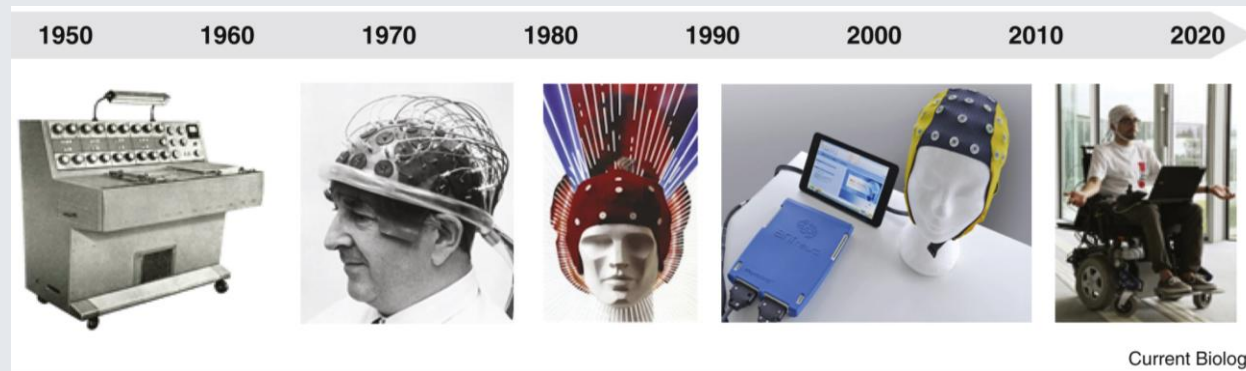
En función de las características seleccionaremos métodos de **adquisición y procesamiento**.



Electrocardiograma o ECG: Mide la actividad eléctrica del corazón



Electromiograma o EMG: Mide la actividad eléctrica de los músculos



Electroencefalograma o EEG: Mide la actividad eléctrica del cerebro

1. Introducción

Importancia de las señales (en HCI)

En general:

Permiten múltiples aplicaciones en inteligencia artificial, como la monitorización de actividad, estrés o sueño mediante pulseras inteligentes.

En sistemas HCI:

- Controlar dispositivos sin movimiento físico, mediante señales cerebrales.
- Personalizar experiencias de usuario según estados emocionales o nivel de atención
- Inclusión tecnológica para personas con discapacidad motora o de comunicación.

1. Introducción

Importancia de las señales (en HCI)

En general:

Permiten monitorizar

En sistemas

- Controlar
- Personalizar de atención
- Inclusión de comunicación



<https://youtu.be/F30cbHlaQF0>

o la
s inteligentes.

les cerebrales.
nales o nivel

ora o de

2. Tipos de bioseñales y sensores

Según el tipo de adquisición (en medicina)

- **Invasivas:**

Implican el uso de sensores implantados en el cuerpo. Aunque mejora la precisión, hay un riesgo más elevado y la implantación suele requerir cirugía.

Ejemplo: Electrodo implantado en el cerebro.

- **No invasivas:**

Suele ser suficiente con sensores de superficie (ECG), electrodos adhesivos (ECG) o sensores en la piel.

2. Tipos de bioseñales y sensores

Según el tipo de adquisición (en aplicaciones)

OJO!

- Aunque las bioseñales "no invasivas" no requieren intervención médica directa, **pueden ser intrusivas o incómodas** para el usuario final debido a la necesidad de electrodos, geles conductores o bandas ajustadas.
- Algunos dispositivos como pulseras inteligentes permiten medir señales de forma no invasiva, y se pueden usar técnicas como visión por computador para analizar rasgos faciales.
- Sin embargo, la **precisión** de estos dispositivos es **más baja**, y la elección del método dependerá de la aplicación específica.

2. Tipos de bioseñales y sensores

Según su origen fisiológico – EEG

Electroencefalograma (EEG)

- Registra la actividad eléctrica del cerebro, reflejando la actividad de grupos neuronales.
- **Sensores y métricas:** Electrodo en el cuero cabelludo miden frecuencias cerebrales (delta, theta, alfa, beta, gamma).
- **Aplicación:** estudio de procesos cognitivos, interfaces cerebro-computador (BCI) y diagnóstico de trastornos neurológicos.

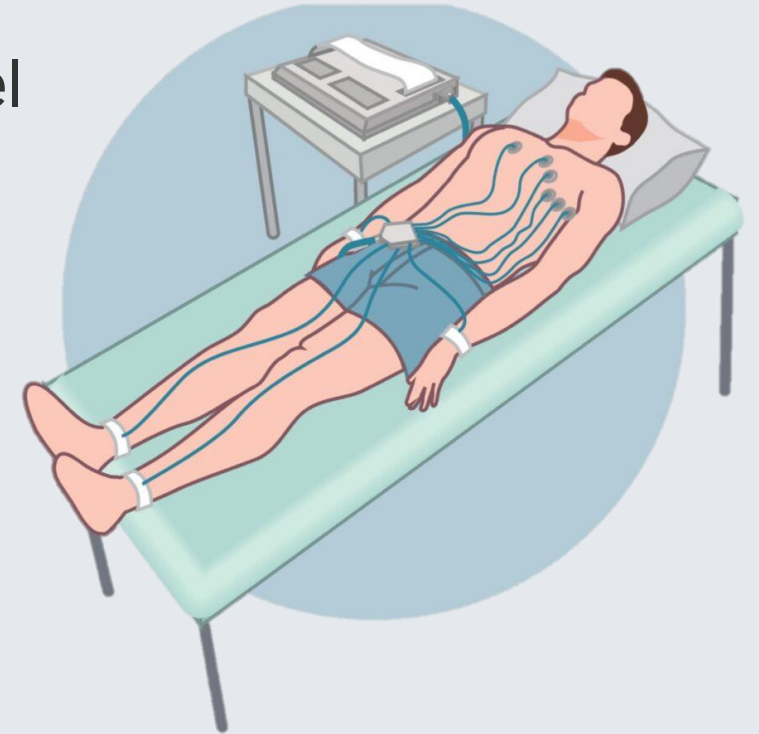


2. Tipos de bioseñales y sensores

Según su origen fisiológico – ECG

Electrocardiograma

- Mide la actividad eléctrica del corazón, reflejando el ritmo y la frecuencia cardíaca.
- **Sensores:** Electrodo en el pecho miden la frecuencia cardíaca (bpm), intervalos R-R (contracciones ventriculares) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV).
- **Aplicaciones:** Diagnóstico, control cardiovascular, monitorización de estrés y control de interfaces de usuario.



2. Tipos de bioseñales y sensores

Según su origen fisiológico – EDA

Actividad electrodérmica

- Mide la conductividad de la piel, que varía con la sudoración y refleja respuestas emocionales o de estrés.
- **Sensores:** de conductividad en los dedos o la palma de la mano. Miden la conductancia (S) y la respuesta galvánica de la piel (GSR).
- **Aplicaciones:** Monitorización de estrés, interfaces adaptativas (ajuste de experiencia basado en emociones), investigación de emociones.

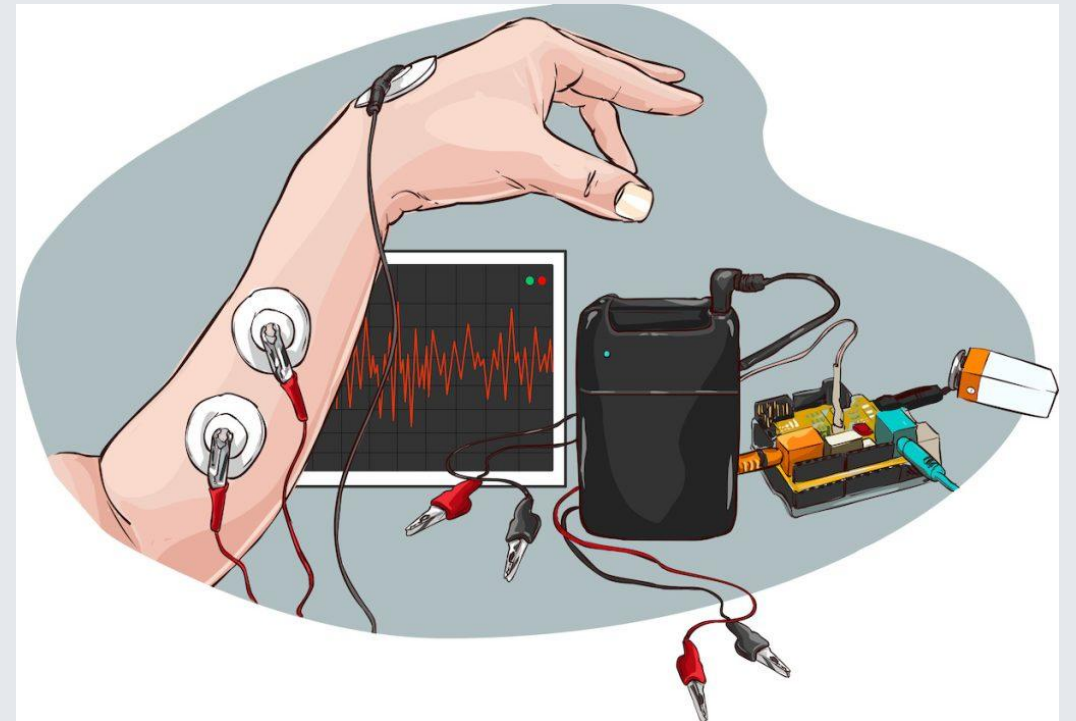


2. Tipos de bioseñales y sensores

Según su origen fisiológico – EMG

Electromiograma

- Mide la actividad eléctrica generada por los músculos durante la contracción.
- **Sensores:** Electrodos de superficie o agujas insertadas en los músculos. Se mide la amplitud del potencial muscular y frecuencia de disparo de las fibras musculares.
- **Aplicaciones:** Control de prótesis, rehabilitación, estudios de fatiga muscular o interfaces de control basadas en movimiento.

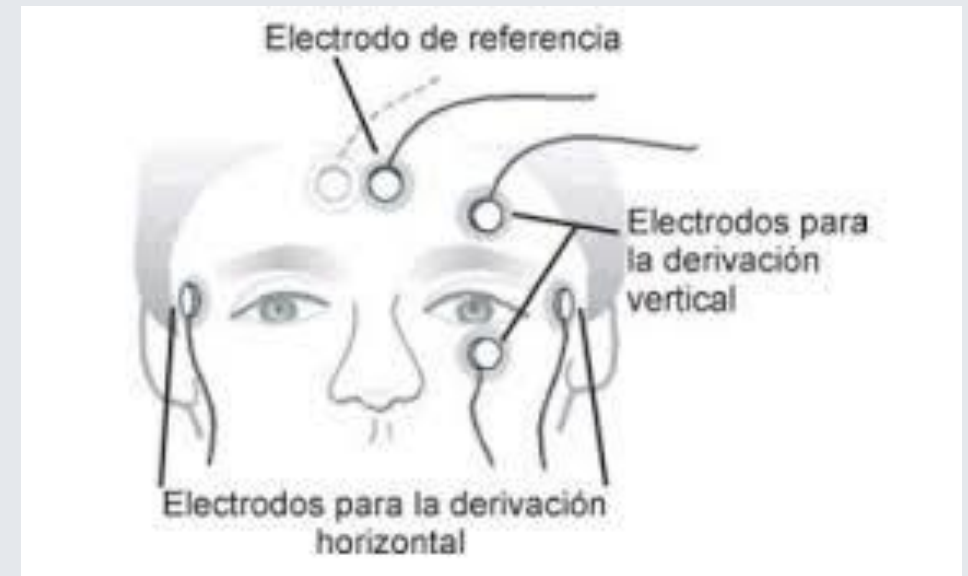


2. Tipos de bioseñales y sensores

Según su origen fisiológico – EOG

Electrooculograma

- Mide los movimientos oculares detectando la diferencia de potencial entre la retina y la córnea.
- **Sensores:** Electrodos alrededor de los ojos (cerca de los párpados) miden los movimientos horizontales, verticales y parpádeos.
- **Aplicaciones:** Seguimiento ocular, interfaces controladas por la mirada, estudios de fatiga y sueño.



2. Tipos de bioseñales y sensores

Según su origen fisiológico – Otros

Otras señales: Útiles para monitorización pero limitadas para HCI

- Temperatura corporal
- Presión arterial
- Respiración
- Volumen sanguíneo: a partir de este se puede determinar la frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en pulseras inteligentes

3. Adquisición y Procesamiento

Equipos y Métodos de Registro

Sensores fisiológicos

- Colocados sobre la piel o en contacto cercano al cuerpo
- Hechos de materiales conductores (metales, geles, adhesivos)
- Detectan las señales biológicas previas: EEG, ECG, EDA, EMG, etc.

Dispositivos de adquisición

- Amplifican, filtran y digitalizan las señales
- Pueden ser profesionales (normalmente en entornos clínicos) o wearables/kits portátiles

3. Adquisición y Procesamiento

Equipos y Métodos de Registro

Dispositivos de adquisición – Wearables

Ventajas:

- Bajo coste y fácil transporte
- Medición en tiempo real
- Uso cómodo con usuarios finales

Ejemplos

- OpenBCI: plataforma open-source para EEG/EMG/ECG
- Empatica E4: pulsera multisensor
- Noraxon: sensores EEG



NORAXON®

3. Adquisición y Procesamiento

Equipos y Métodos de Registro

Dispositivos de adquisición – Wearables

Ventajas:

- Bajo coste y fácil transporte
- Medición en tiempo real
- Uso cómodo con usuarios finales

Ejemplos

- OpenBCI: plataforma open-source para EEG/EMG/ECG
- Empatica E4: pulsera multisensor
- Noraxon: sensores EEG



3. Adquisición y Procesamiento

Equipos y Métodos de Registro

Condiciones de registro

- **Preparación del usuario:** limpieza y uso de geles de contacto para mejorar la conductividad
- **Calibración y colocación de sensores:** Usar sistemas estandarizados y asegurar una correcta colocación calibración de los sensores
- **Ambiente y Movimiento:** minimizar ruido eléctrico y evitar posibles factores externos (distracciones, temperatura o luces)



3. Adquisición y Procesamiento

Comunicación y Transmisión de Datos

Tipo de conexión

- Cable: estable pero limita movilidad
- Inalámbrica: Bluetooth o WiFi favorecen la movilidad pero aumento de ruido o interferencias

Protocolos y herramientas útiles

- BLE (Bluetooth Low Energy): usado en la mayoría de wearables por su bajo consumo
- LSL (Lab Streaming Layer): para sincronizar flujos de datos fisiológicos

3. Adquisición y Procesamiento

Comunicación y Transmisión de Datos

Tipo de conexión

- Cable: estable pero limita movilidad

- Inalámbrica: aumento de ruido o interferencias

Protocolos y

- BLE (Bluetooth Low Energy): bajo consumo
- LSL (Lab Streaming Layer): para sincronizar flujos de datos fisiológicos

OJO!

La falta de sincronización puede llevar a malas interpretaciones, afectar a modelos de IA o generar fallos en las interfaces

3. Adquisición y Procesamiento

Preprocesamiento y Filtrado

Ruido Generado por:

- Ambiente: interferencias eléctricas de cables y enchufes
- Movimientos del usuario
- Estímulos nerviosos como contracciones musculares

Es imprescindible preprocesar la señal para limpiar el ruido y descartar partes que no son útiles, como frecuencias con menos información

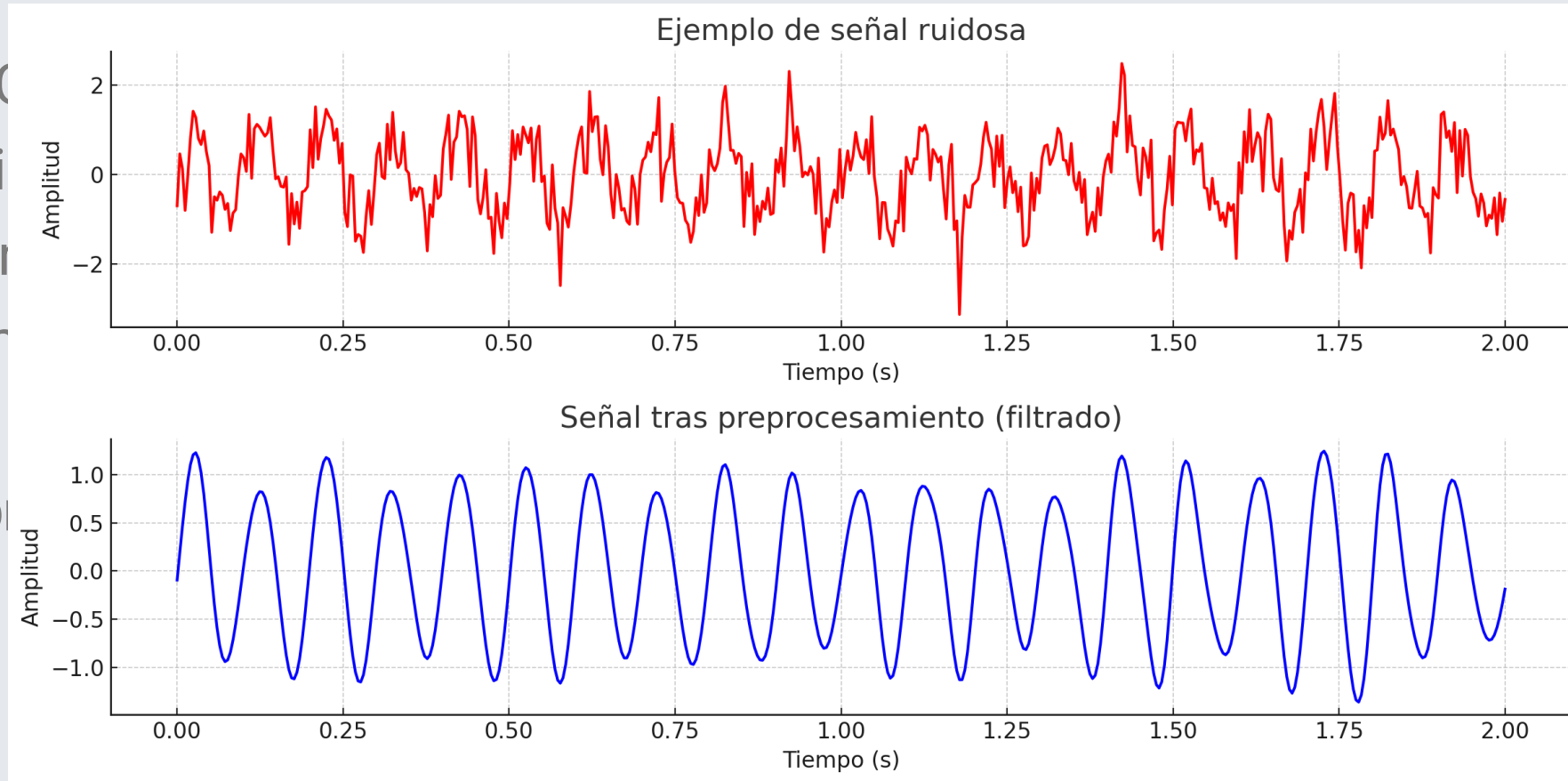
3. Adquisición y Procesamiento

Preprocesamiento y Filtrado

Ruido (

- Ambien
- Movim
- Estím

Es imp
partes



3. Adquisición y Procesamiento

Preprocesamiento y Filtrado

Técnicas

Filtrado:

- Eliminamos las frecuencias menos relevantes
- Reducimos la dimensionalidad, mejorando la eficiencia

Corrección de artefactos

- Algoritmos para identificar y eliminar partes afectadas por movimiento, respiración, etc.

Normalización

- Ajustamos la señal a una escala común para poder comparar entre equipos, personas o sesiones.

3. Adquisición y Procesamiento

Procesamiento – Extracción de Características

Técnicas tradicionales

- Dependen del tipo de señal
- Suelen requerir intervención manual
- Ejemplos: máximo, mínimo, mediana, curtosis pero también específicos analizando segmentos de la señal para detectar movimientos concretos.

Técnicas mediante IA

- Más complejas, requieren más datos pero requieren de menos análisis manual
- Métodos de Machine Learning (SVM, Random Forests, kNN), CNNs (espectogramas 2D), RNNs/LSTMs/Transformers para series temporales
- Gran volumen de datos: necesario hacer *downsampling*, es decir, reducir la señal analizando ventanas más pequeñas

4. Aplicaciones

BCI para personas con discapacidad motora

- Útiles para personas con movilidad reducida o sin movilidad debido a parálisis cerebral, lesiones medulares o ELA
- **Aplicaciones:** escribir o controlar el cursor con señales EOG o EEG



<https://youtu.be/NmZXruqbTVs>

4. Aplicaciones

BCI para personas con discapacidad motora

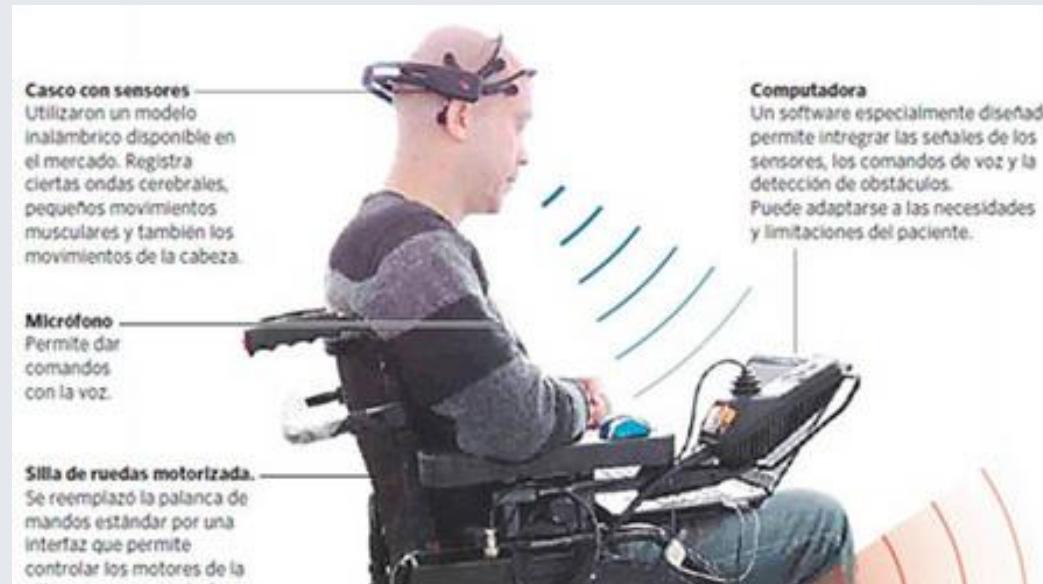
- Útiles para personas con movilidad reducida o sin movilidad debido a parálisis cerebral, lesiones medulares o ELA
- **Aplicaciones:** detección de intenciones basadas en respuestas cerebrales a estímulos visuales (P300 speller)



4. Aplicaciones

BCI para personas con discapacidad motora

- Útiles para personas con movilidad reducida o sin movilidad debido a parálisis cerebral, lesiones medulares o ELA
- **Aplicaciones:** control de sillas de ruedas o prótesis robóticas mediante señales EEG



Bibliografía

- Libenson, M. H. (2016). Practical approach to electroencephalography (2nd ed.). Saunders.
- Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (2004). Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- He, B. (2013). Neural engineering (2nd ed.). Springer.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2013). Principios de neurociencia (5ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Bronzino, J. D., & Peterson, D. R. (Eds.). (2015). Fundamentals of Biosignals. In Biomedical Signals and Sensors I (pp. 1-25). Springer.