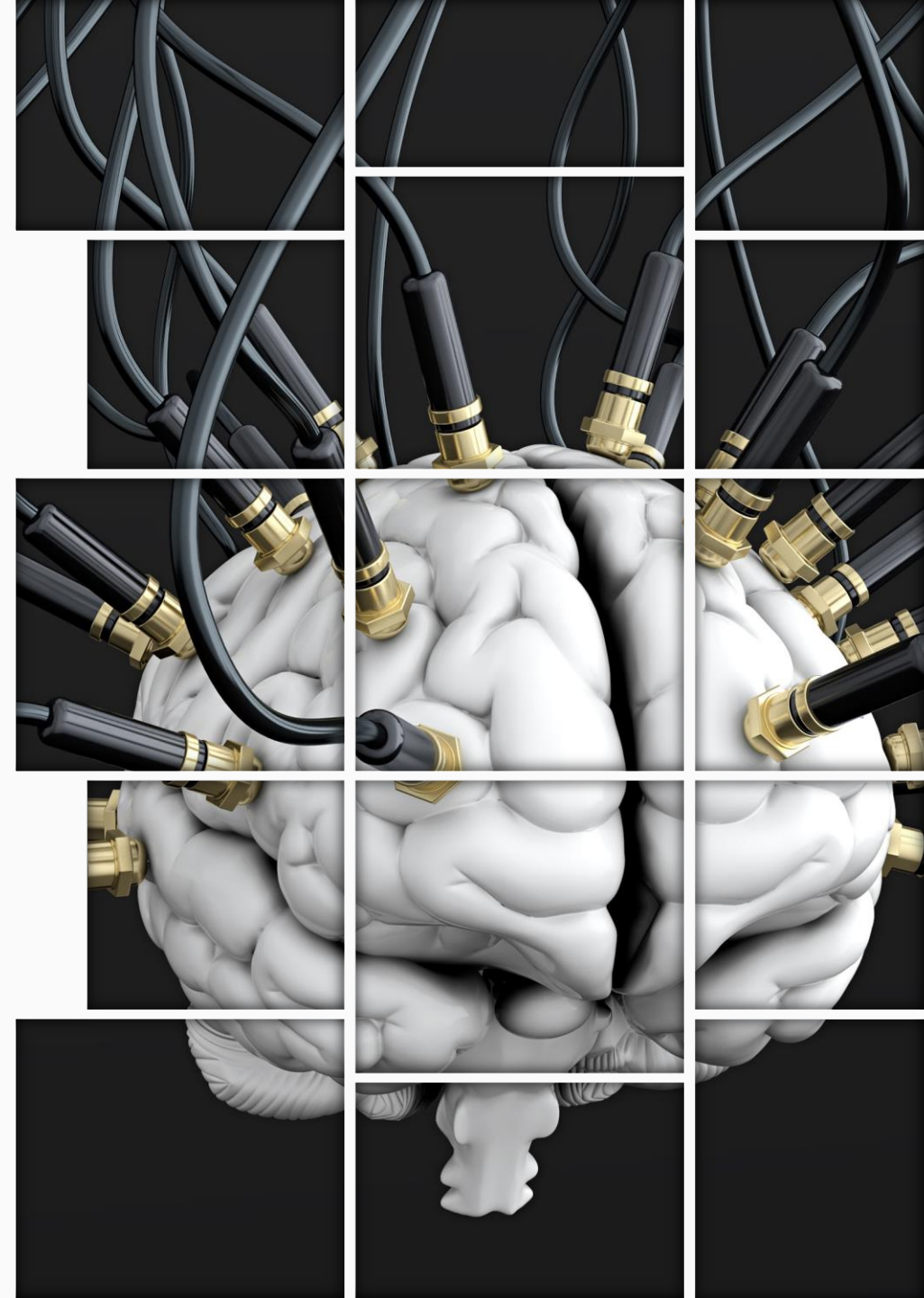


Taller N°1

Introducción a las Interfaces Cerebro Computadora

MSc. Bioing. BALDEZZARI Lucas
Profesor Adjunto
Ingeniería Biomédica





¿Qué es una BCI?

Definición

“A BCI is a system that measures CNS activity and converts it into artificial output that replaces, restores, enhances, supplements, or improves natural CNS output and thereby changes the ongoing interactions between the CNS and its external or internal environment.”

Brain Computer Interfaces, Principles and Practice (Wolpaw, 2021)

*Es un sistema de comunicación que **NO** depende de las salidas normales del cerebro, tales como vías nerviosas periféricas y músculos*

Millán, 2007

¿Qué podríamos hacer con una BCI?

Aplicaciones

- ✓ Asistencia.
- ✓ Rehabilitación.
- ✓ Control de dispositivos.
- ✓ Control de ambientes.
- ✓ Deletreadores.
- ✓ Videojuegos.
- ✓ Otras.



<https://www.youtube.com/watch?v=jXpjRwPQC5Q>



Puntos claves

Consideraciones

1. Las BCI ofrecen canales de comunicación alternativos y son diferentes a los que utiliza el CNS.
2. El funcionamiento adecuado de una BCI depende tanto de las capacidades adaptativas del CNS de una persona, como de la propia BCI.
3. Selección de áreas cerebrales a registrar.
4. Ruidos y artefactos en la señal de EEG.
5. Tipo de salida de una BCI: Selección de comandos vs Control de procesos.
6. Lograr aplicaciones en BCI más allá del laboratorio.

CNS vs BCI

Canales de comunicación alternativos

CNS

- Las *tareas* naturales ejecutadas por el CNS son llevadas a cabo por grupos neuronales distribuidos desde la corteza cerebral hasta la médula espinal, *no existe una única área encargada de realizar una acción*.
- Tareas como caminar, hablar, cantar, tocar un instrumento son controladas constantemente –iniciando y adaptando las señales- por los grupos neuronales encargados.
- Los movimientos musculares son ejecutados por motoneuronas ubicadas en la médula espinal.
- Plasticidad cerebral.

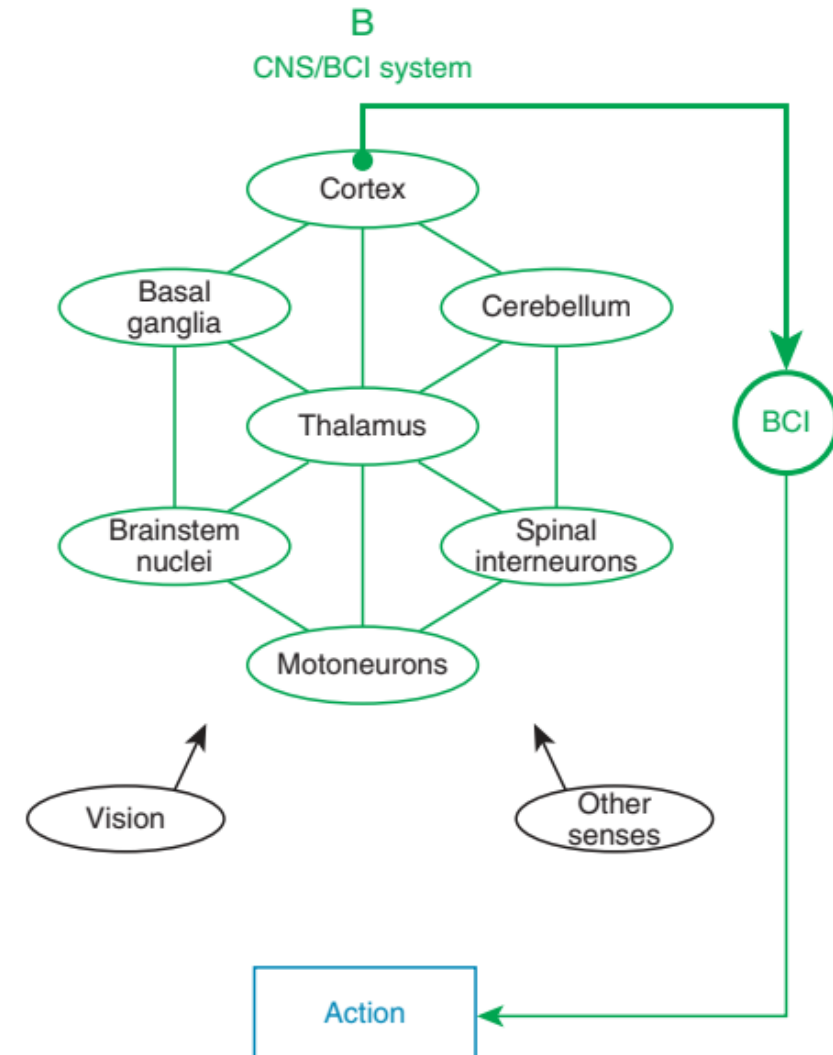
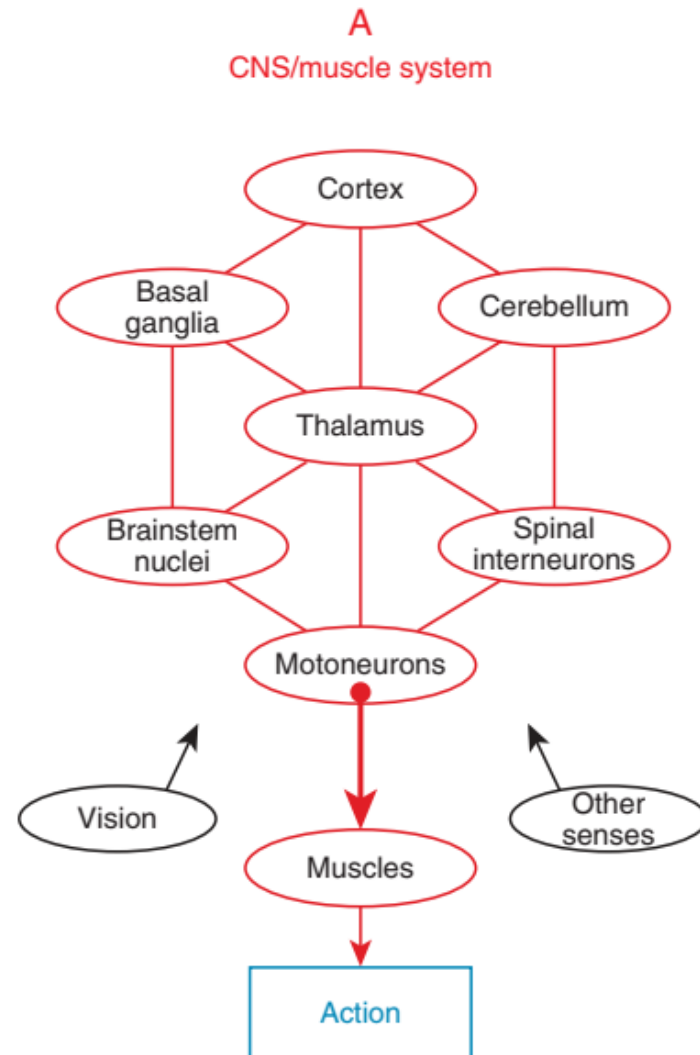
BCI

- Las *tareas* ejecutadas por una BCI deben complementarse con el CNS. En algunas aplicaciones, la persona debe *adaptar* sus señales cerebrales o *aprender a controlar/generar* ciertas señales.
- Los comandos y/o tareas ejecutadas por la BCI no utilizan los caminos normales del CNS. Obtendremos información desde la corteza cerebral.
- Adaptación de la BCI junto con la plasticidad cerebral.

CNS vs BCI

Canales de comunicación alternativos

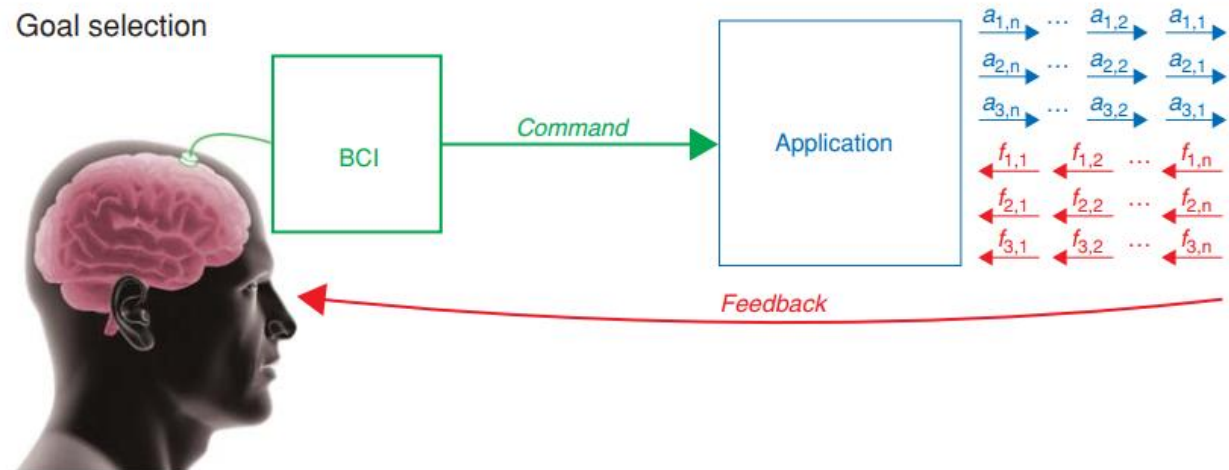
Plasticidad cerebral.



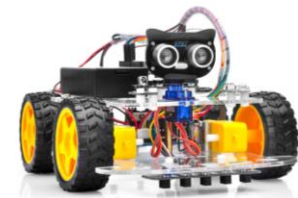
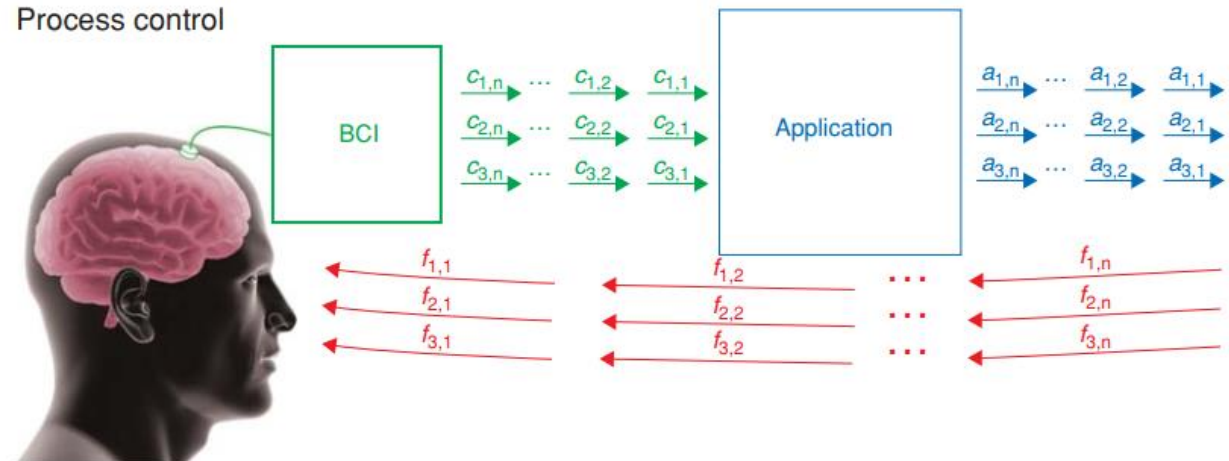
Comando vs Control

Diferencias fundamentales

Goal selection



Process control





Paradigmas utilizados en BCI

Podemos diferenciar dos grandes grupos,

Potenciales Evocados

Patrones cerebrales reconocibles generados como respuestas a estímulos externos.

Encontramos:

- Potenciales Evocados del tipo P300 (visuales, auditivos, tacto). Paradigma *oddball*.
- Potenciales Evocados Visuales de Estado Estacionario (SSVEP, *Steady State Visual Evoked Potentials*)

Ventajas principales: Poco o nulo entrenamiento. Baja complejidad. Dificultad media de implementación.

Consideraciones: Se necesitan estímulos externos para generar patrones reconocibles.

Potenciales Espontáneos

Patrones cerebrales reconocibles generados de manera espontánea, principalmente se utilizan los *ritmos sensorimotores*.

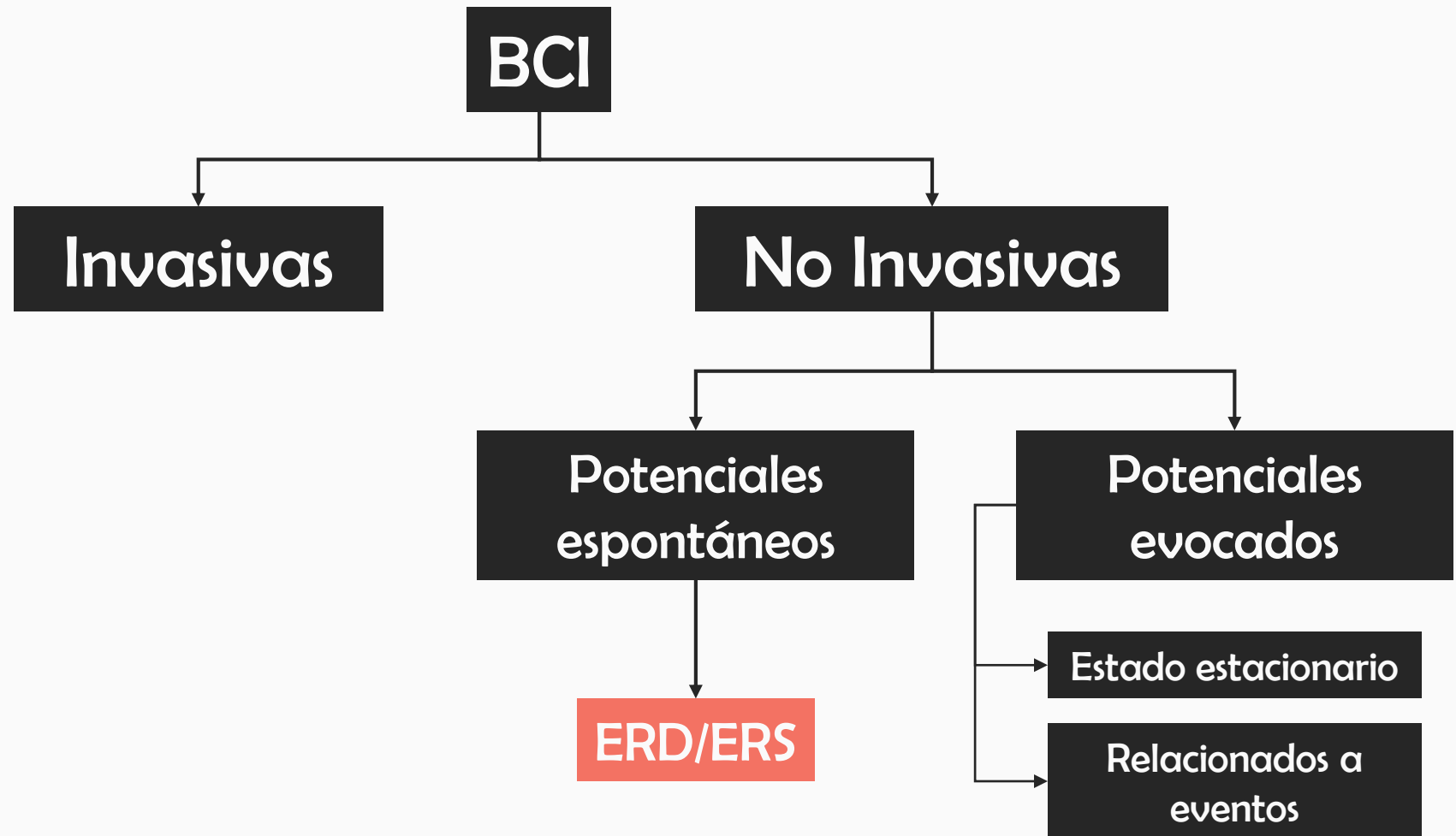
Encontramos:

- **Imaginería Motora:** Utilizan los Potenciales de Desincronización y Sincronización relacionada al Evento.

Ventajas principales: No necesitan estímulos externos. La persona puede “*imaginar*” que realiza un movimiento y la BCI realiza una acción, logrando “*naturalizar*” su uso.

Consideraciones: Muchas horas de entrenamiento. No todas las personas podrán usar estas BCI. Complejidad de algoritmos.

Paradigmas utilizados en BCI



Paradigmas utilizados en BCI

Imaginería Motora

- Ejecución del movimiento
- Intención del movimiento
- Imaginación del movimiento
- Visualización del movimiento
- Planificación del movimiento



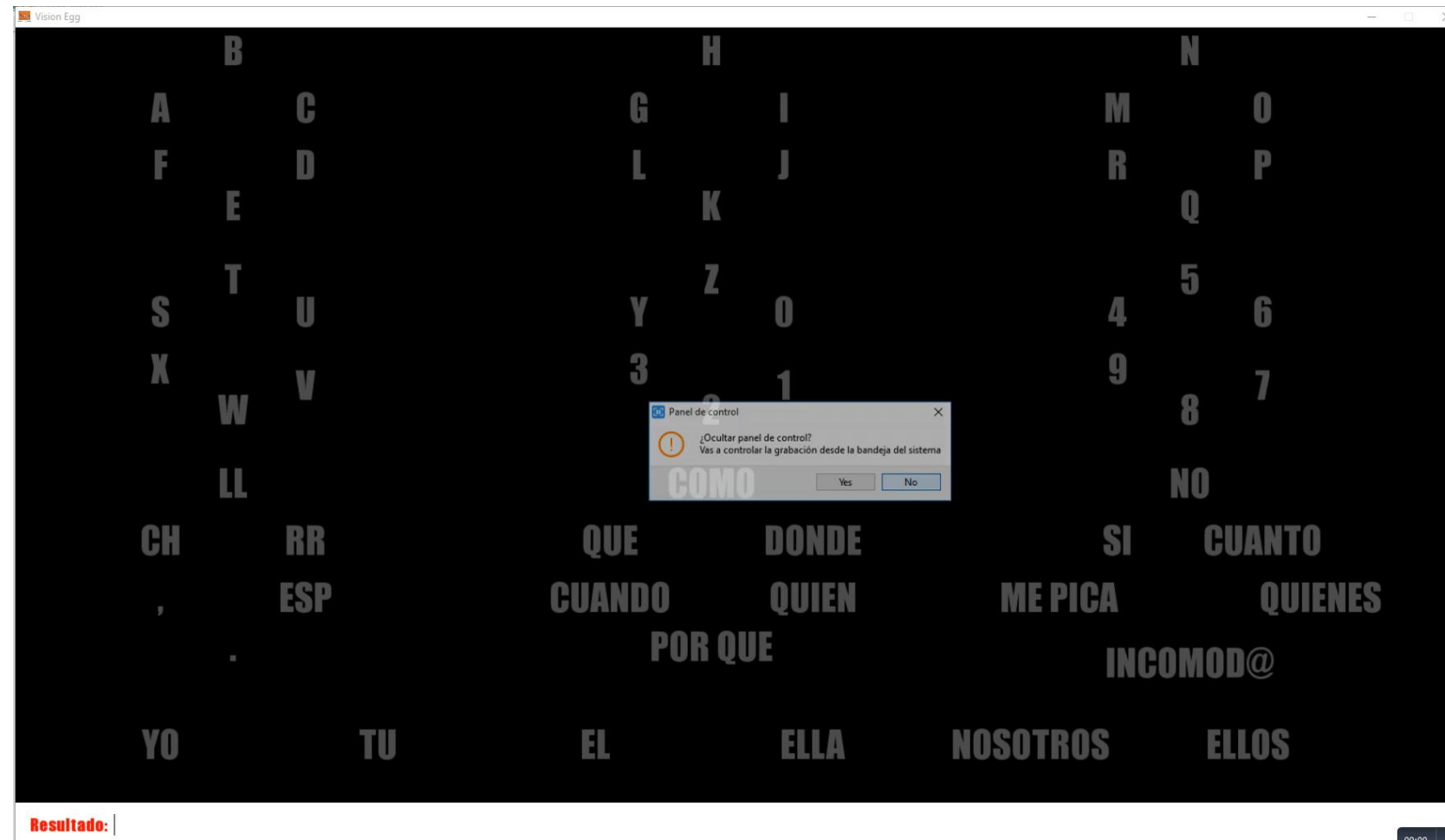
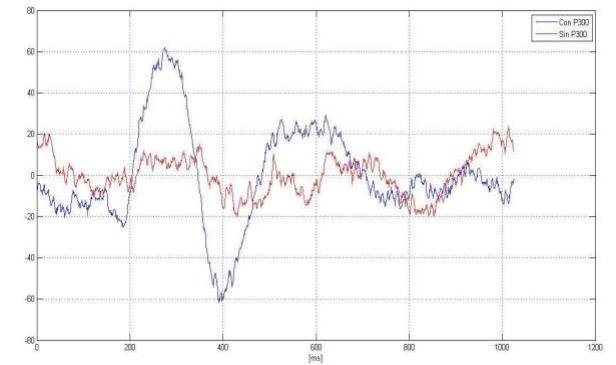
Desincronización Relacionada con el
Evento (ERD) de ritmos
sensorimotores β y μ



Paradigmas utilizados en BCI

Relacionados a Eventos – P300

Deletreadores. Selector de comandos.



Paradigmas utilizados en BCI

Potenciales de estado estacionario

Deletreadores. Selector de comandos.

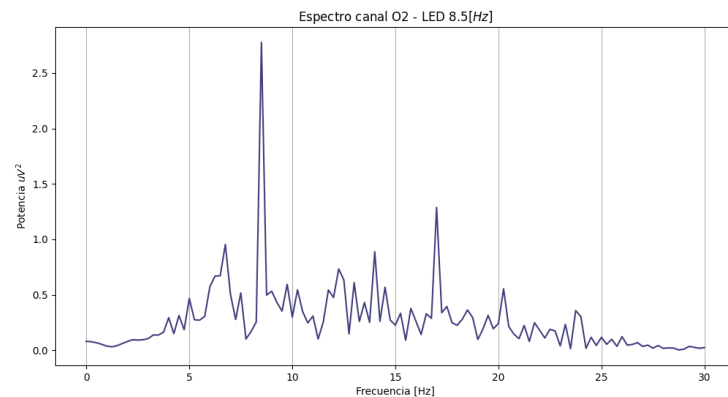
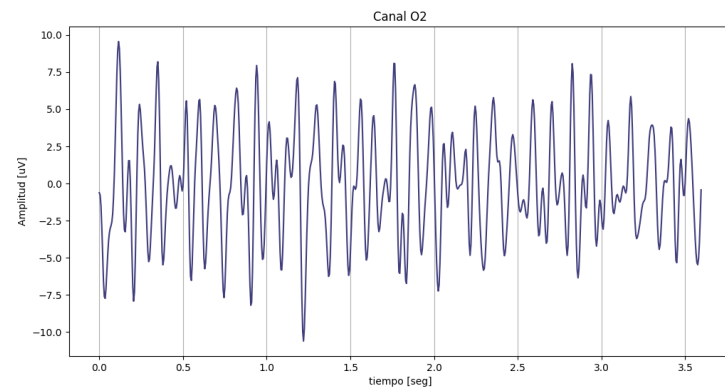
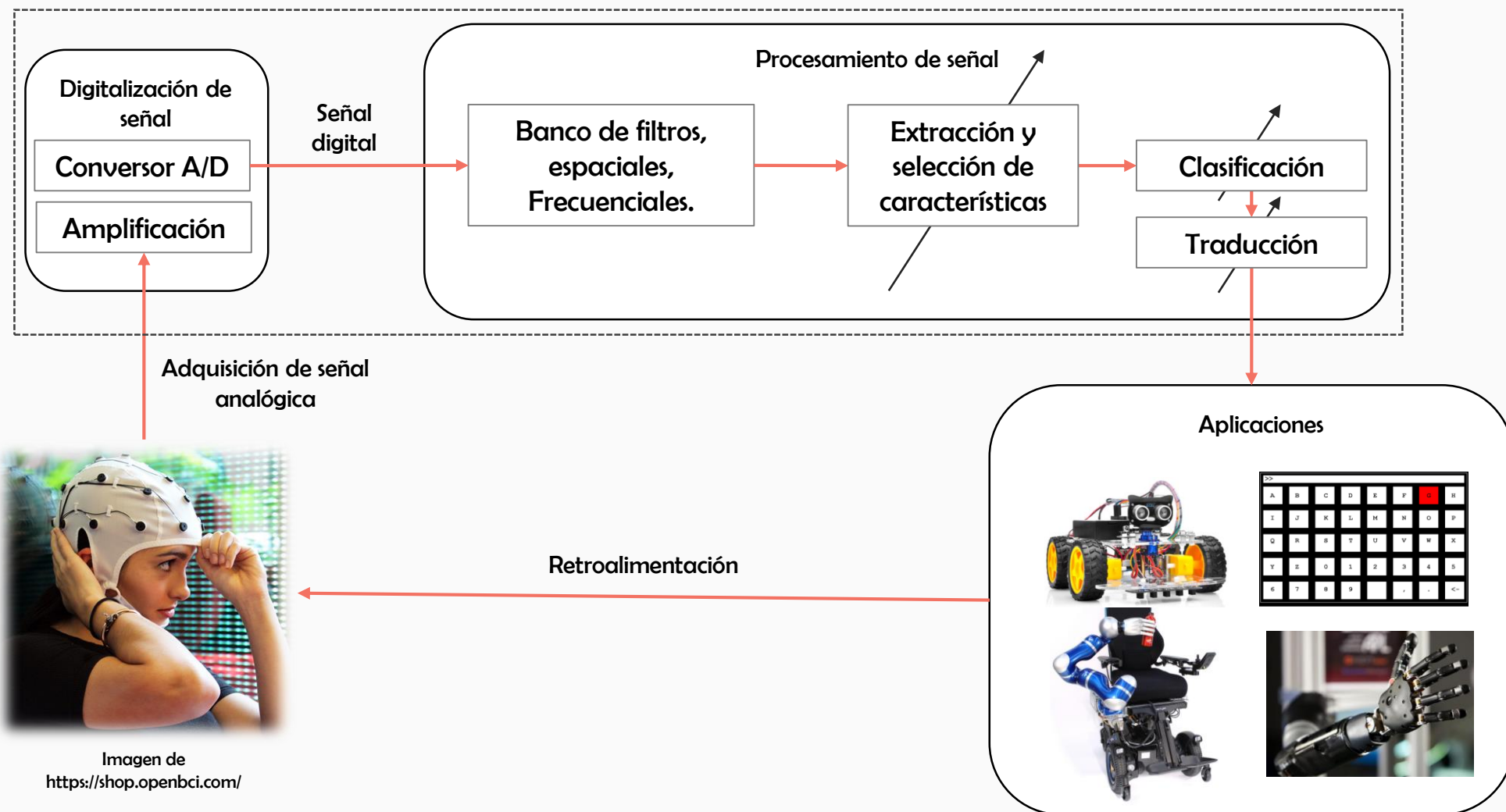


Diagrama de bloques

Una BCI se conforma por un conjunto de bloques interconectados

Variables. Fase de calibración.



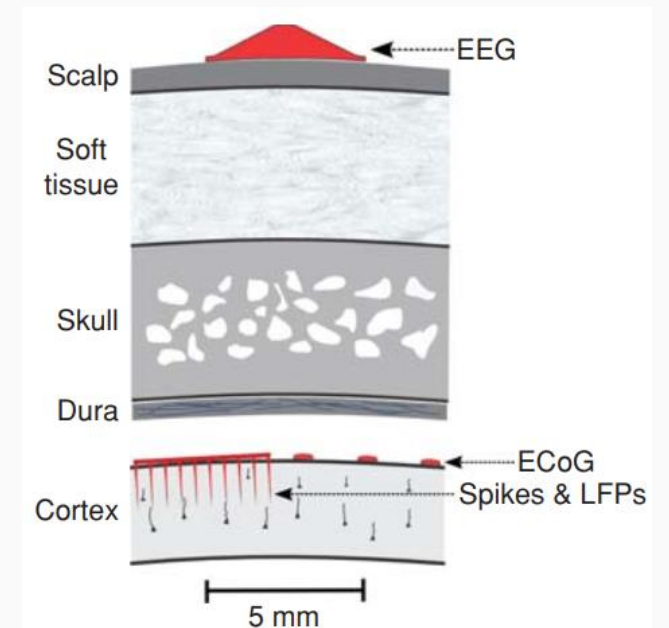
¿Qué vamos a registrar?

Adquisición de señal

Actividad eléctrica de grupos de neuronas ubicadas en la corteza cerebral.

¿Cómo?

1. Electroencefalografía (EEG).
2. Electrocorticografía (ECoG).
3. Tomografía por emisión de positrones.
4. Magnetoencefalografía.
5. Resonancia magnética.
6. Espectroscopía infrarroja.



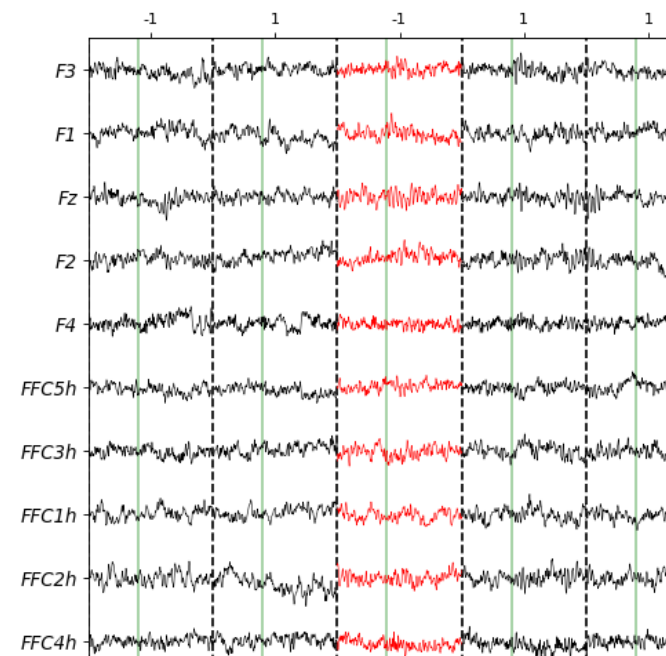
¿Qué vamos a registrar?

Adquisición de señal

Actividad eléctrica de grupos de neuronas ubicadas en la corteza cerebral.

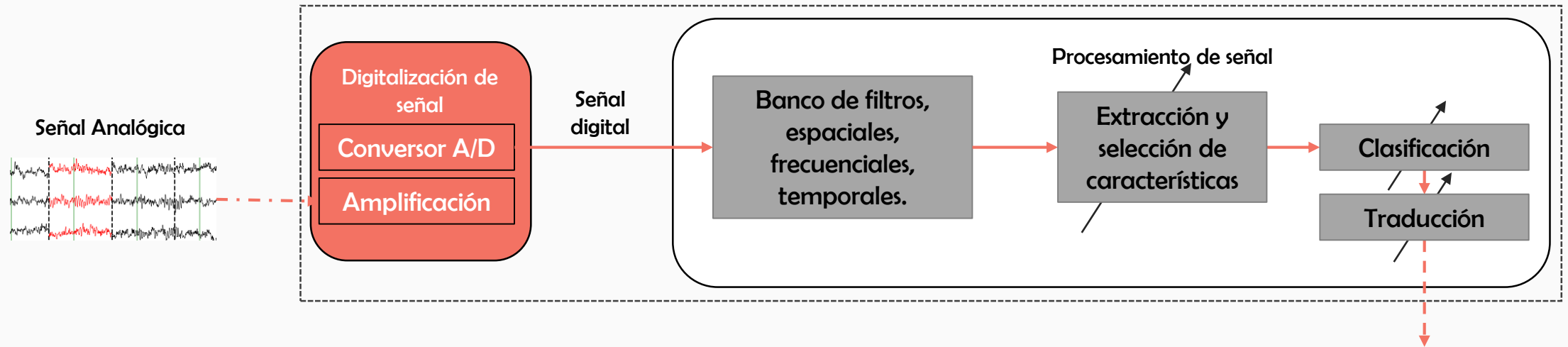
¿Cómo?

1. **Electroencefalografía (EEG).**
2. Electrocorticografía (ECoG).
3. Tomografía por emisión de positrones.
4. Magnetoencefalografía.
5. Resonancia magnética.
6. Espectroscopía infrarroja.



Amplificación de la señal de EEG

¿Qué hacemos con la señal analógica adquiridas desde los electrodos?



A vertical strip on the left side of the slide containing five small images: the top one shows black EEG cables; the second shows a cable with a gold connector; the third shows a gold connector on a white brain model; the fourth shows a close-up of a gold connector; the bottom one shows a white brain model.

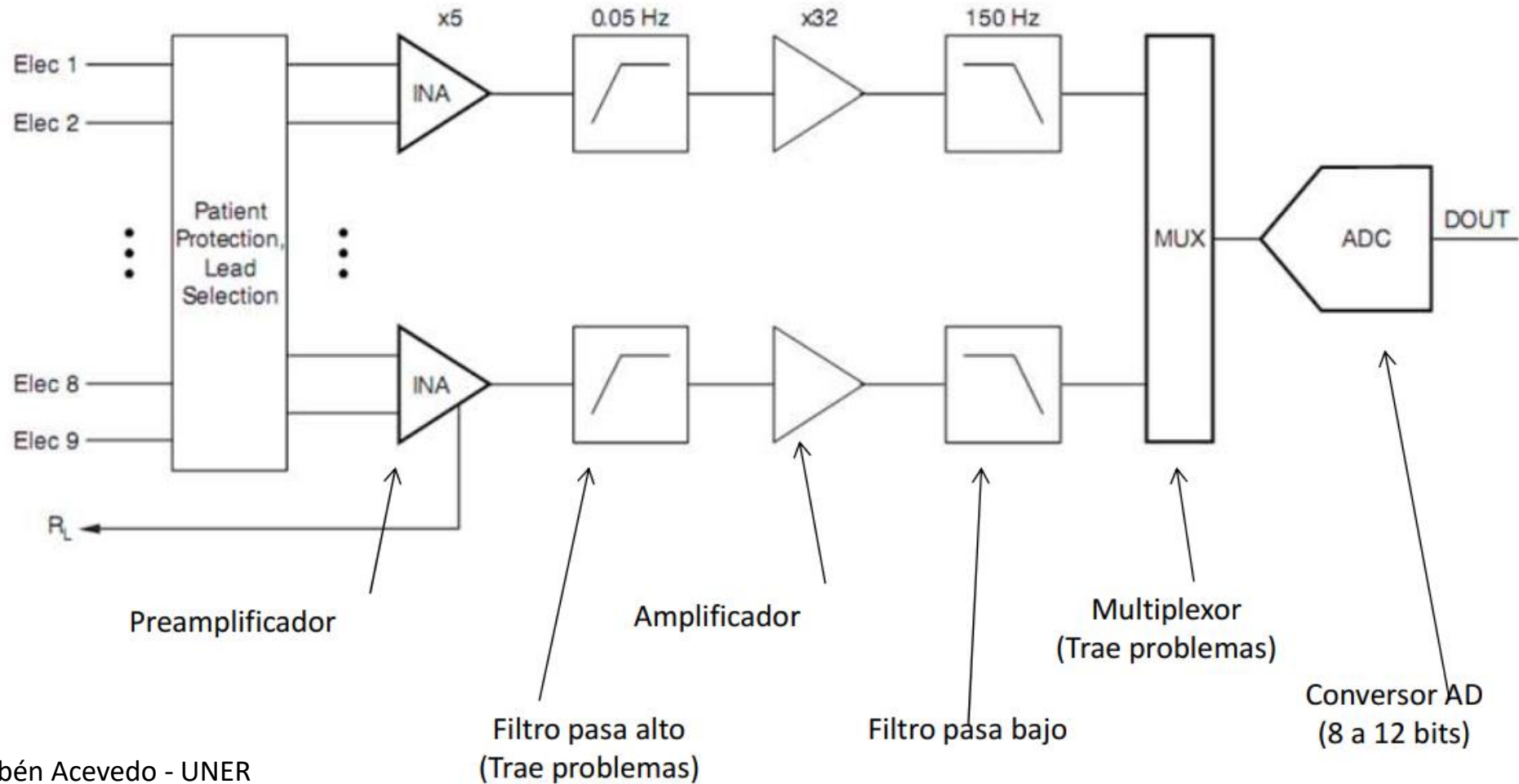
Etapa de amplificación

Características del amplificador para EEG

- Amplificación diferencial.
- Alta Ganancia (1.000 a 10.000)
- Alta impedancia de entrada ($> 10^9 \Omega$)
- Alta relación de rechazo a señales de modo común (ej: 50 *Hz*) ($> 100 \text{ dB}$)
- Bajo ruido ($< 10 \text{ nV } \sqrt{\text{Hz}}$)

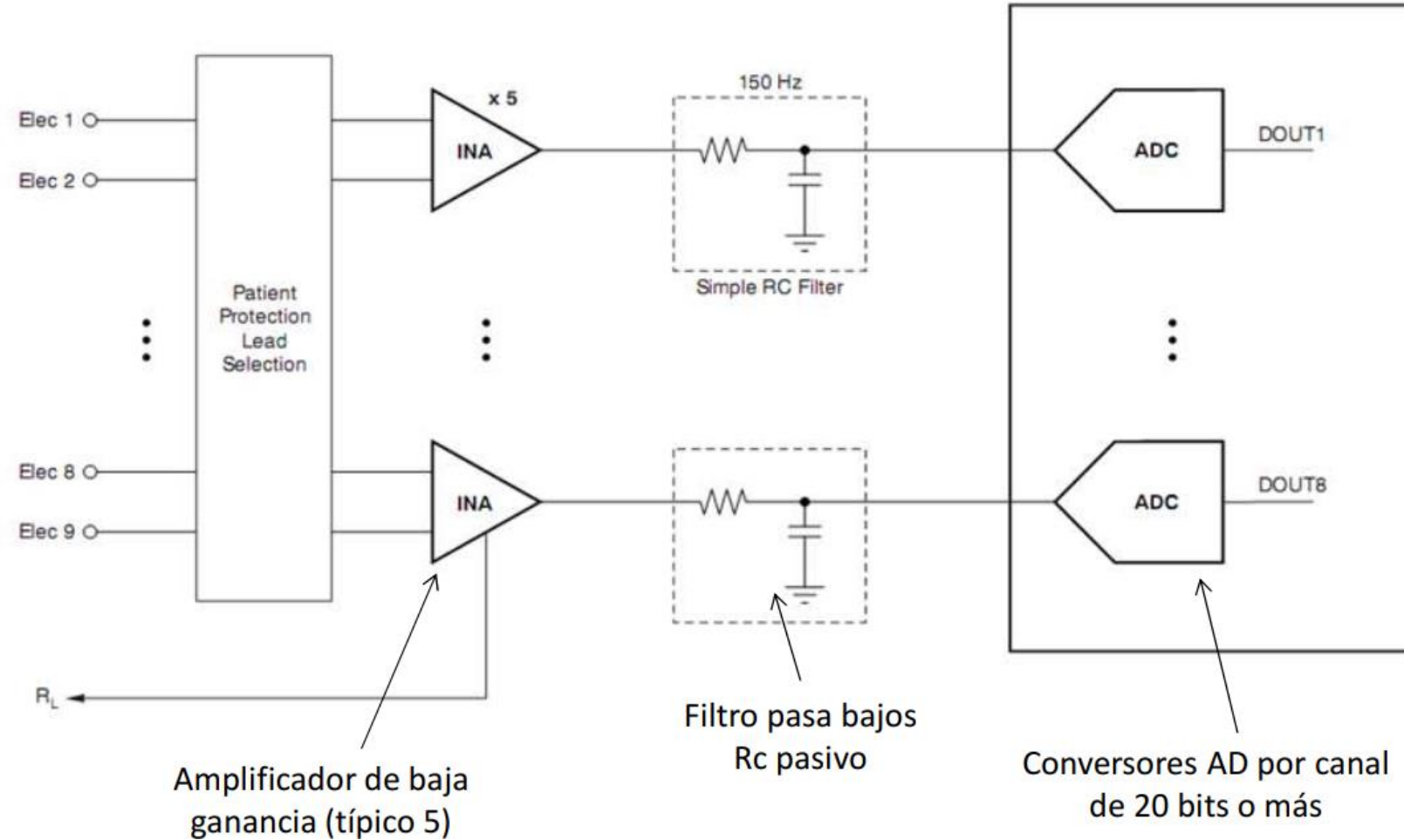
Etapa de amplificación

Características del amplificador para EEG



Etapa de amplificación

Características del amplificador para EEG

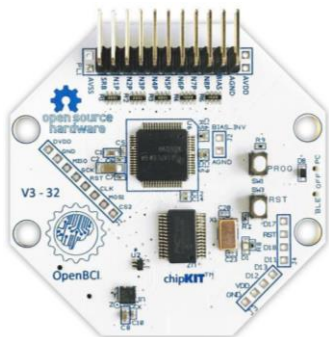


Etapa de amplificación

¿Cómo vamos a registrar la actividad eléctrica neuronal?

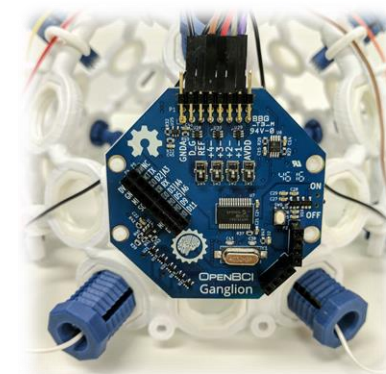
Cyton Board

- 8 differential, high gain, low noise input channels
- Sample rate: 250Hz
- Compatible with active and passive electrodes
- Texas Instruments ADS1299 ADC (link to datasheet)
- RFduino™ Low Power Bluetooth™ radio
- 24-bit channel data resolution
- Programmable gain: 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24
- 3.3V digital operating voltage
- +/-2.5V analog operating voltage
- ~3.3-12V input voltage
- LIS3DH accelerometer (link to datasheet)
- Micro SD card slot
- 5 GPIO pins, 3 of which can be Analog



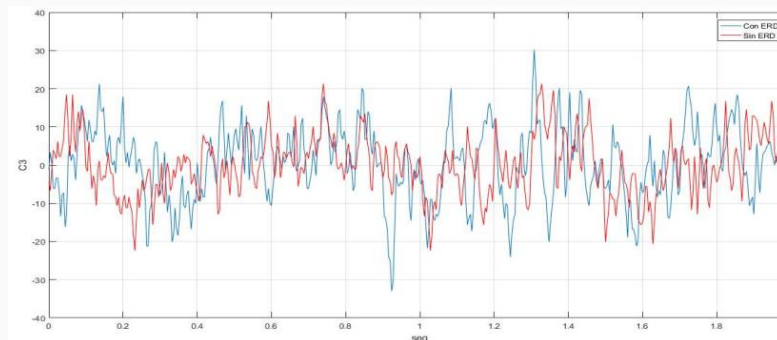
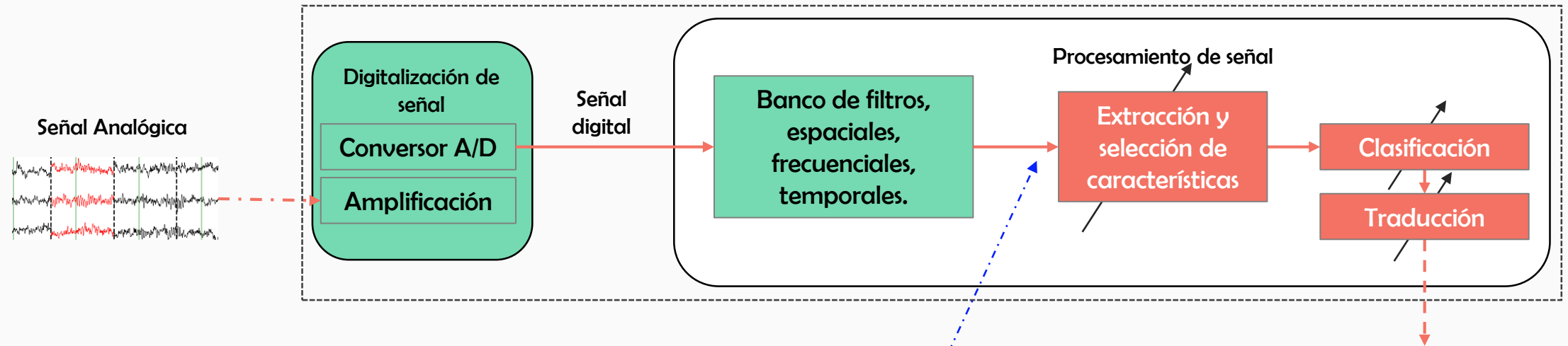
Ganglion Board

- 4 differential, high gain input channels.
- Sample rate: 100Hz (up to 200Hz).
- Power with 3.3V to 6V DC battery ONLY.
- Current Draw: 14mA when idle, 15mA connected and streaming data.
- Simblee BLE Radio module (Arduino Compatible)
- LIS2DH 3 axis Accelerometer
- Switches to manually connect/disconnect inputs to the REF pin.



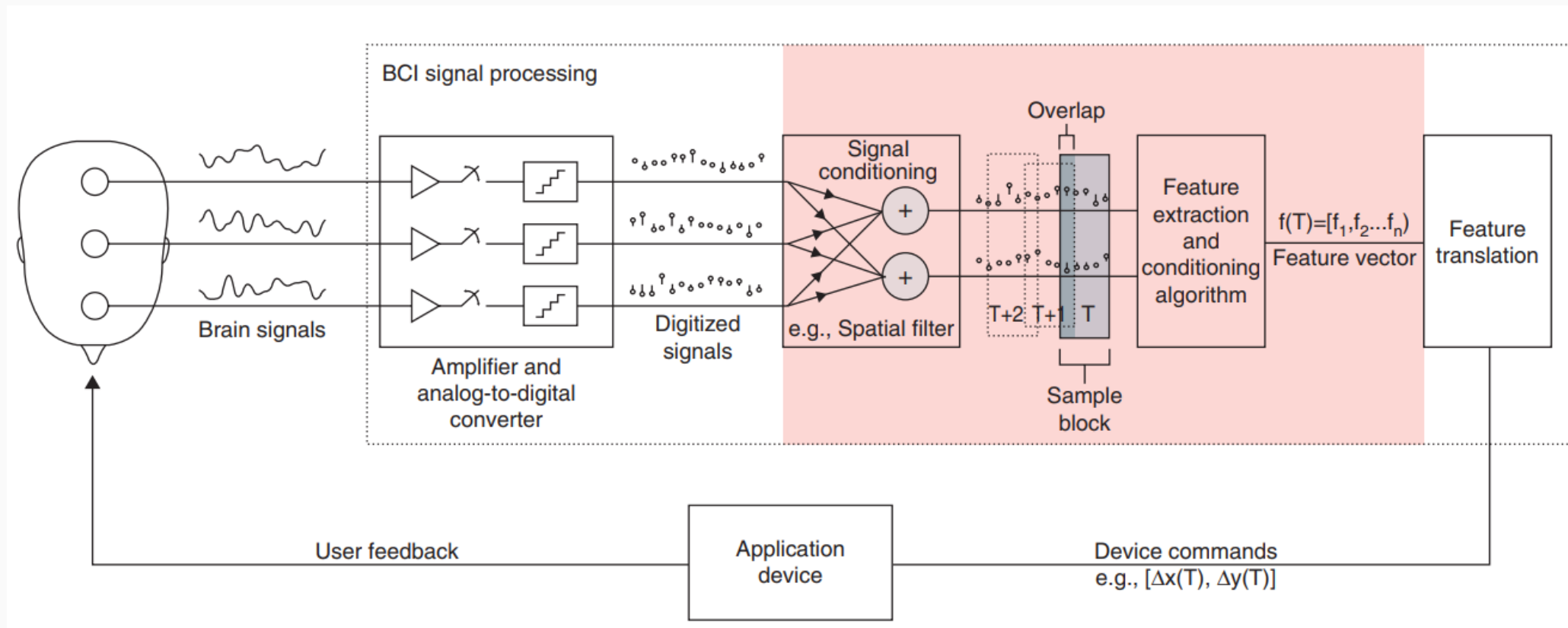
Obteniendo información del EEG

¿Qué hacemos con la señal digitalizada y filtrada?



Obteniendo información del EEG

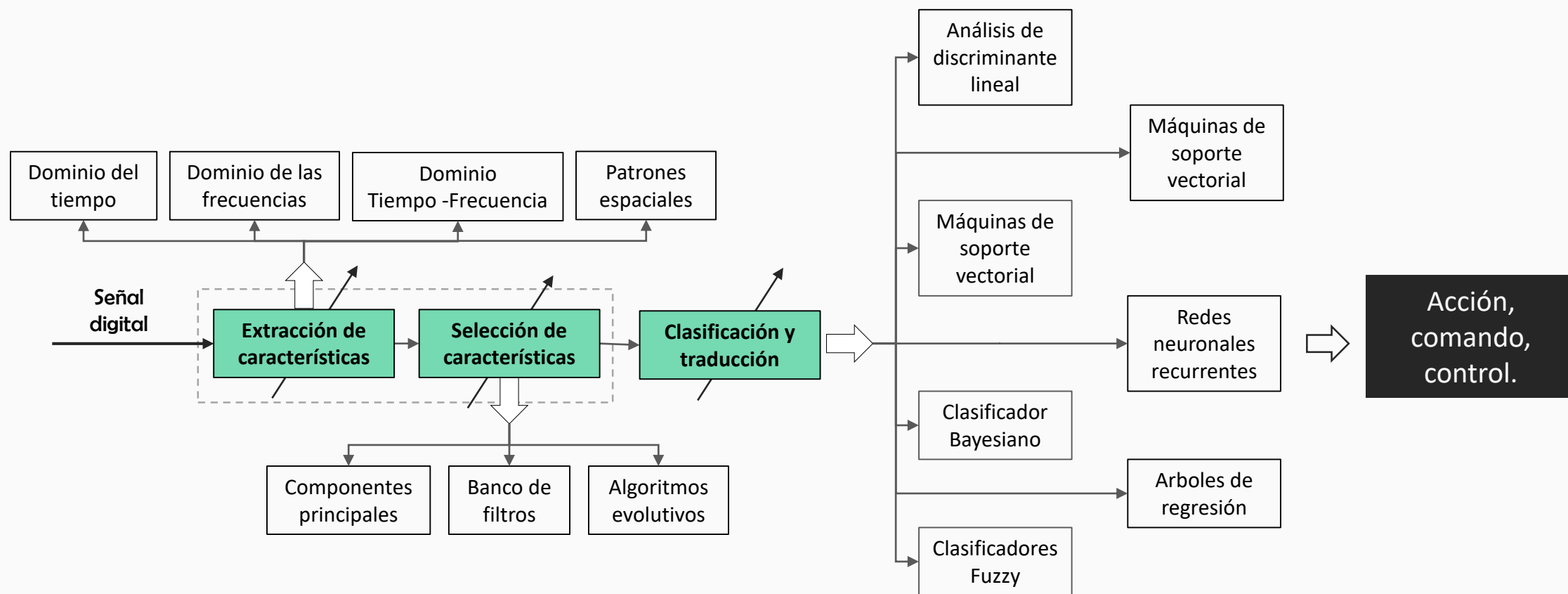
¿Qué hacemos con la señal analógica adquiridas desde los electrodos?



Obteniendo información del EEG

Determinando las intenciones del usuario

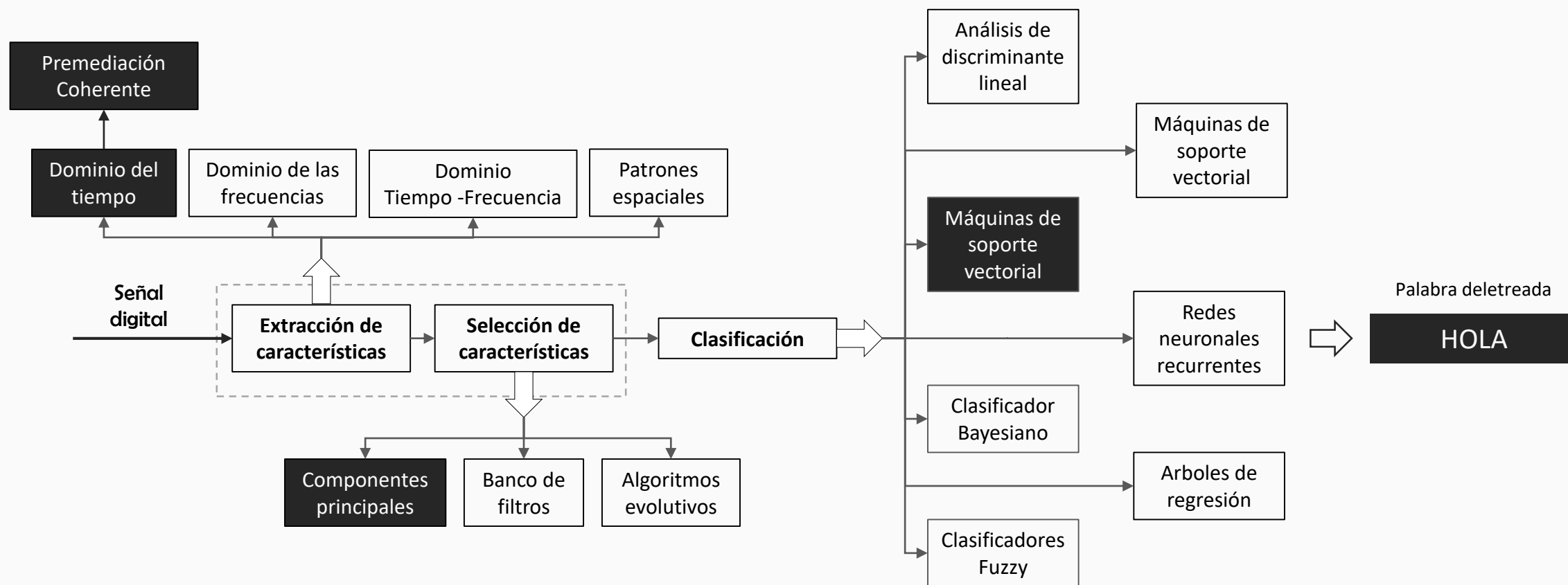
Luego del filtrado de la señal realizamos tres tareas fundamentales.



Obteniendo información del EEG

Determinando las intenciones del usuario

Ejemplo: deletreador usando P300



Obteniendo información del EEG

Extracción de características

Características fundamentales de la señal: *Diferencia de voltaje* entre dos electrodos, *espectro de frecuencia* de la señal en una ventana de tiempo determinada, entre otras.

Las BCI utilizan **características complejas** no lineales, mediciones estadísticas, análisis en tiempo-frecuencia, correlación de canales, transformaciones, premediación, y más.

¿Cómo podemos adquirir estas características?

- **Análisis temporal:** Filtros espaciales como los *Common Spatial Pattern* o *Independent Component Analysis*, entre otros, nos dan características temporales.
- **Análisis Frecuencial:** Transformada Discreta de Fourier, Wavelet.
- **Análisis tiempo frecuencia:** Variación de frecuencia respecto del tiempo, nos dan características de variación del contenido de potencia espectral de la señal vs tiempo.



Vector de características



Clasificación a partir de las características extraídas

Clasificación

El vector de características posee información **indirecta** de las intenciones del usuario.

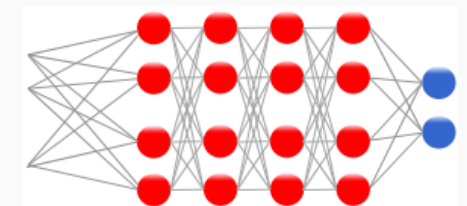
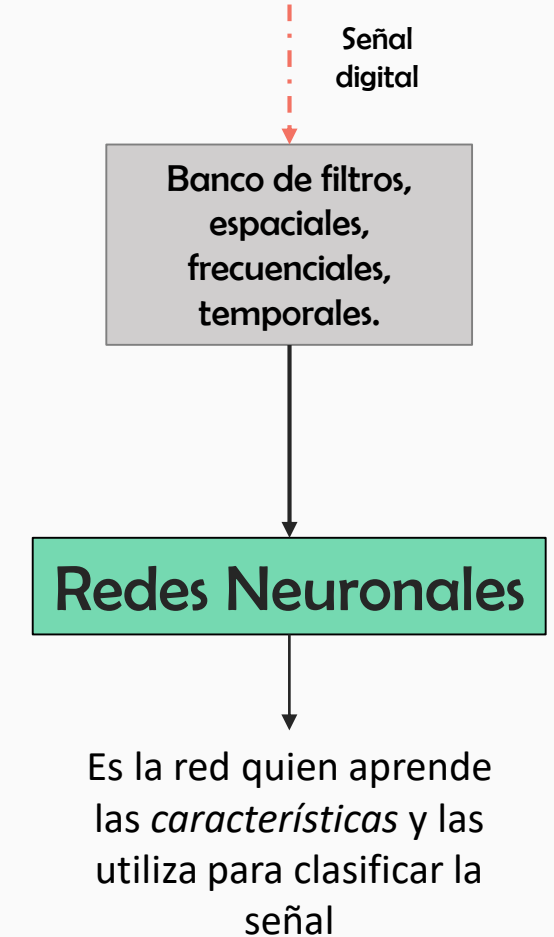
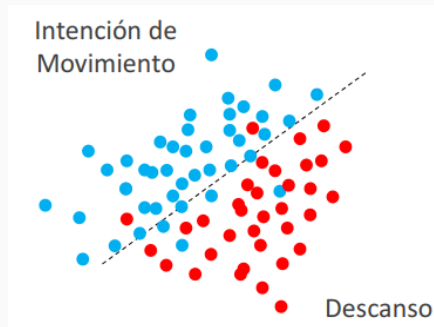
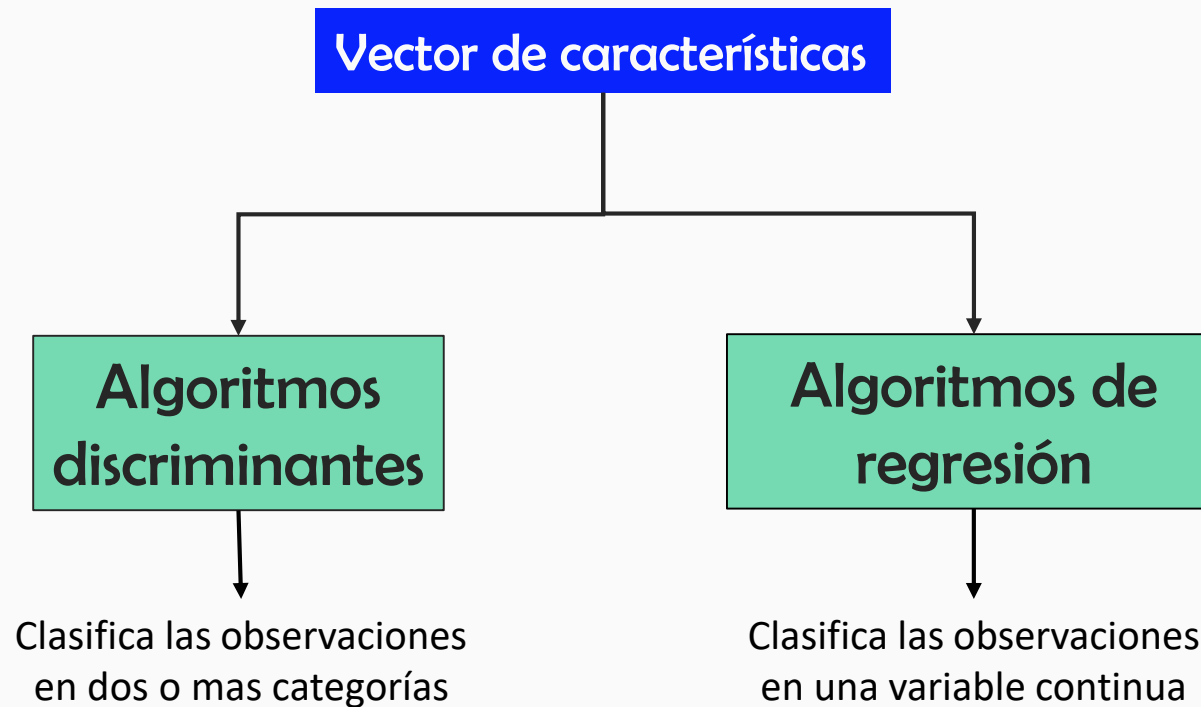
Necesitamos algoritmos o modelos matemáticos que ***traduzcan y clasifiquen*** este vector.

El objetivo fundamental es **describir la relación entre el vector de características y las intenciones del usuario.**

El bloque de clasificación **permite discriminar entre una o más tareas** a través de las características otorgadas por el bloque de extracción y selección de características.

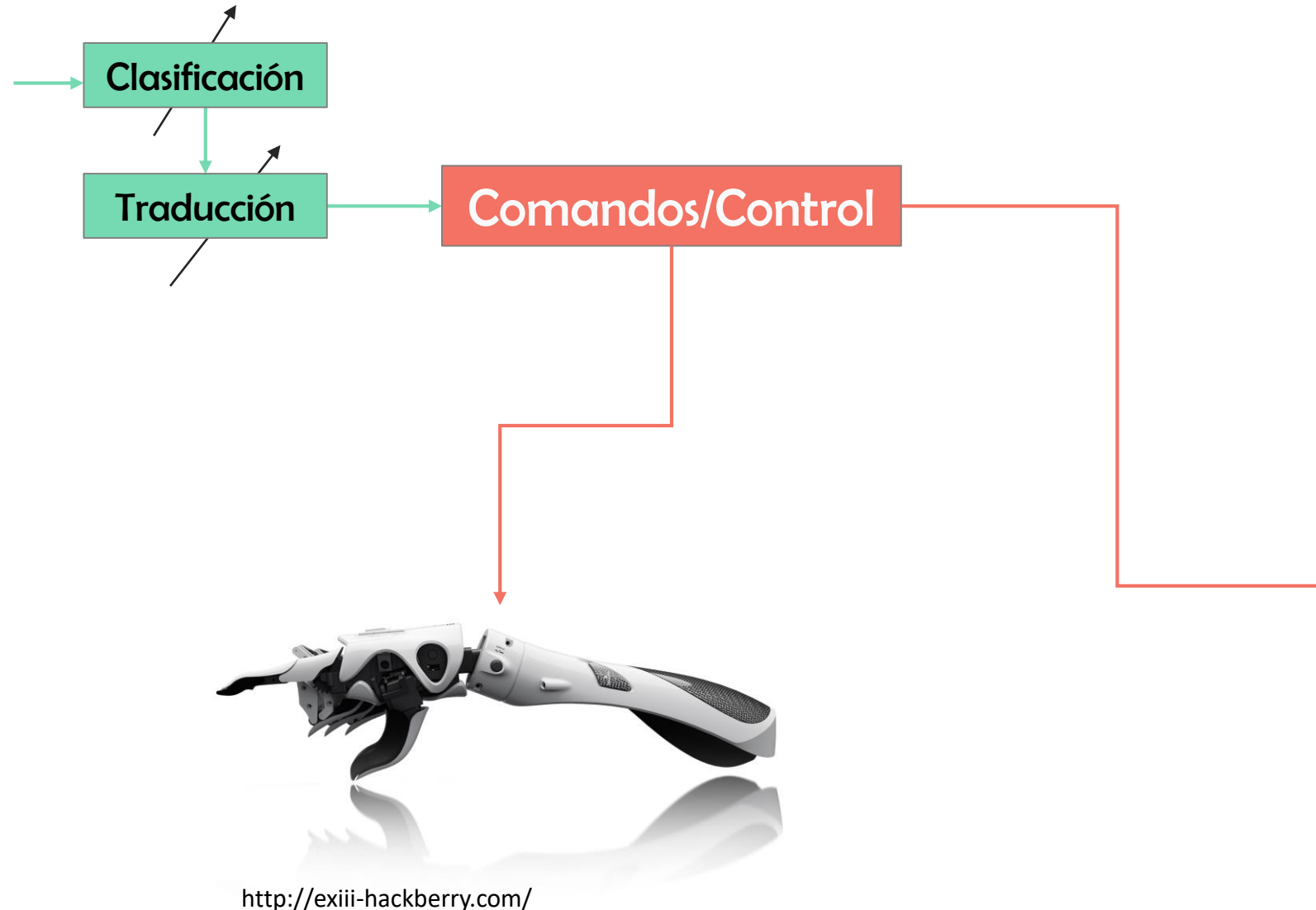
Clasificación a partir de las características extraídas

Clasificación



Aplicaciones

Control de Brazo impreso en 3D y Silla de Ruedas

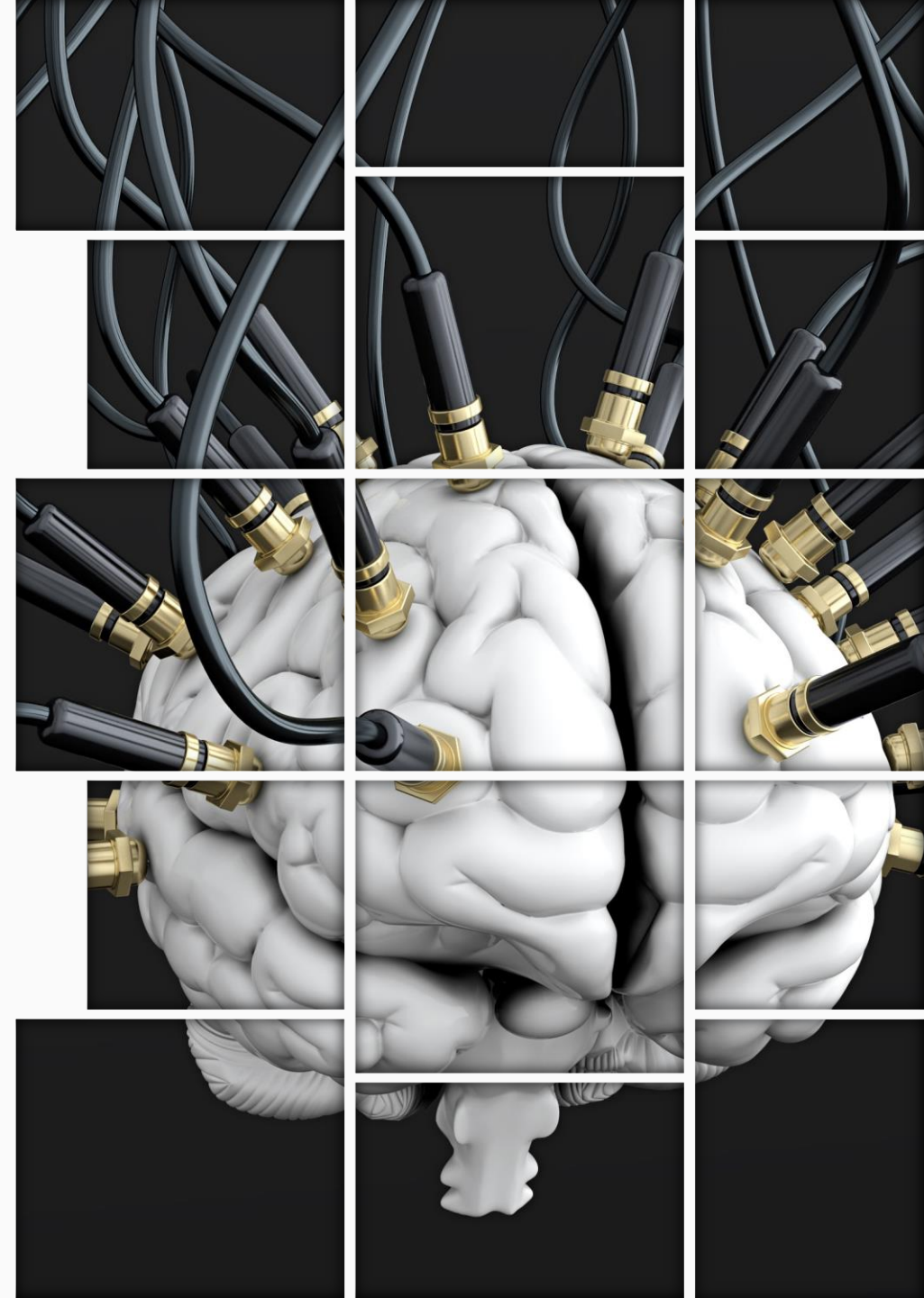
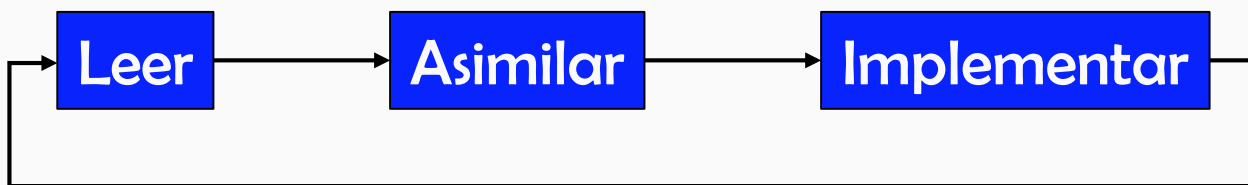


<http://exiii-hackberry.com/>



<https://www.technologyreview.com/2010/09/13/200477/wheelchair-makes-the-most-of-brain-control/>

¿Cómo seguimos?



¿Cómo seguimos?

Debemos aprender y trabajar

Separar cada en equipo en subgrupos.

ICC

Módulo 1

Estimulación, registro,
adquisición y procesamiento
de señales de EEG

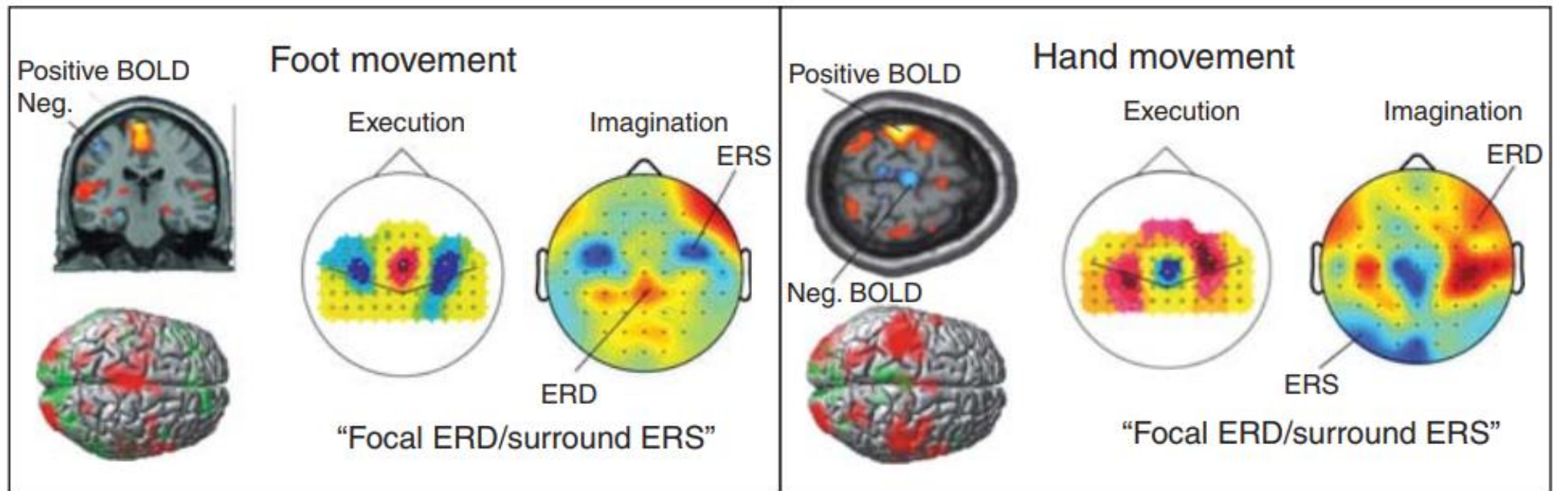


Módulo 2

*Módulo de comando y
control del dispositivo
robótico*

Paradigma a utilizar

Imaginería Motora



Pfurtscheller and Lopes da Silva, 2011

**GRACIAS POR
SU ATENCIÓN**



¿Preguntas?





Bibliografía

- Wolpaw Jonathan. *"Brain Computer Interfaces: Principles and Practice"*. Oxford. Published by Oxford University Press, Inc. 2012.
- Toshihisa Tanaka and Mahnaz Arvaneh. *"Signal Processing and Machine Learning for Brain--Machine Interfaces"*. The Institution of Engineering and Technology. 2018.
- J. d. R. Millán. *"Combining brain-computer interfaces and assistive technologies: state-of-the-art and challenges"*. Frontiers in Neuroscience. 07 September 2010.
- Teodiano Freire Bastos-Filho. *"Introduction to Non-Invasive EEG-Based Brain-Computer Interfaces for assistive technologies"*. 2021.
- Alexis Ortiz-Rosario and Hojjat Adeli . *"Brain-computer interface technologies: from signal to action"*. 2013.

Taller N°1

Introducción a las Interfaces Cerebro Computadora

MSc. Bioing. BALDEZZARI Lucas
Profesor Adjunto
Ingeniería Biomédica

