



EEG

Electrofisiología Clínica

Bioingeniero Baldezzari Lucas

Docente Encargado Área Biofísica Aplicada

Tecnólogo en Ingeniería Biomédica

Universidad Tecnológica del Uruguay

28 – 09 – 20202

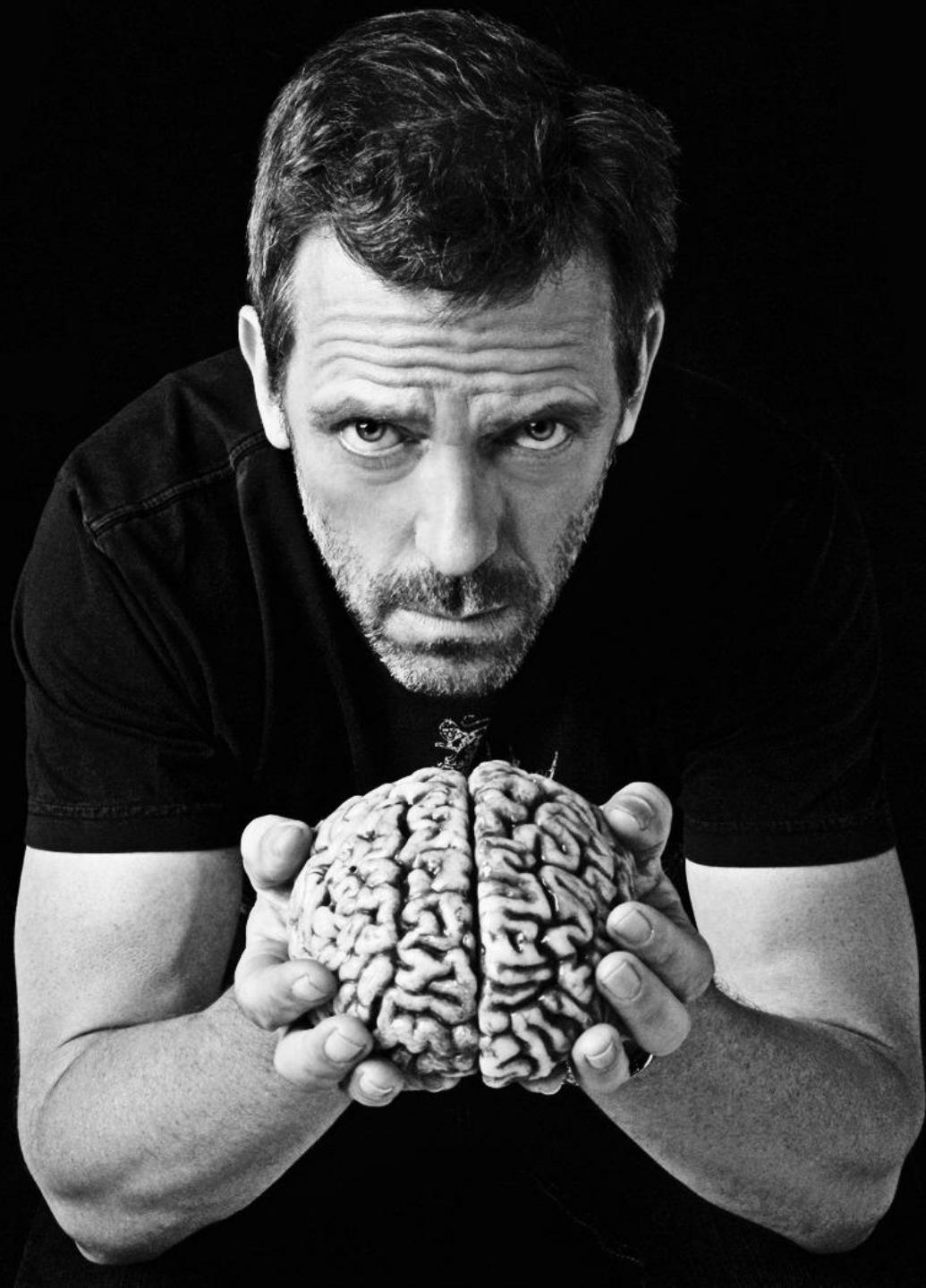


UTEC

Universidad Tecnológica

Contenido

- Breve descripción anatómica del cerebro
- Actividad Eléctrica Cerebral
- Señal de EEG
 - ¿Qué es?
 - ¿Qué representa?
 - Ondas del EEG
 - Frecuencias asociadas
- Instrumental
 - Electrodos, posicionamiento, impedancia.
- Adquisición de señales de EEG de superficie
 - Equipos de adquisición – Diagrama de bloques
- Aplicaciones clínicas y biomédicas

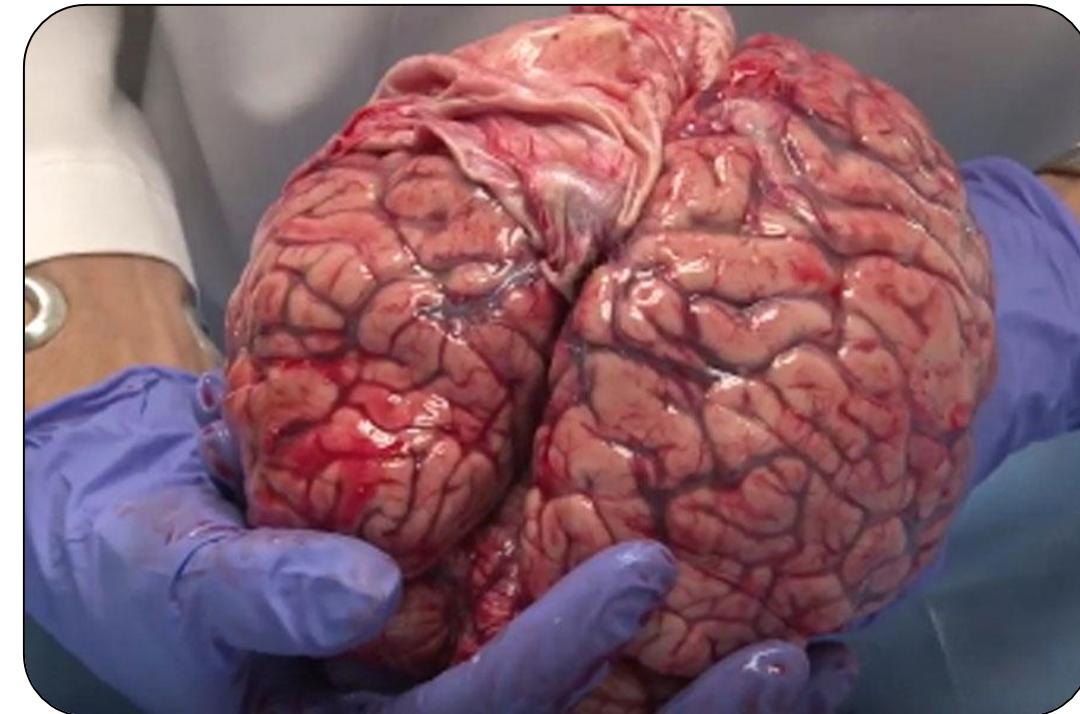


El Cerebro

Parte más voluminosa del Sistema Nervioso Central

Envuelto por tres membranas de tejido del tipo conectivo, llamadas **meninges**.

Entre ellas quedan espacios por los que constantemente circula **Líquido Cefalorraquídeo**. Funciones de nutrición y protección del SNC contra paredes del conducto vertebral y craneal.

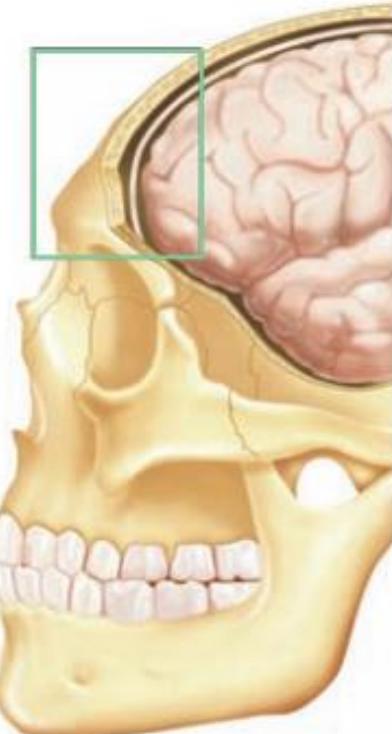


Funciones Cerebrales

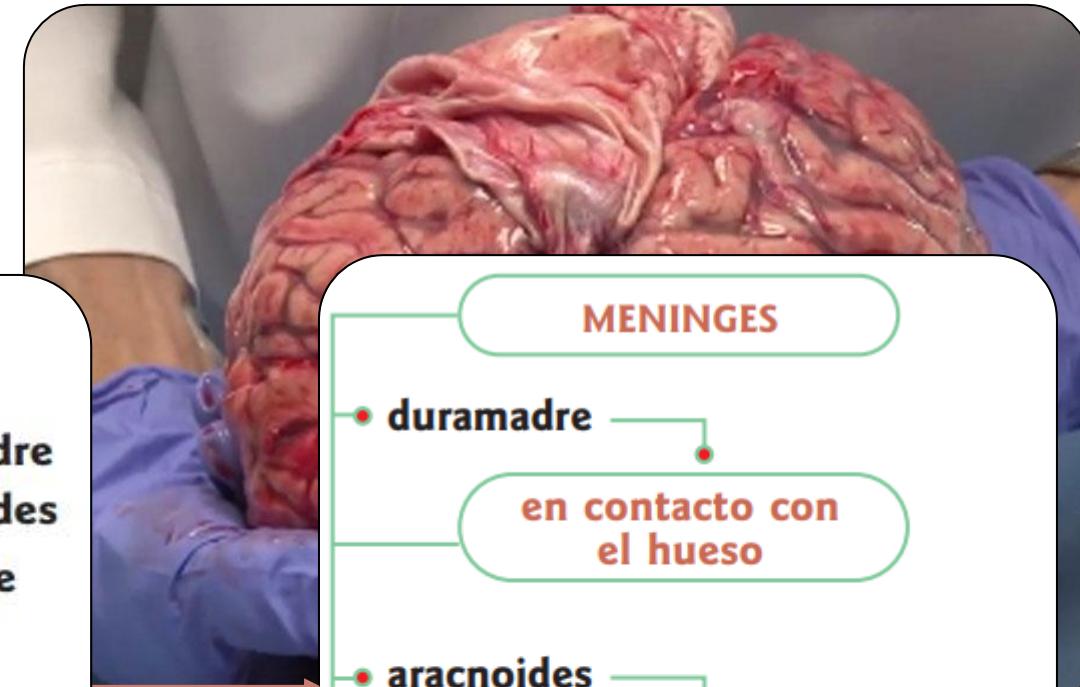
- Sensibilidad Consciente
- Motricidad Voluntaria
- Procesos Intelectuales
- Reacciones Emocionales

El Cerebro

Parte más voluminosa del Sistema Nervioso



Hueso
Duramadre
Aracnoides
Piamadre



MENINGES

- duramadre
 - en contacto con el hueso
- aracnoides
 - en la zona intermedia
- piamadre
 - en la zona de contacto con el sistema nervioso
- Procesos Intelectuales
- Reacciones Emocionales



El Cerebro

Ocupa la cavidad craneal prácticamente en su totalidad.

Dividido en **dos hemisferios**, ambos de forma simétrica.

Cada uno presenta subregiones, delimitadas por las cisuras de Silvio y de Rolando, denominados **lóbulos: frontal, parietal, temporal, occipital**. Se conectan entre sí por medio del **cuerpo caloso** [1].

Superficie irregular con Surcos denominados **cisuras** y pliegues llamados **circunvoluciones** y estos se utilizan para ubicar regiones del cerebro consideradas como centros de funciones conscientes [1].

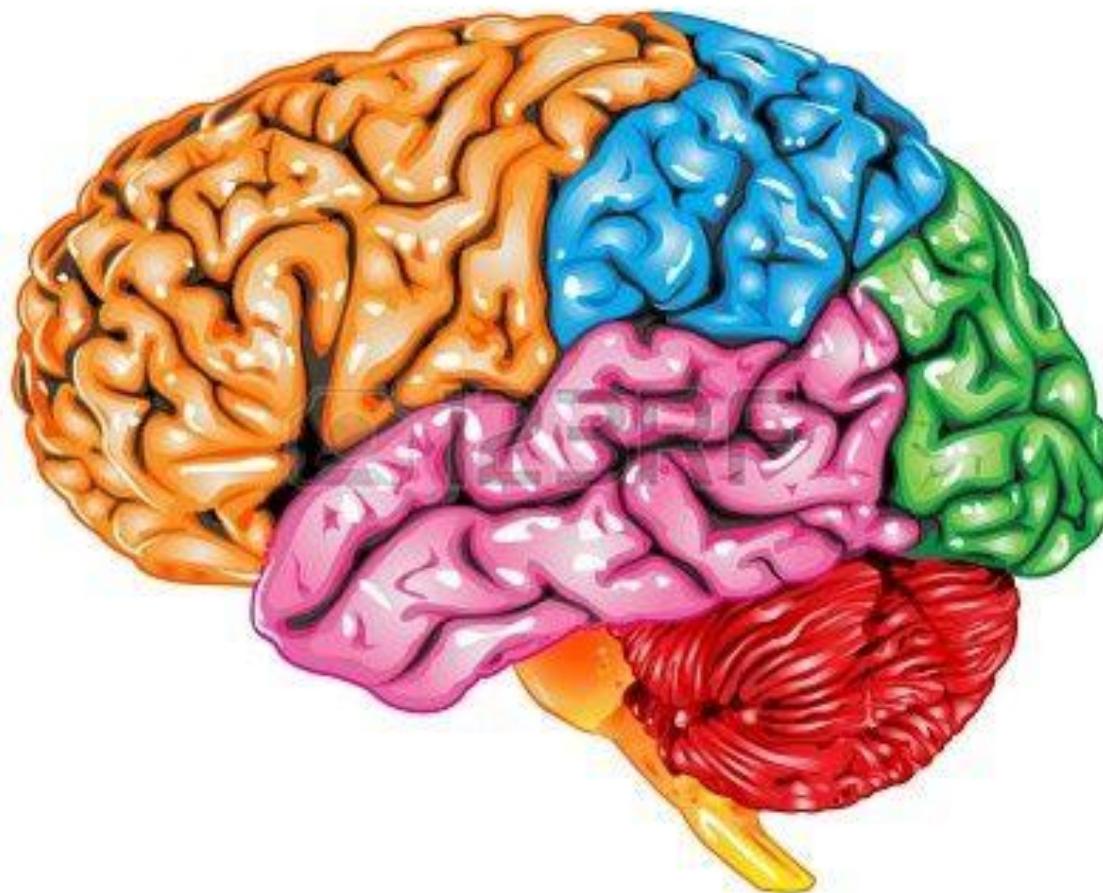
El Cerebro

Ocupa la cavidad de

Dividido en dos he

Cada uno presen
Rolando, denomin
conectan entre sí

Superficie irregular circunvoluciones consideradas com



as de Silvio y de
ral, occipital. Se

oliegues llamados
nes del cerebro

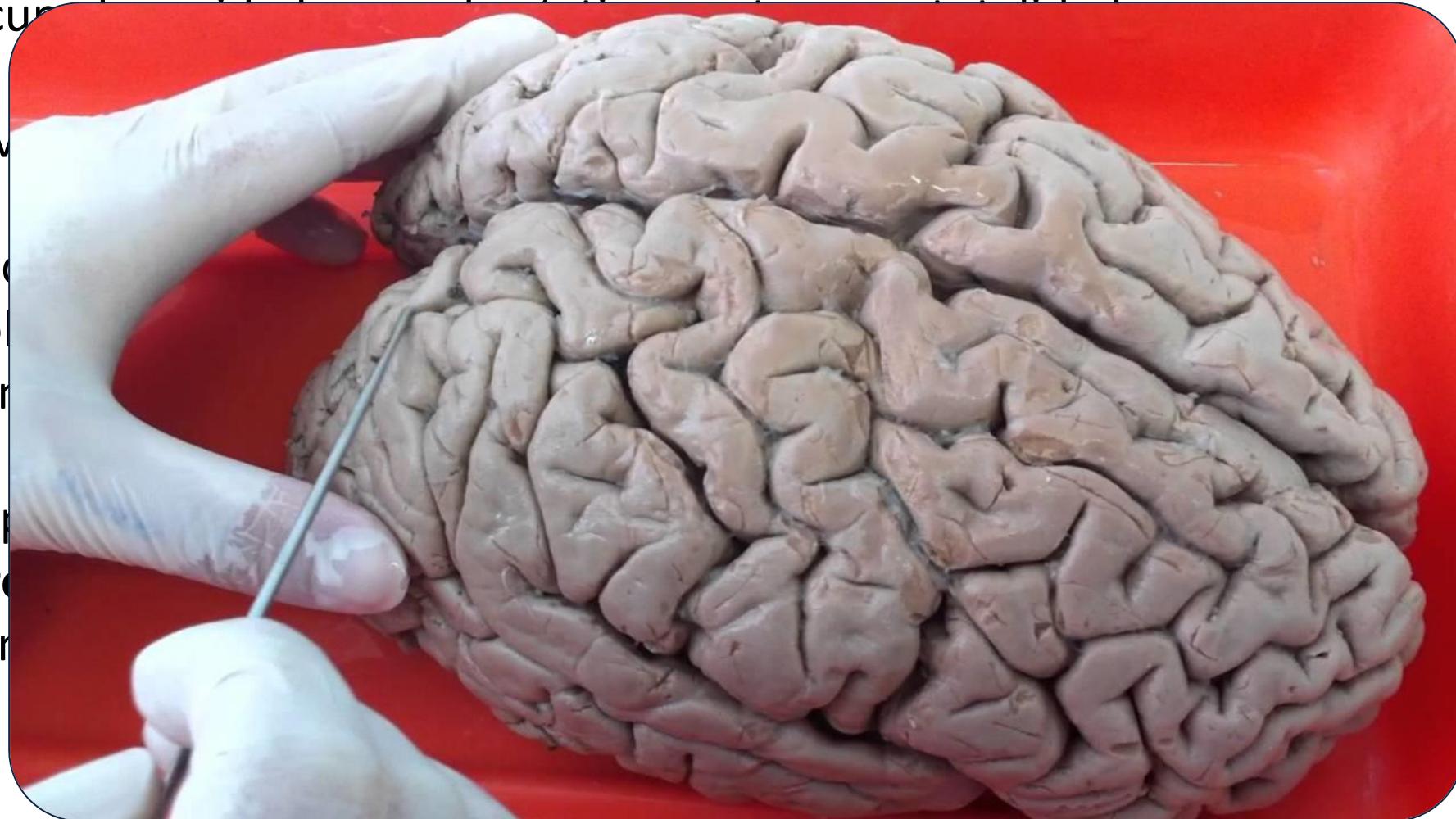
El Cerebro

Ocupa el espacio dentro del cráneo. Se divide en tres partes principales:

- Cerebro
- Rocios
- Medula espinal

Su superficie exterior se llama círculo cerebral o corteza cerebral.

El cerebro es el órgano más importante del sistema nervioso y de la vida vital. Se encarga de controlar las funciones corporales y mentales. Los órganos que controlan las funciones del cerebro se llaman órganos del sistema nervioso central. El cerebro es el órgano más importante del sistema nervioso y de la vida vital. Se encarga de controlar las funciones corporales y mentales. Los órganos que controlan las funciones del cerebro se llaman órganos del sistema nervioso central.





6

Ocup

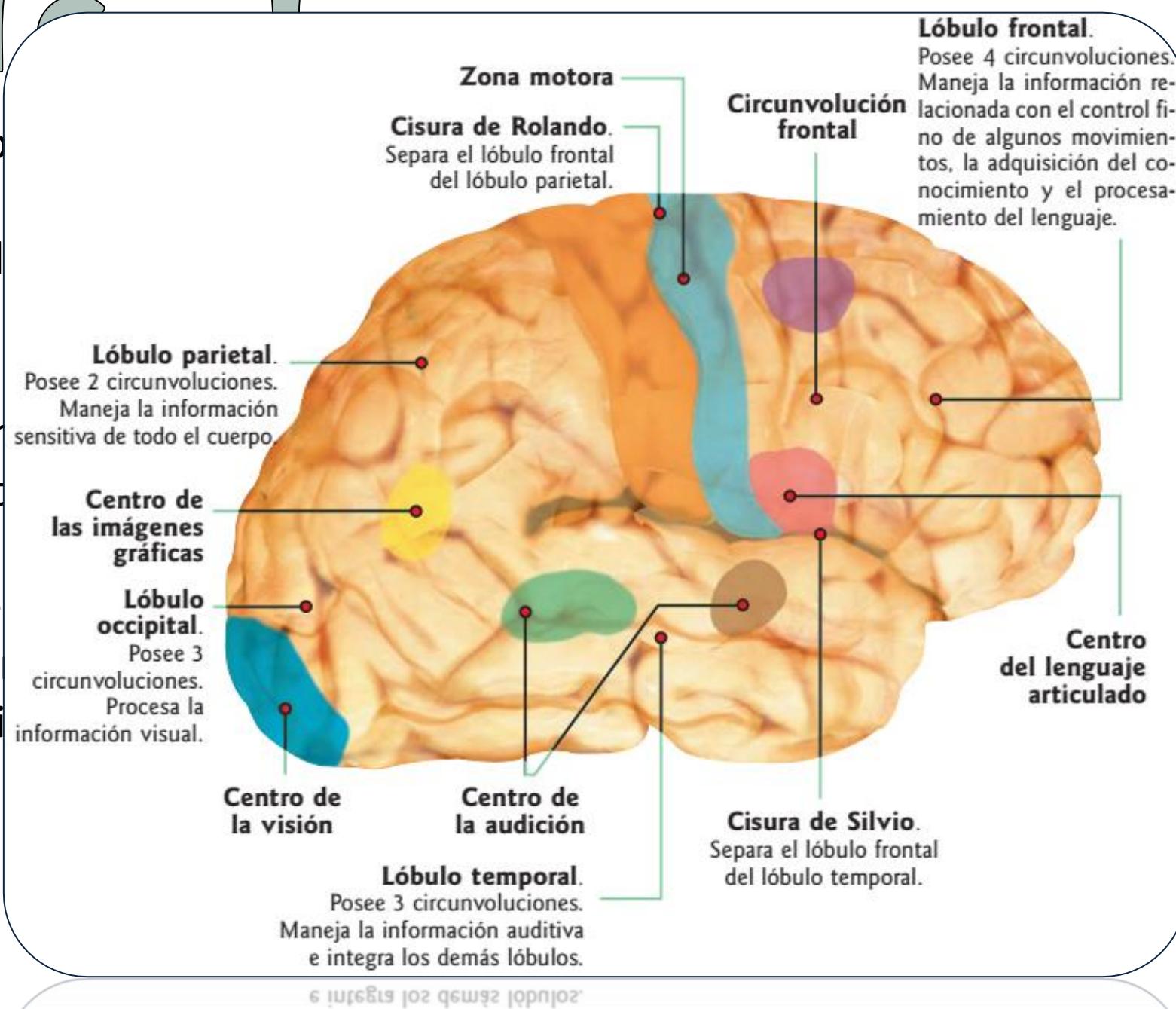
Divid

Cada

Rolar

(cent)

Super circu consi

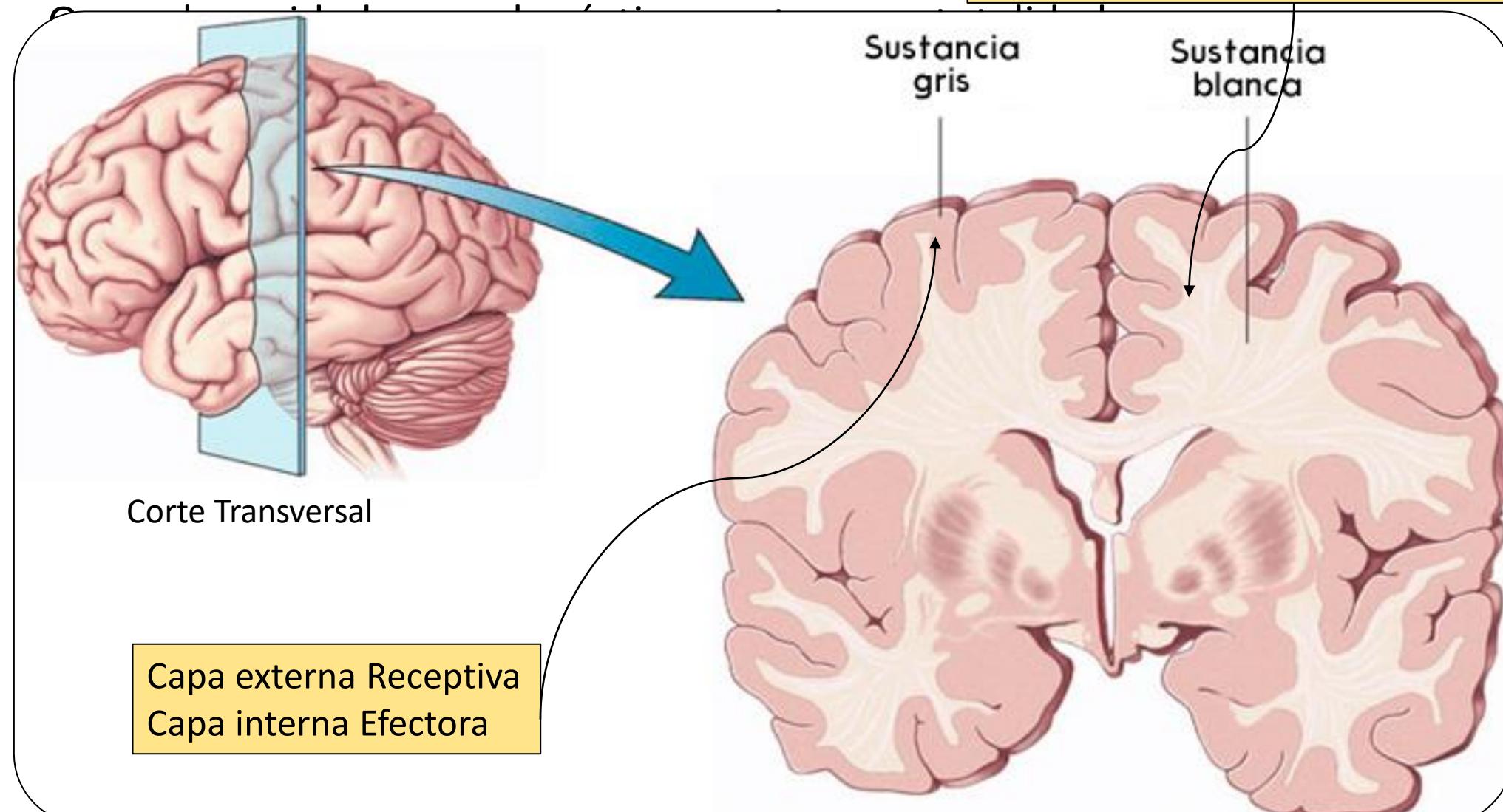


de Silvio y de
ital y la ínsula
oso [1].

gues llamados del cerebro

El Cerebro

Fibras de Asociación
Fibras interhemisféricas o comisurales
Fibras de proyección



de
Se
dos
bro

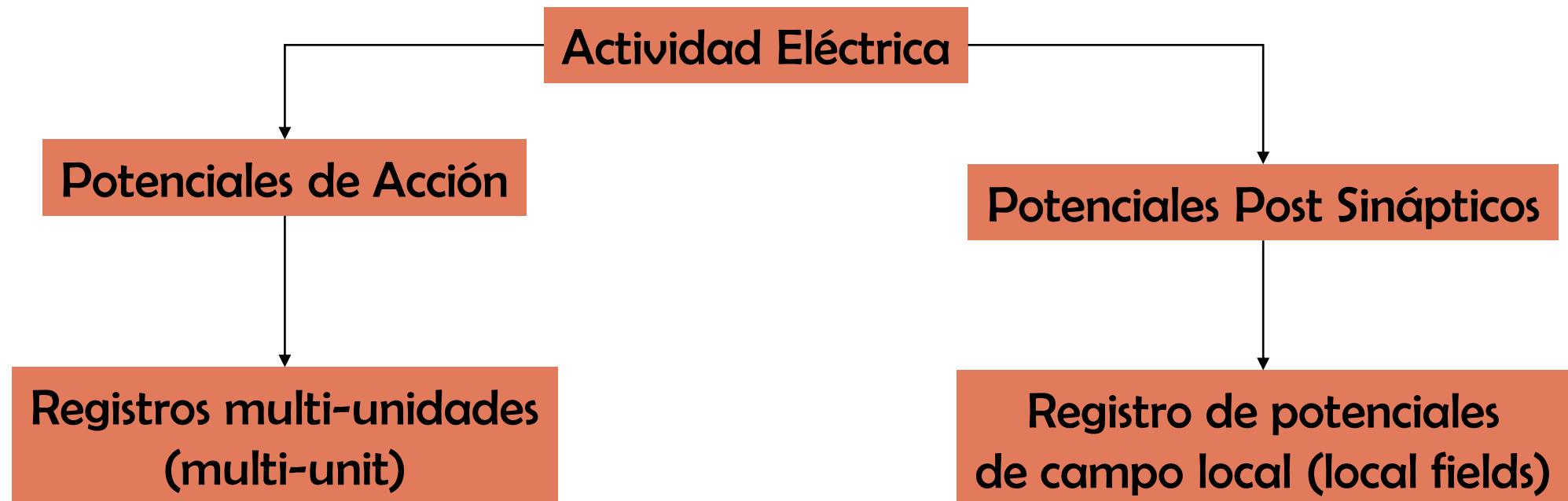




Actividad Eléctrica de las Neuronas

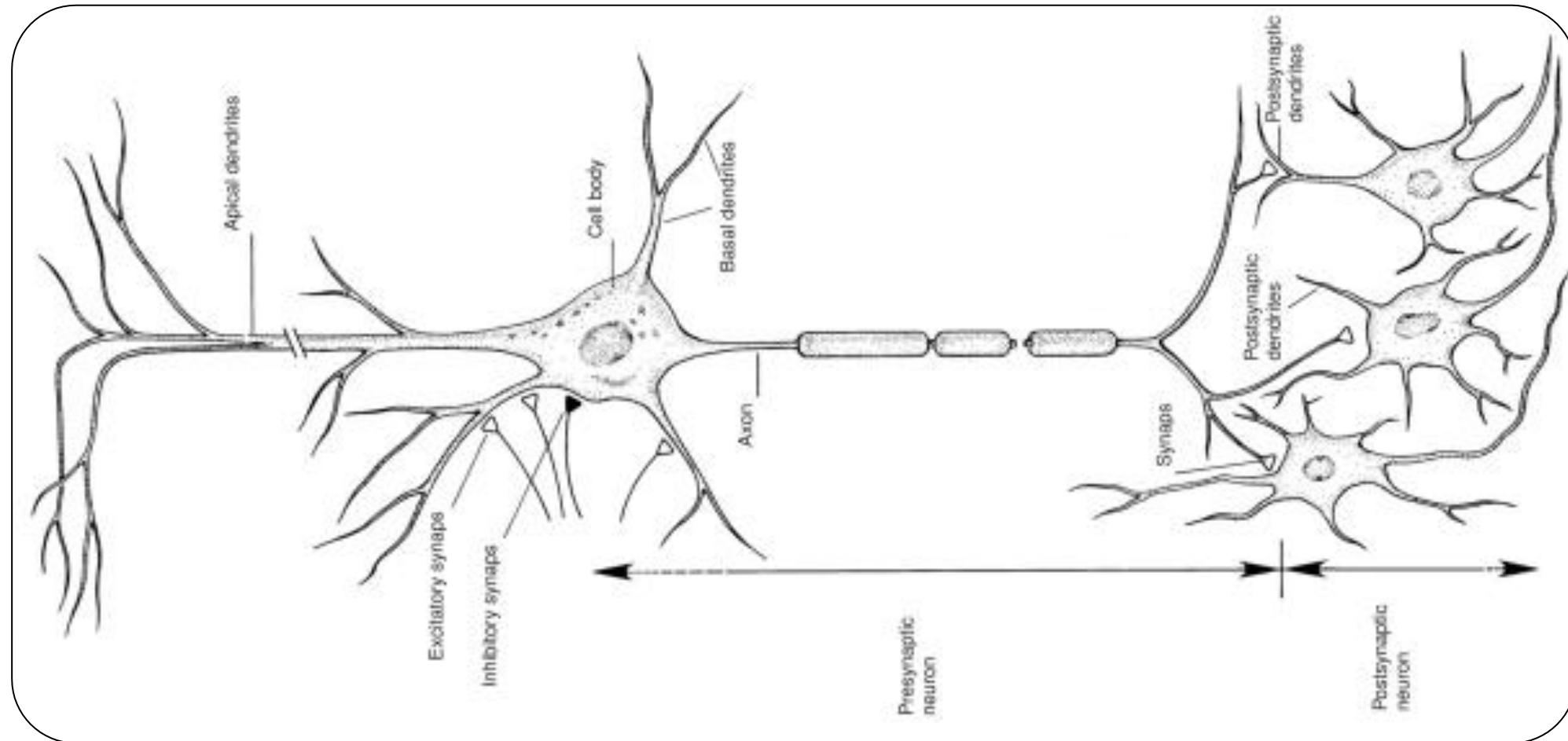
Neuronas – Actividad Eléctrica

Hay dos tipos principales de actividad eléctrica asociadas con las Neuronas: **potenciales de acción** y **potenciales post-sinápticos**.



Neuronas – Actividad Eléctrica

Hay dos tipos principales de actividad eléctrica asociadas con las Neuronas: **potenciales de acción y potenciales post-sinápticos.**



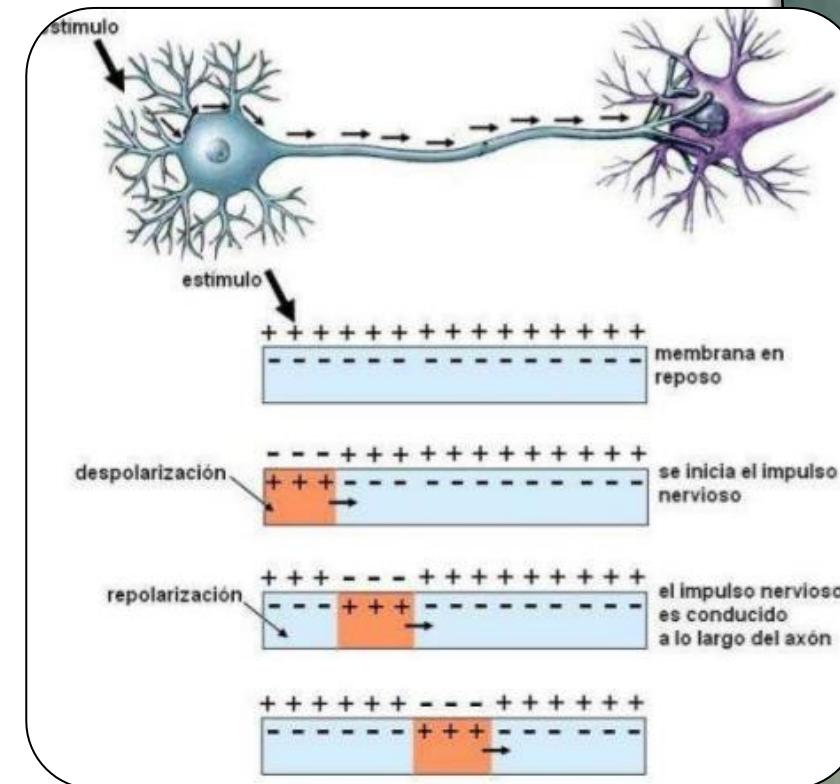
Neuronas – Actividad Eléctrica

Potencial de Membrana y Potencial de Acción

El potencial de acción obedece la ley **todo o nada**.

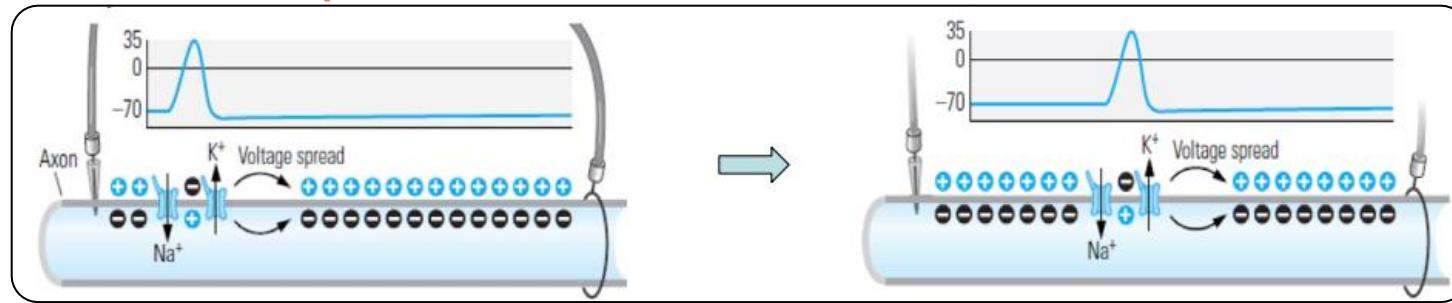
Si el estímulo es sub-umbral no hay potencial de acción.

El potencial viaja desde las dendritas receptoras, pasando por el cuerpo, luego viajando por el axón hasta alcanzar el **terminal sináptico** del axón.

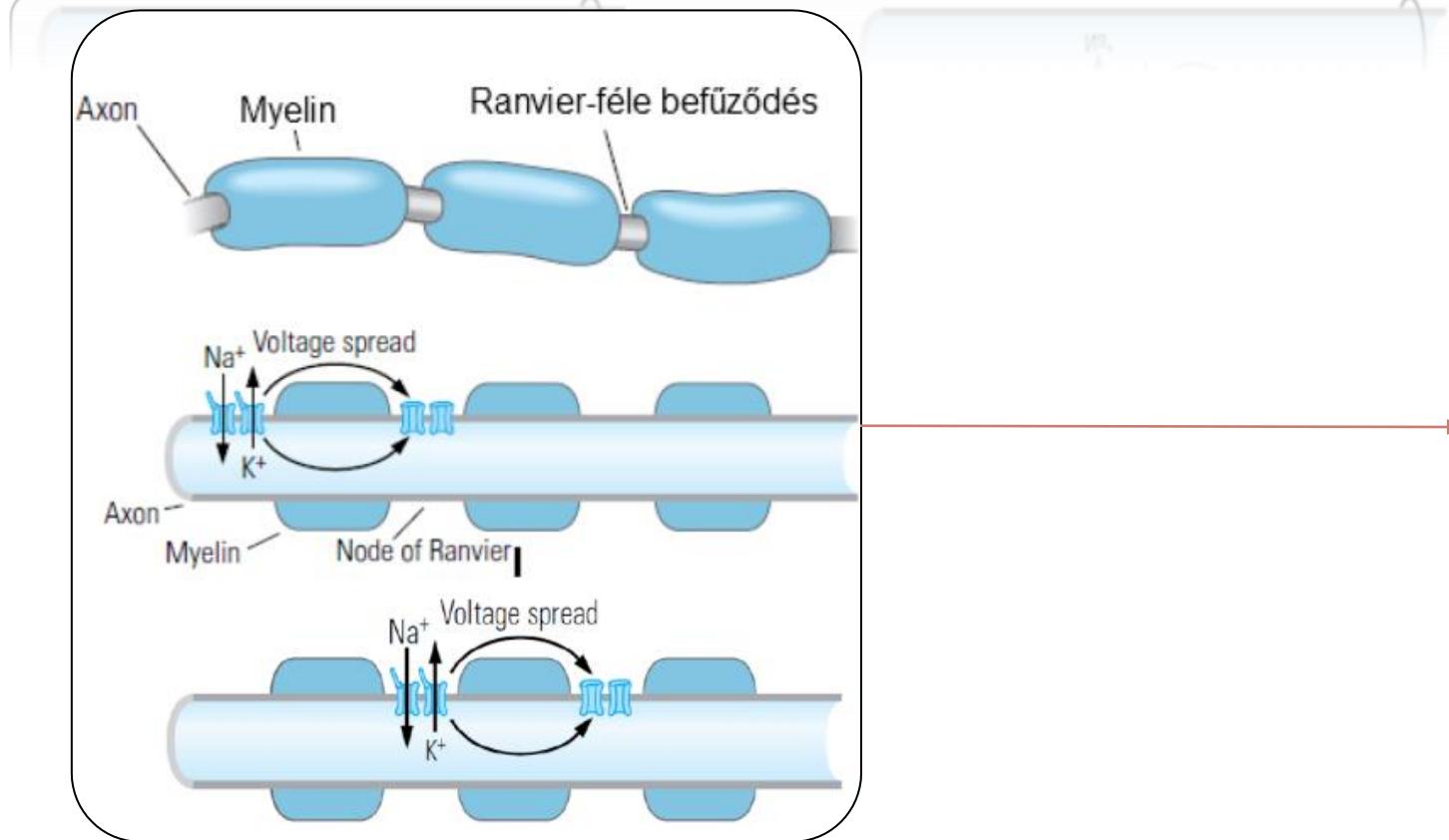


Neuronas – Actividad Eléctrica

Transmisión del potencial de acción



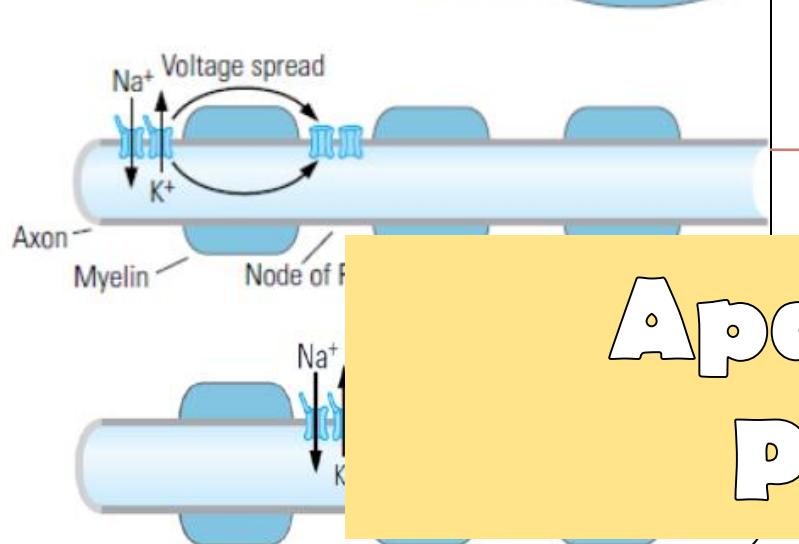
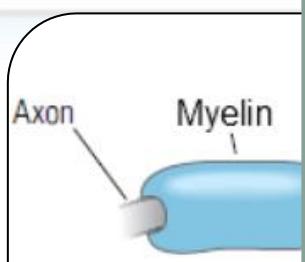
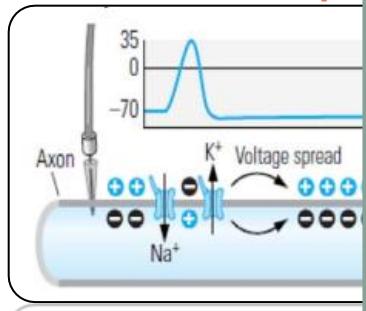
El potencial de acción no viaja hacia atrás gracias al período refractario.



Axones con Mielina
El potencial de acción **salta** de un nódulo de Ranvier a otro

Neuronas – Actividad Eléctrica

Transmisión del potencial de acción



¿Qué sucede cuando el
Potencial de Acción alcanza
el terminal Post Sináptico?

Axones con Mielina
El potencial de acción **salta** de un
nóculo de Ranvier a otro

Aparece un potencial
POST SINÁPTICO

La transmisión es más rápida gracias a la mielina.

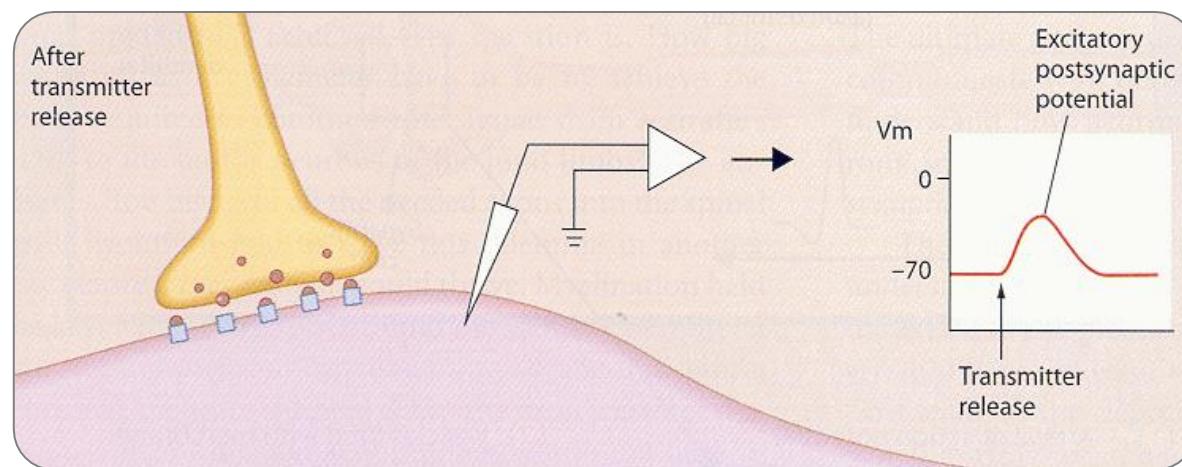


Neuronas – Actividad Eléctrica

Potencial Post Sináptico

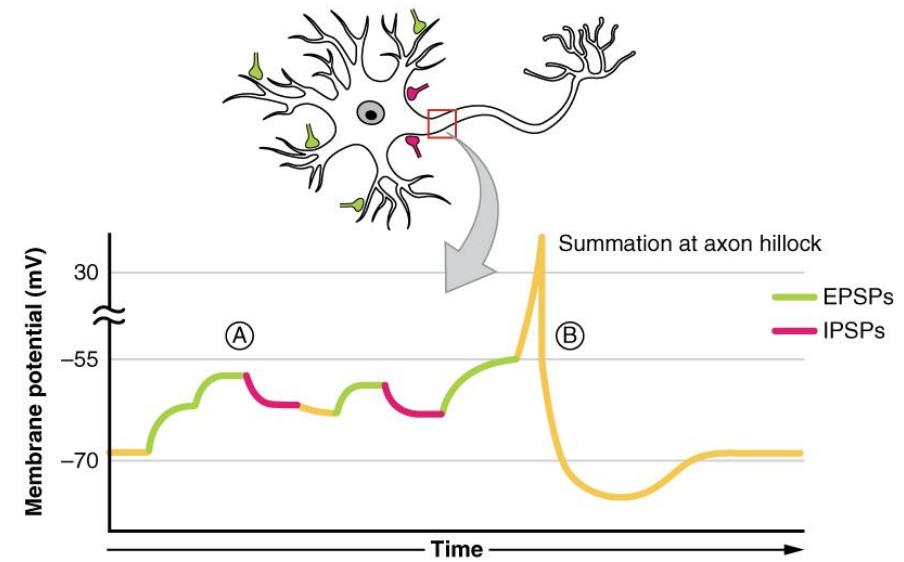
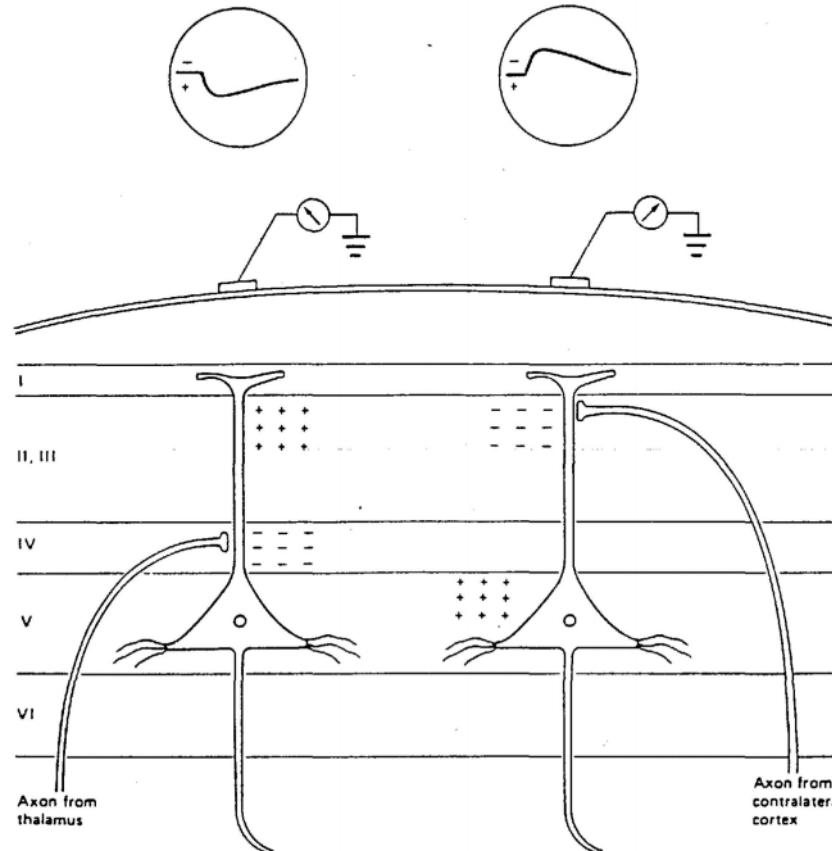
Las entradas sinápticas de diferentes fuentes presinápticas convergen a una neurona postsináptica. Las señales entrantes se integran antes de llegar al axón. Si bien el número de sinapsis, sus características, y su distribución temporal y espacial varían de célula a célula e incluso en una misma célula, el principio del potencial postsináptico (PSP – Post Synaptic Potential) es aplicable a cualquier caso.

Los PSP se originan cuando los neurotransmisores alcanzan la membrana de células postsinápticas.



Neuronas – Actividad Eléctrica

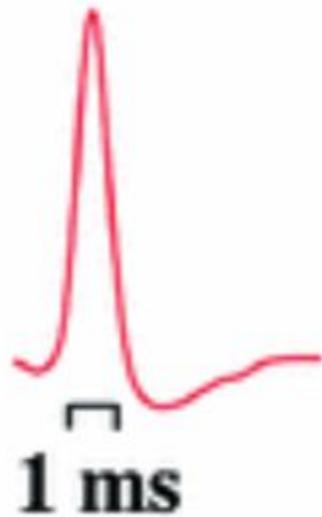
Potencial Post Sináptico



Fuente: Neurophysiologic Basis of EEG - Piotr Olejniczak

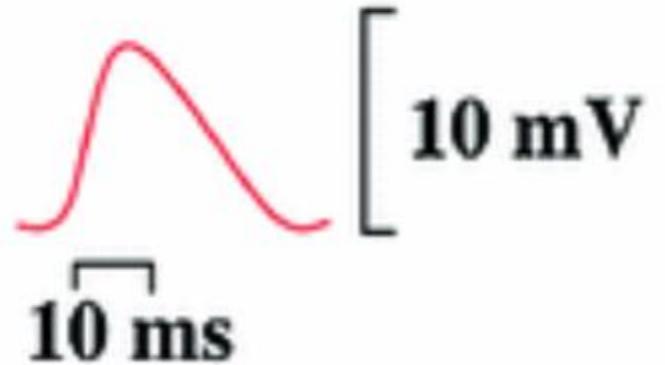
Neuronas – Actividad Eléctrica

Potencial Acción vs Potencial Post Sináptico



Potencial de Acción

POTENCIAL DE ACCIÓN



Potencial Post Sináptico

POTENCIAL POST SINÁPTICO

Los potenciales de acción duran una milésima de segundo, los PSP
durán entre decenas a cientos de milisegundos.



Descanso...



Señal de EEG

EEG – Características

EEG – ¿Qué es?

La Electroencefalografía de superficie (**EEG**) es la **representación gráfica de la diferencia de voltaje respecto del tiempo debido a la actividad neuronal entre dos puntos separados sobre el cuero cabelludo.**

El EEG es una técnica de exploración funcional de la actividad del sistema nervioso central (SNC) mediante la que se obtiene el registro de la actividad eléctrica cerebral en tiempo real de manera no invasiva.

El electroencefalograma representa la variación de esta actividad mediante señales de amplitud y frecuencia variable respecto del tiempo.

En general, el término Electroencefalografía hace referencia al registro de EEG de superficie (sobre el cuero cabelludo).

Posee buena resolución temporal, pero mala resolución espacial.

EEG – Ondas

El rango de frecuencia para un EEG -de superficie- normal esta limitado entre los **0,01 Hz a los 100Hz.**

La amplitud ronda los **$\pm 100\mu V$.**

Existen ciertas curvas conocidas como **ondas** o **ritmos**, que se caracterizan por poseer frecuencias determinadas.

Ritmo de EEG	Frecuencia	Comportamiento/ estado fisiológico
Delta	0,5 a 4 Hz	Sueño profundo y relajado.
Theta	4 a 8 Hz	Visualización de imágenes. Estado Hpnagógico (entre la vigilia y el sueño), sueño suave.
Alpha	8 a 13 Hz	Su amplitud disminuye con la edad. Vigilia, no enfocado, relajado, somnoliento, ojos cerrados, bajo nivel de estimulación ambiental.
Beta	13 a 30 Hz	Vigilia. Concentrado. Durante el sueño/REM. Altos niveles de estimulación ambiental.
Gamma	30 a 100 Hz	Integración en el proceso de información y actividades cognitivas.

EEG – Generación de la señal

Origen de la Señal de EEG

La señal de un electroencefalograma captado sobre el cuero cabelludo de una persona se **debe a los potenciales generados por potenciales post sinápticos de grandes poblaciones de neuronas.**

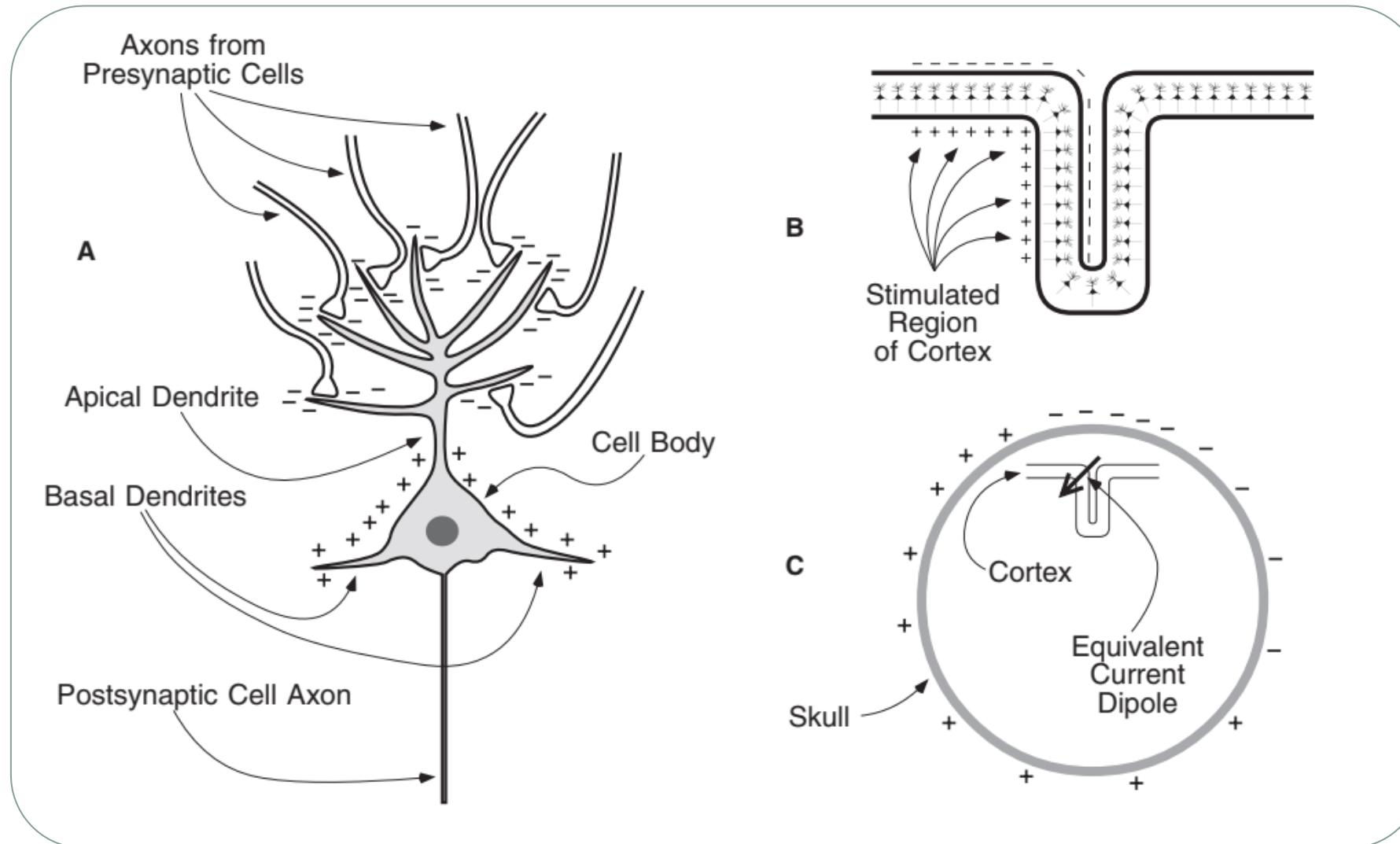
Los electrodos de superficie no pueden registrar los potenciales de acción de muchas neuronas porque se anulan entre sí.

¿Debido a qué?

- Las neuronas disparan sus potenciales de acción de manera desincronizada.
- La distribución espacial de los axones también es un factor que dificulta el registro de potenciales de acción de neuronas.

EEG – Generación de la señal

Origen de la Señal de EEG



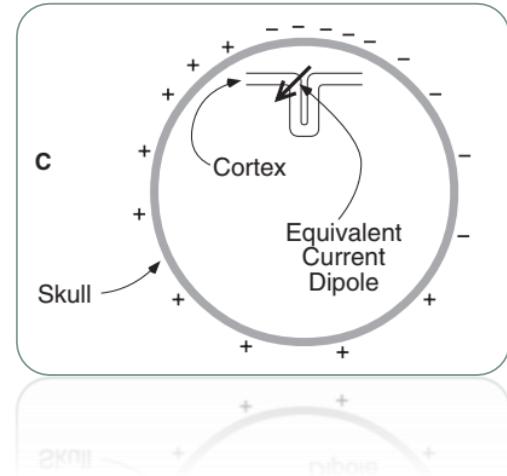
EEG – Generación de la señal

Origen de la Señal de EEG

Bajo ciertas condiciones, los dipolos de muchas neuronas (miles o millones) pueden sumarse, haciendo posible su registro sobre el cuero cabelludo.

- Estos dipolos deben ocurrir mas o menos al mismo tiempo.
- Deben estar alineados espacialmente.
- Todas deben recibir neurotransmisores excitadores.

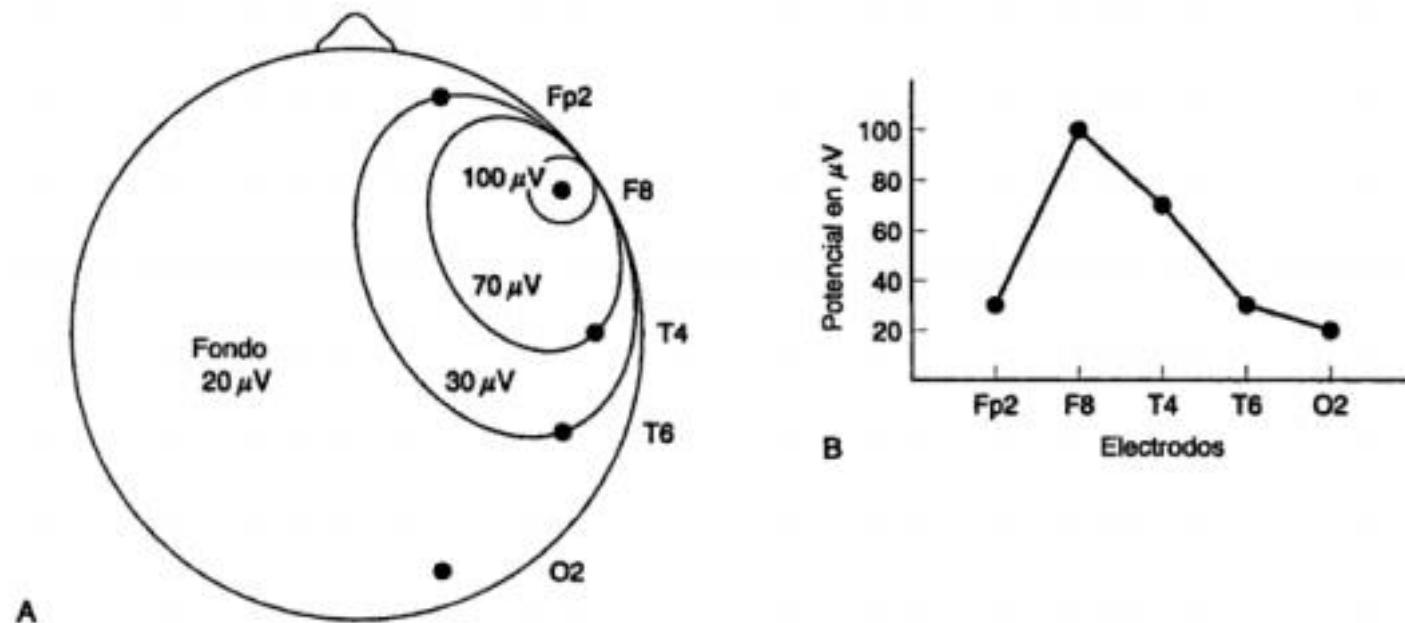
Estas condiciones (entre otras) se dan principalmente en las **neuronas piramidales cerca de la corteza cerebral (materia gris)**.



EEG – Generación de la señal

Origen de la Señal de EEG

El flujo de corriente crea un campo magnético que difunde desde el origen del fenómeno eléctrico y va disminuyendo a medida que se aleja.





EEG – Registro

El registro de la señal de EEG sobre el cuero cabelludo se hace mediante electrodos de superficie. Se clasifican en,

- Electrodos Pasivos
- Electrodos Activos

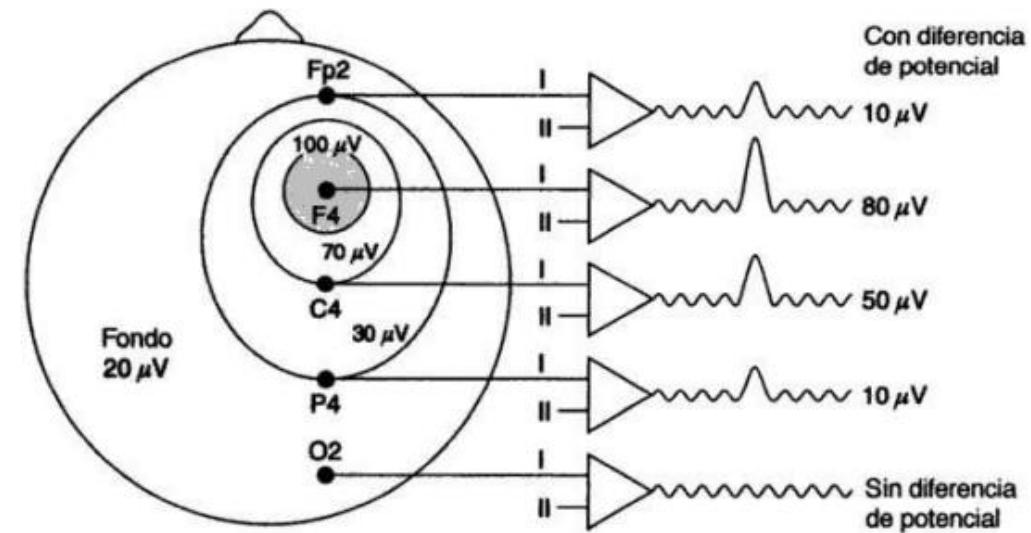
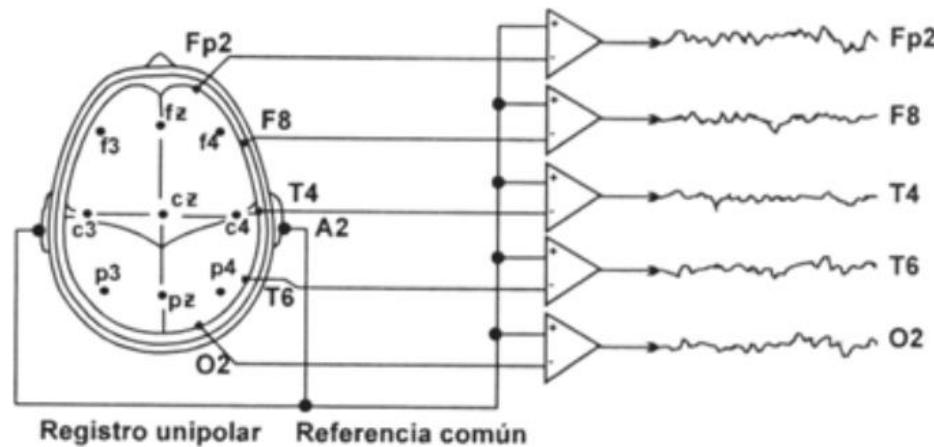
Esta señal adquirida por los electrodos serán enviadas a una etapa de amplificación. La adquisición de la señal por parte de los electrodos, esta, a su vez, dividida en tres formas principales.

- Configuración Monopolar
- Configuración Bipolar
- Configuración Laplaciana

EEG – Registro

Configuración Unipolar o Monopolar

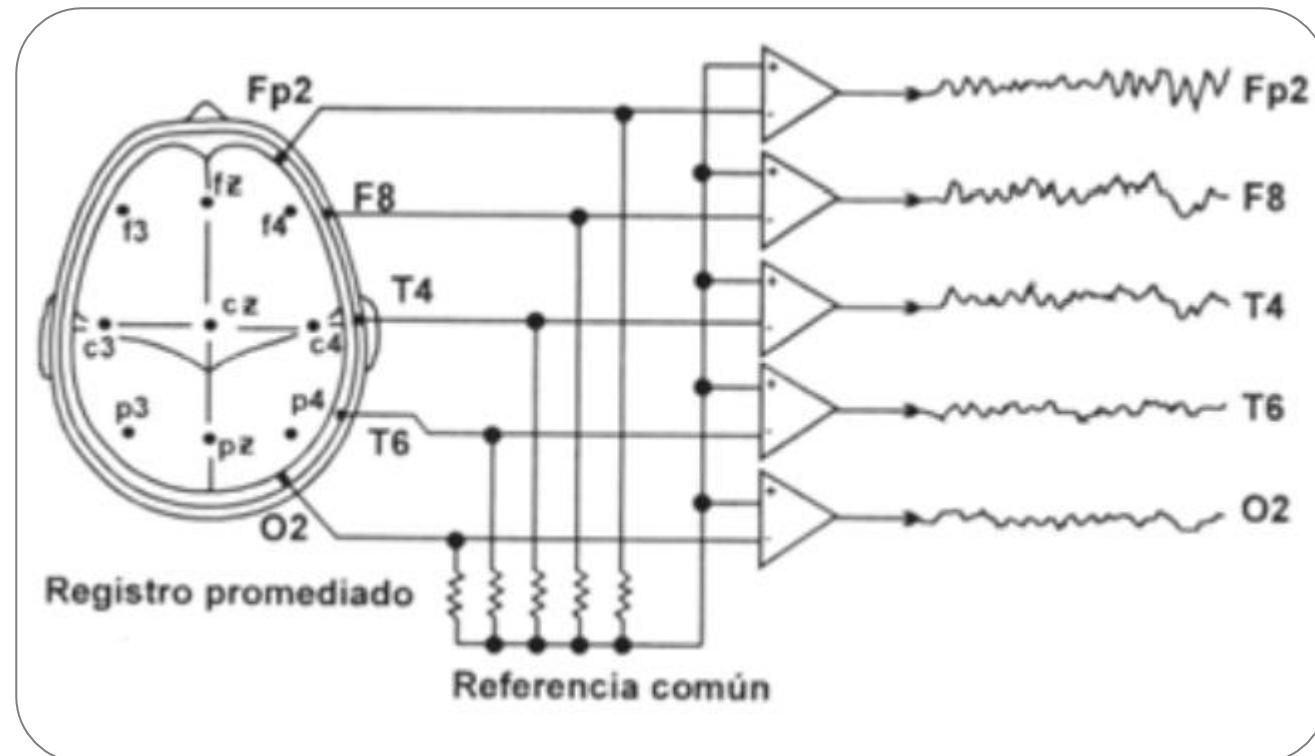
En este tipo de configuración se registra la actividad de cada uno de los electrodos **independientemente** de la señal de los demás. En esta configuración, un electrodo de registro es llamado electrodo “activo” y otro es el de “referencia”..



EEG – Registro

Configuración Monopolar – Referencia Promedio

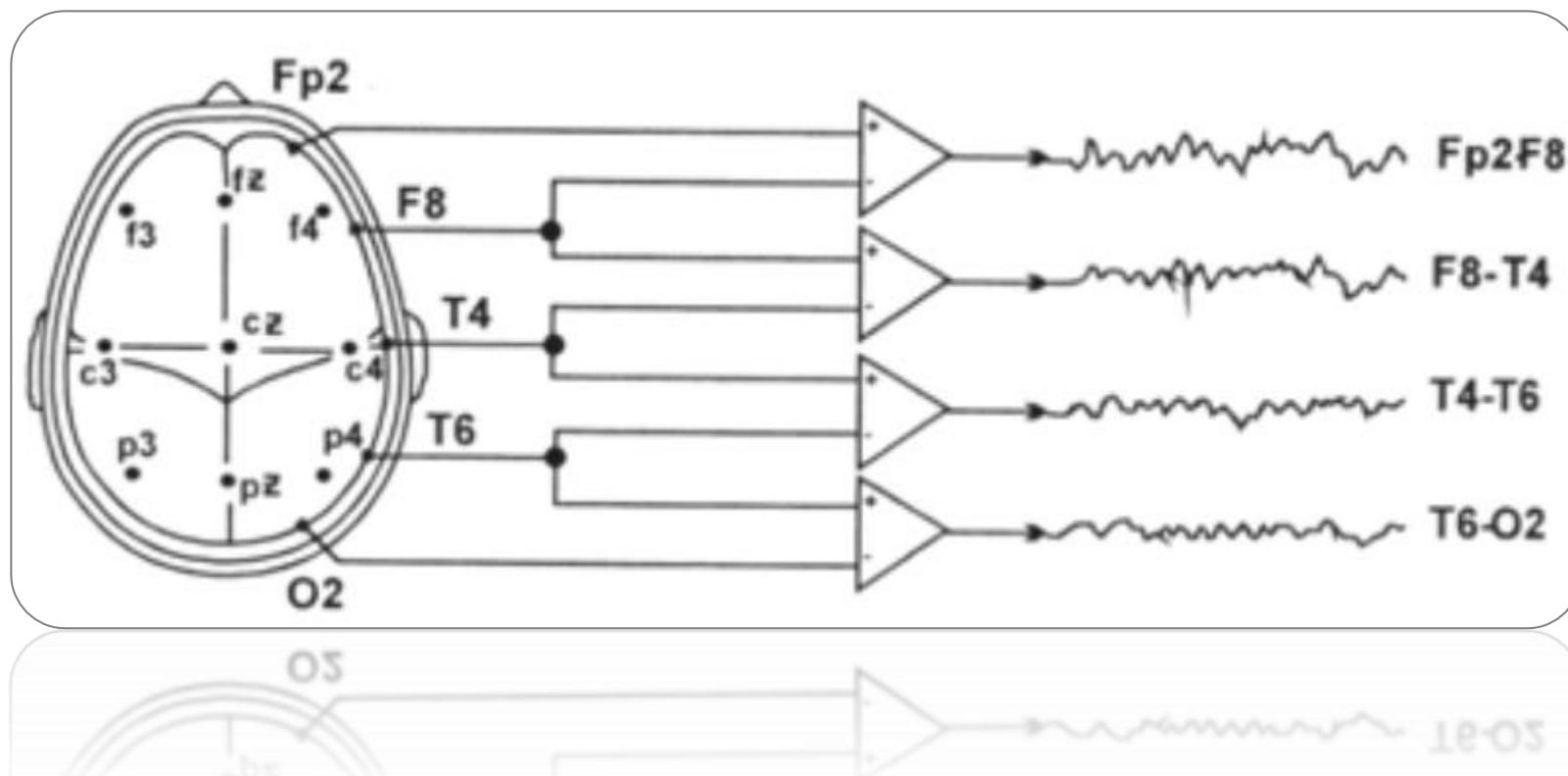
En algunos registros se promedia la señal de todos los electrodos, luego, dicho promedio se toma como referencia.



EEG – Registro

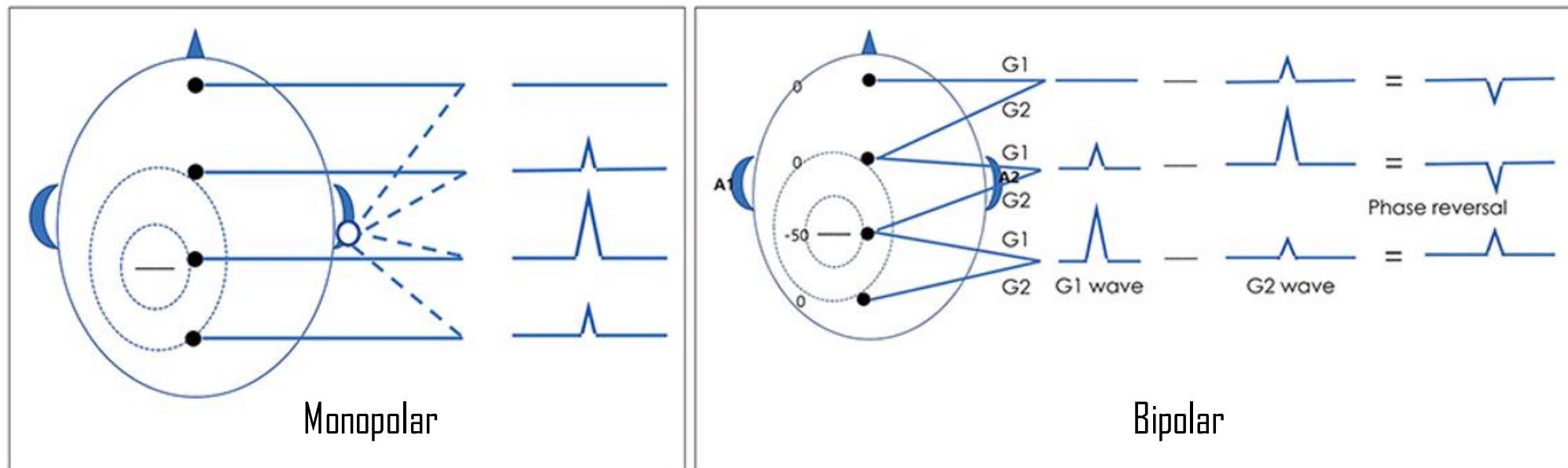
Configuración Bipolar

La amplificación se hace entre la diferencia de voltaje de dos electrodos cercanos. Se suele usar esta configuración en aplicaciones clínicas, ya que reducen los artefactos de la señal (¿Por qué?).



EEG – Registro

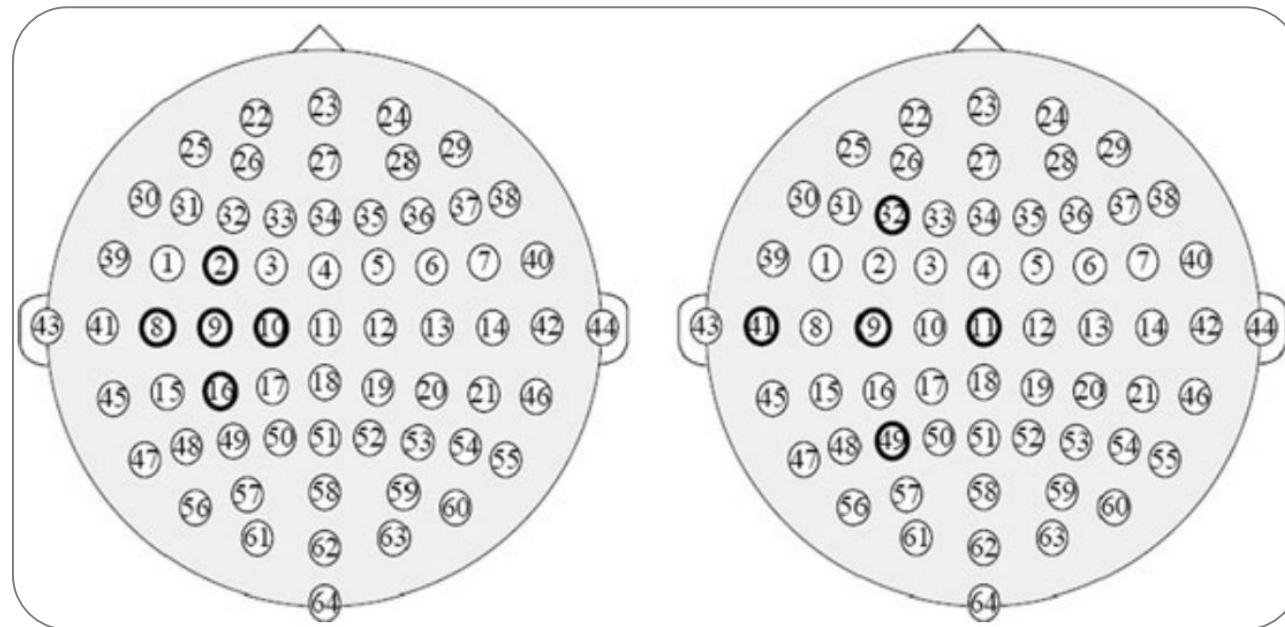
Configuración Bipolar



EEG – Registro

Configuración Laplaciana

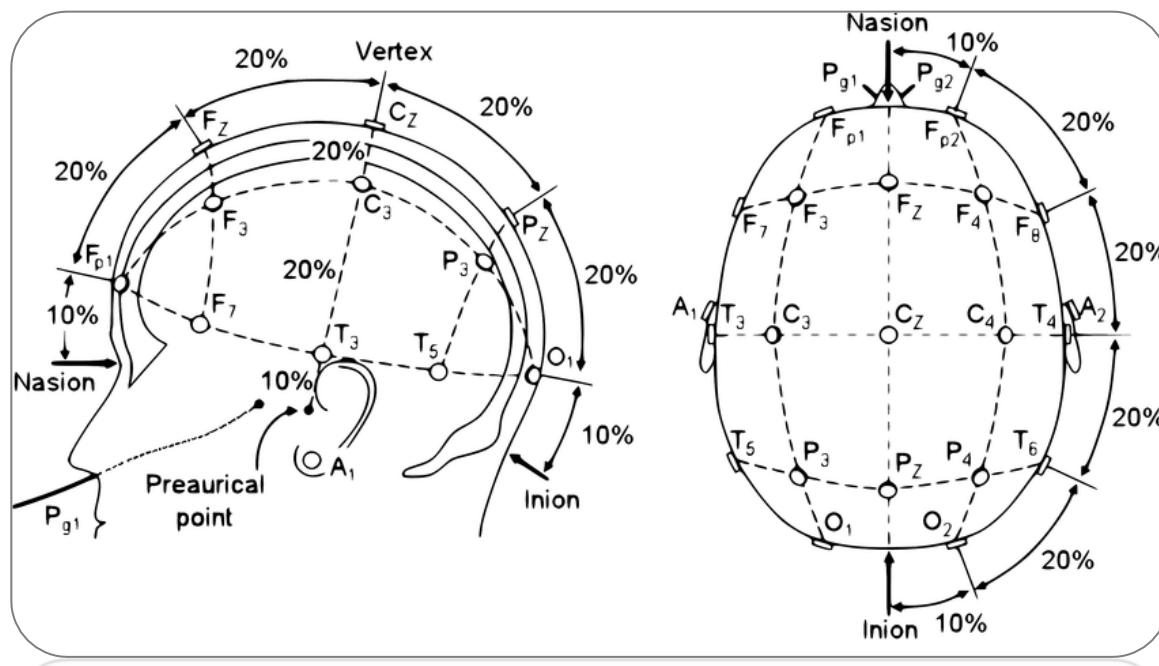
Las diferencias de potenciales se computan entre electrodos de interés, o activos, y uno de referencia. La referencia es el promedio de varios electrodos situados alrededor del electrodo activo. Esta promediación puede ser realizada de forma digital o analógica.

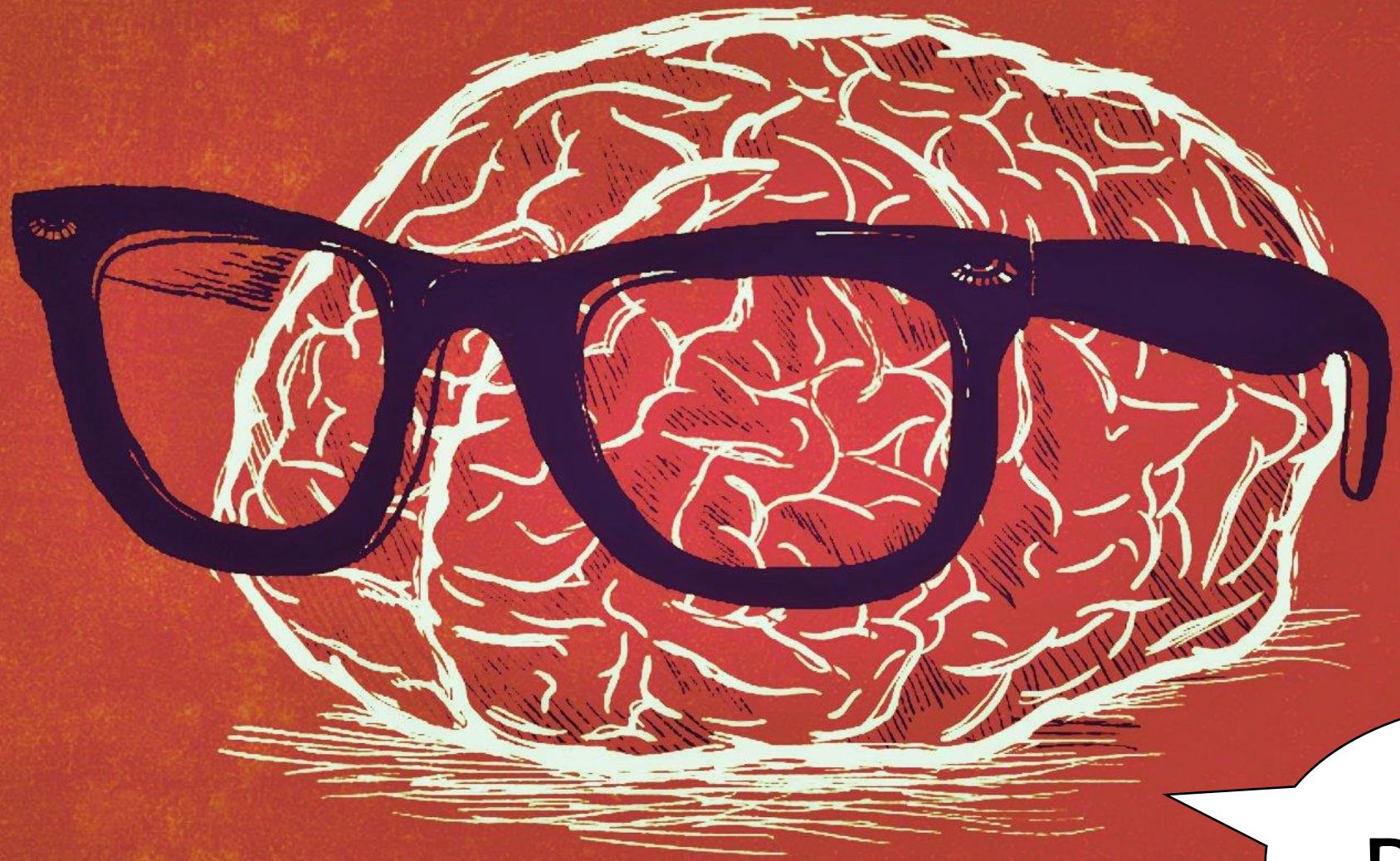


EEG – Registro

Distribución de los electrodos

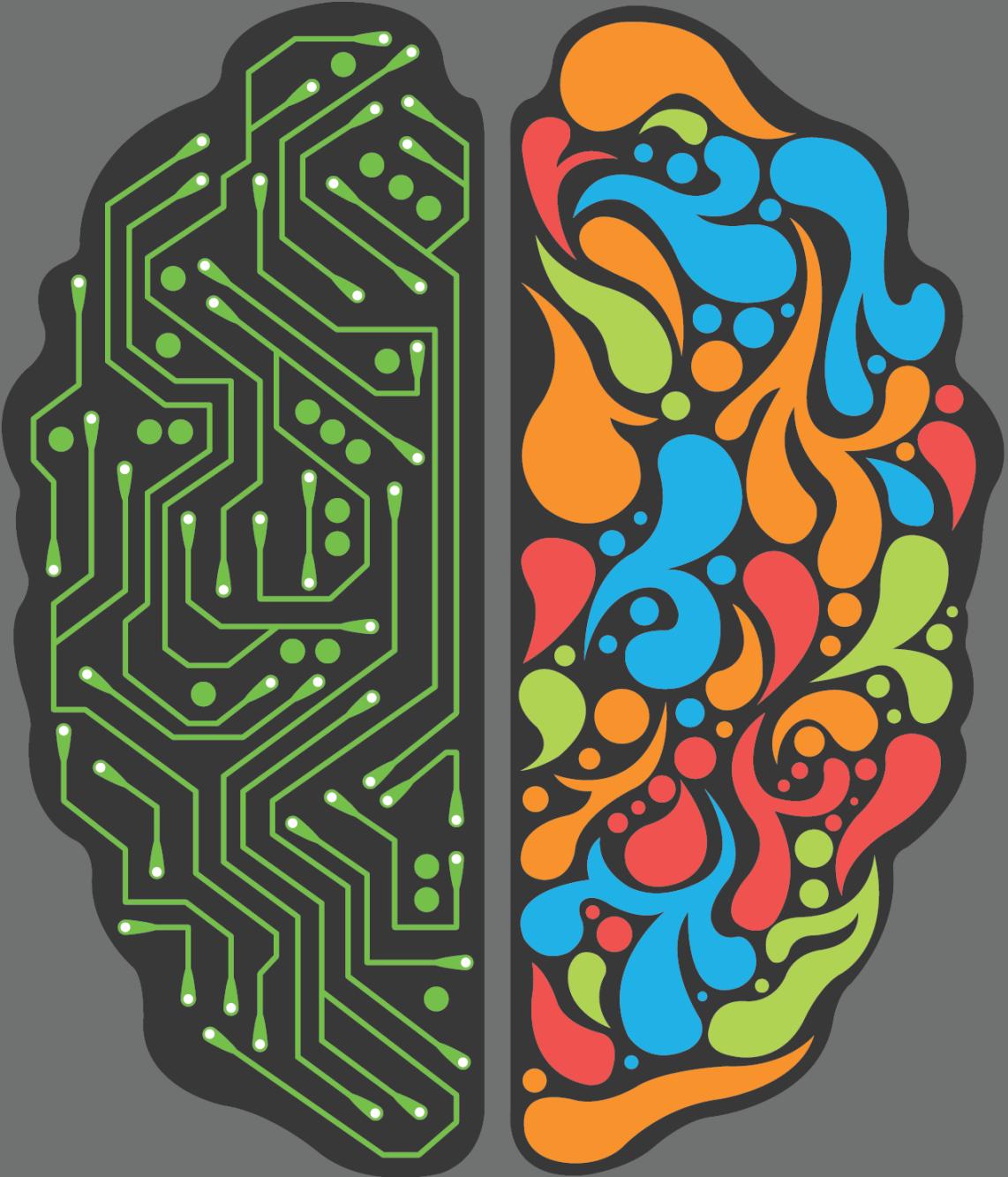
Los electrodos son distribuidos normalmente siguiendo un estandar internacional conocido como **Sistema 10-20**. Éste sistema recibe su nombre debido a que cada electrodo está separado de su adyacente de un 10% a un 20% del total de la distancia comprendida entre el Inion y el Nasion y la distancia comprendida entre la parte derecha e izquierda del cráneo.





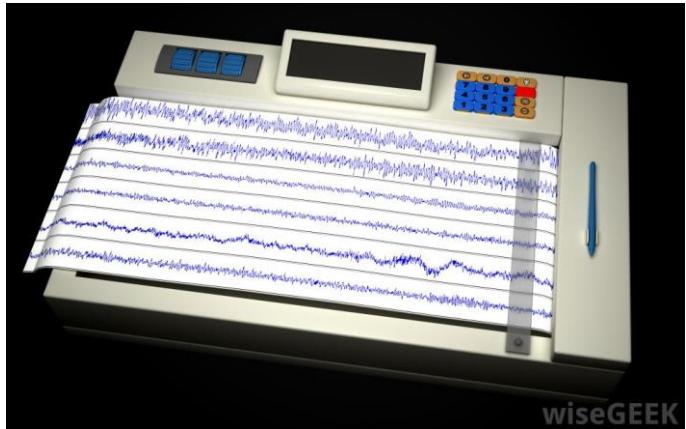
Descanso!

Registro de señal de EEG



Equipo de EEG

Ejemplo de equipos



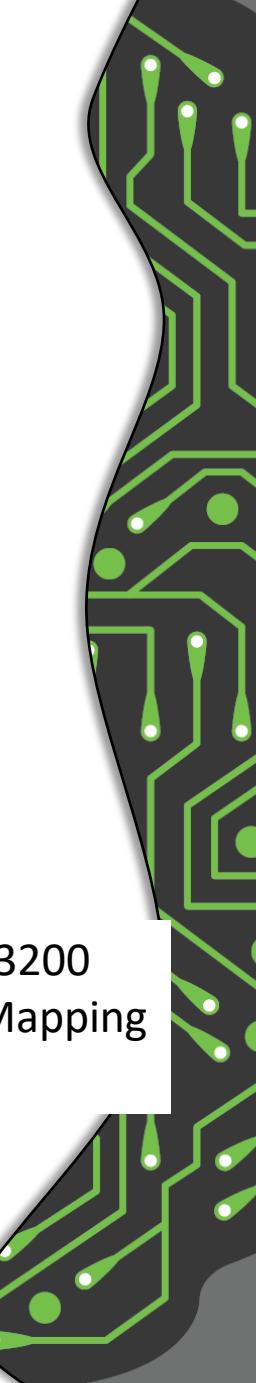
Nihon Kohden Neurofax Series
21 Channel EEG



Nation 7128W-D

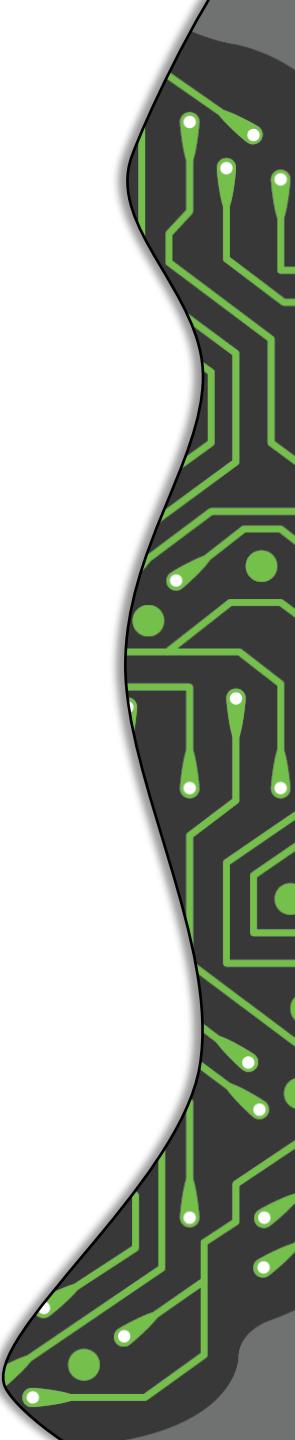
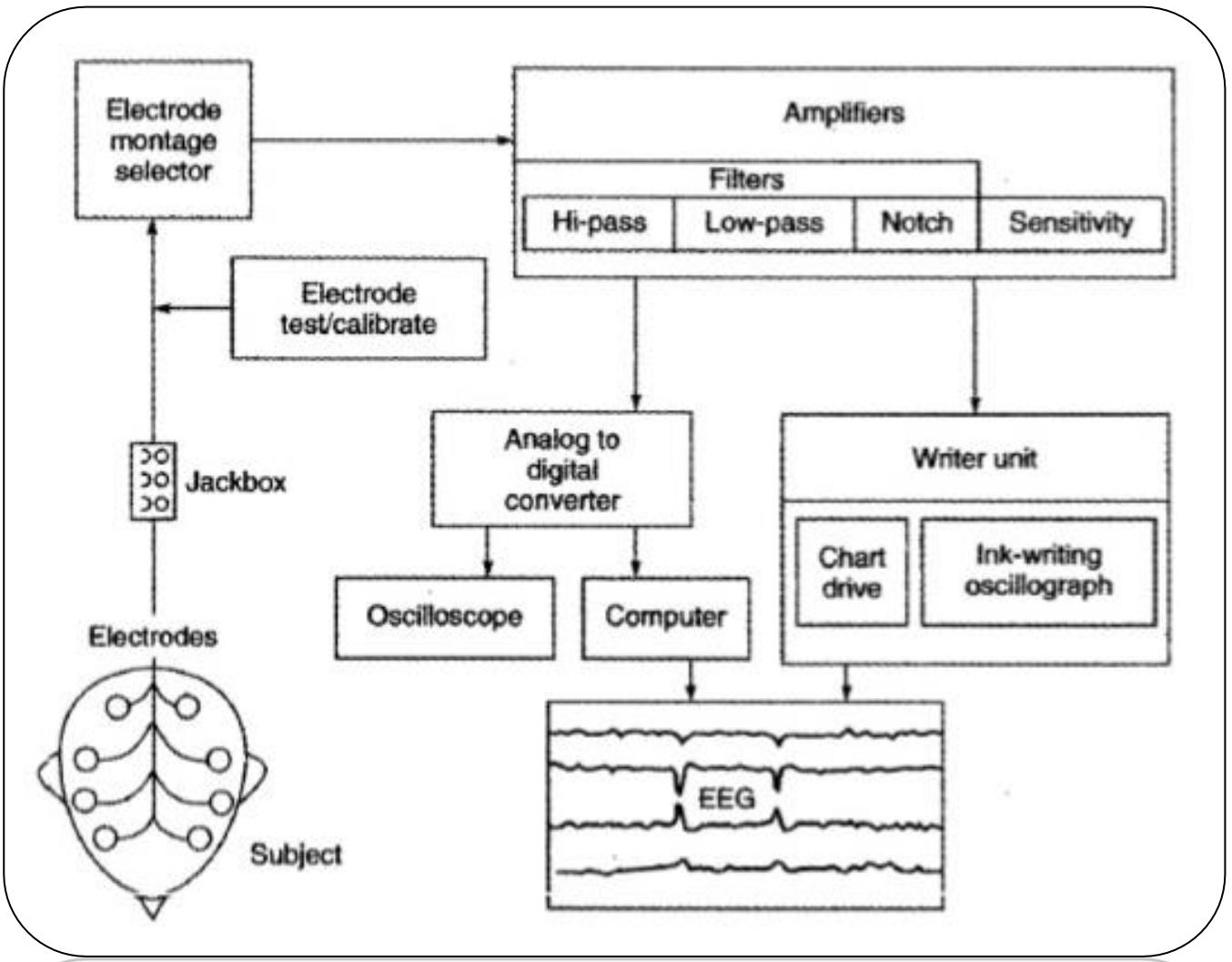


CONTEC kt88-3200
Digital EEG And Mapping
System



Equipo de EEG

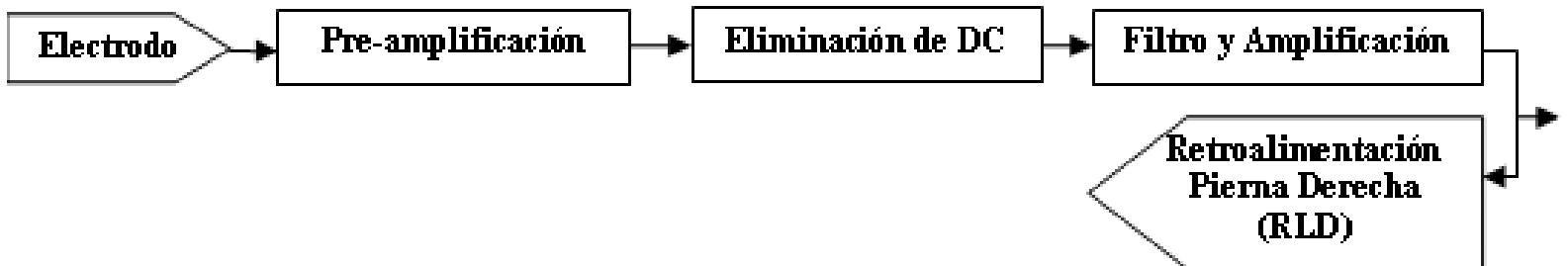
Diagrama de Bloques



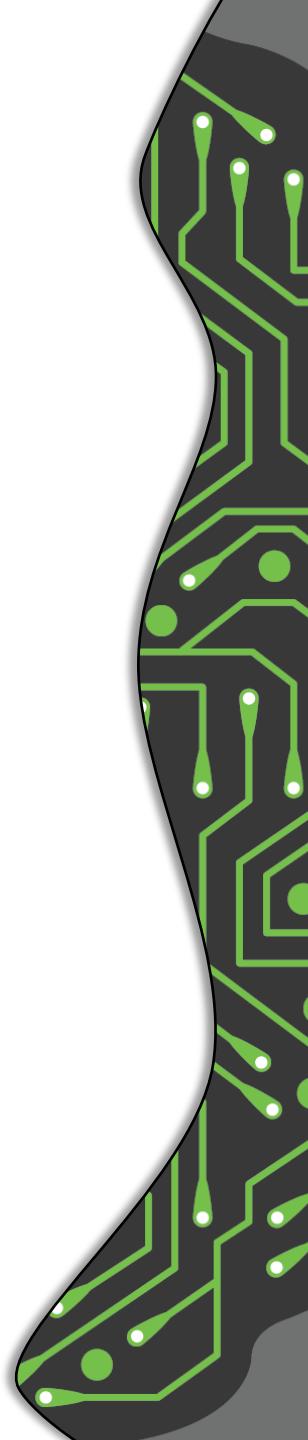
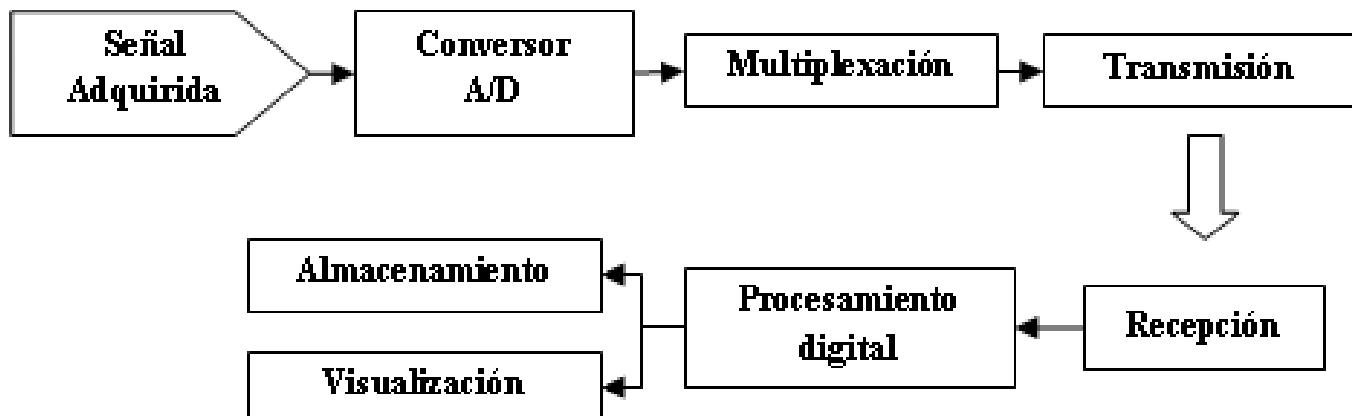
Equipo de EEG

Diagrama de Bloques

Sistema de adquisición



Sistema de transmisión y recepción



Equipo de EEG

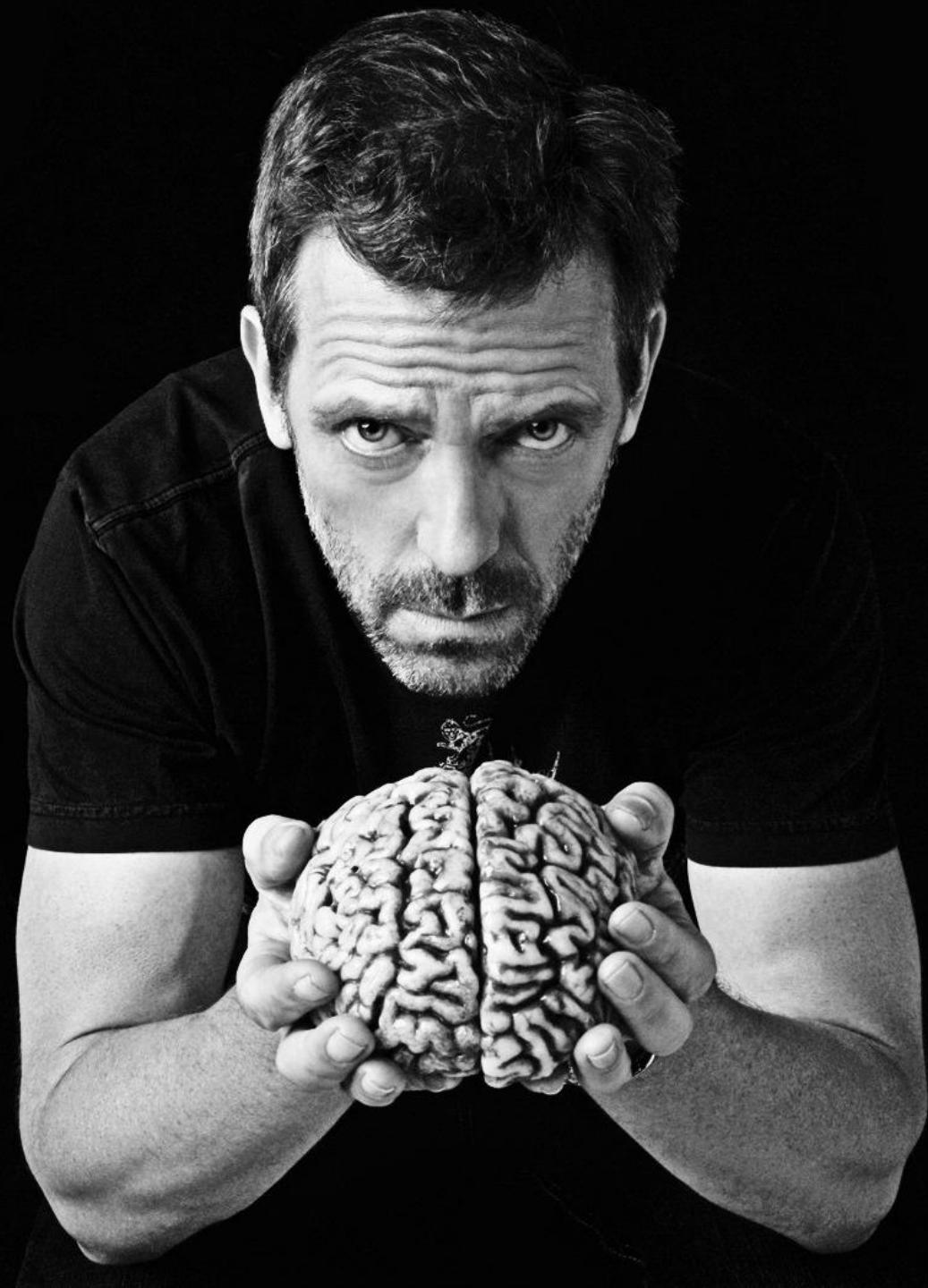
Características constructivas

Pre procesamiento

- **Filtro Notch** para remoción de ruido de línea.
- **Señal de Referencia:** Debe ser lo más estable posible. Si se utiliza conexión monopolar con referencia promedio, podría usarse la detección de canales malos para no utilizarlos. Referenciar a un solo punto puede ser un problema, ya que si se pierde la referencia, el EEG queda irreversiblemente contaminado.
- **Bad Channel Detection**
- Remoción de artefactos, internos (fuentes EM fisiológicas, corazón, ojos, músculos, etc) y externos (wifi, línea, movimiento de cables, etc).
- **Filtros**
- **Impresión de señal en papel o en pantalla digital**
- **Fuente de alimentación**



Aplicaciones





Aplicaciones Clínicas del EEG

En Epilepsia

El EEG ayuda a determinar el tipo de convulsión y el síndrome epiléptico y así seleccionar la mejor medicación y prognosis para el paciente.

Sirve para determinar si las convulsiones son focalizadas o generalizadas, si son idiopáticas (causa desconocida) o sintomáticos, etc.

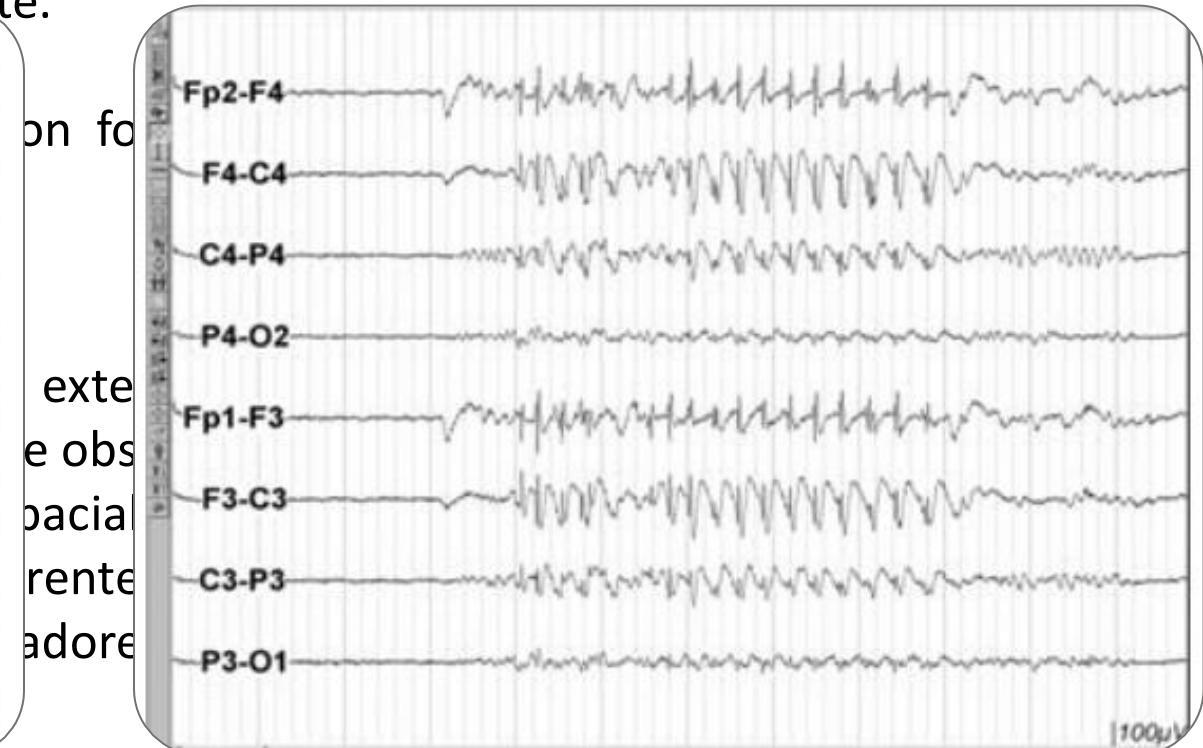
Aplicaciones específicas

- Detección de picos ataques: En registros extensos, pueden detectarse picos y/o ataques e indicar estos eventos, ahorrando tiempo de observación por el personal médico.
- Análisis de características temporales y espaciales de las variaciones de voltaje sobre el cuero cabelludo ante dos picos sobre zonas diferentes del cráneo y su posterior modelado, puede sugerir la localización cortical de los generadores, dirección de propagación, entre otras, de la zona generadora de ataques.

Aplicaciones Clínicas del EEG

En Epilepsia

El EEG ayuda a determinar el tipo de convulsión y el síndrome epiléptico y así seleccionar la mejor medicación y pronóstico para el paciente.



Aplicaciones Clínicas del EEG

Lesión cerebral – Traumatic Brain Injury (TBI)



Lesión producida sobre el cerebro luego de alguna fuerza externa aplicada sobre el cráneo de la persona puede llevarla a tener permanentes o temporales problemas cognitivos, físicos o psicosociales.

Un estudio de QEEG podría identificar, confirmar, medir y localizar la lesión sobre el cerebro. Estudios reportan cambios o reducción en amplitud de las ondas Alpha luego de la lesión, con aumentos en las ondas Delta, Gamma y Theta. También pueden verse ondas Sharp o descargas en alta frecuencia.

Tumores Cerebrales

Los tumores cerebrales aumenta la presión del certero, desplazando el tejido contra el cráneo, provocando daño en nervios y tejidos sanos. La presión intracranal afecta e interfiere con el normal funcionamiento cerebral, el cual resulta en actividad **eléctrica anormal** que puede ser registrada por el EEG.

Los tumores pueden traer como síntomas, lo siguiente:

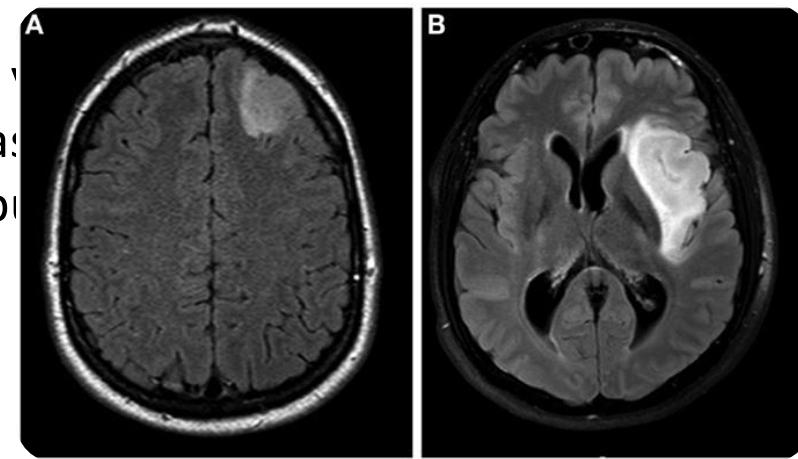
- Dolores de cabeza persistentes o convulsiones
- Deterioro progresivo de la visión, habla, audición, tacto o al intentar mover un brazo, pierna, pie, mano, etc.

Las anormalidades en el EEG dependerán del estadio del tumor cerebral.

Líneas del EEG

Jury (TBI)

una fuerza externa aplicada sobre el cráneo de la o temporales problemas cognitivos, físicos o

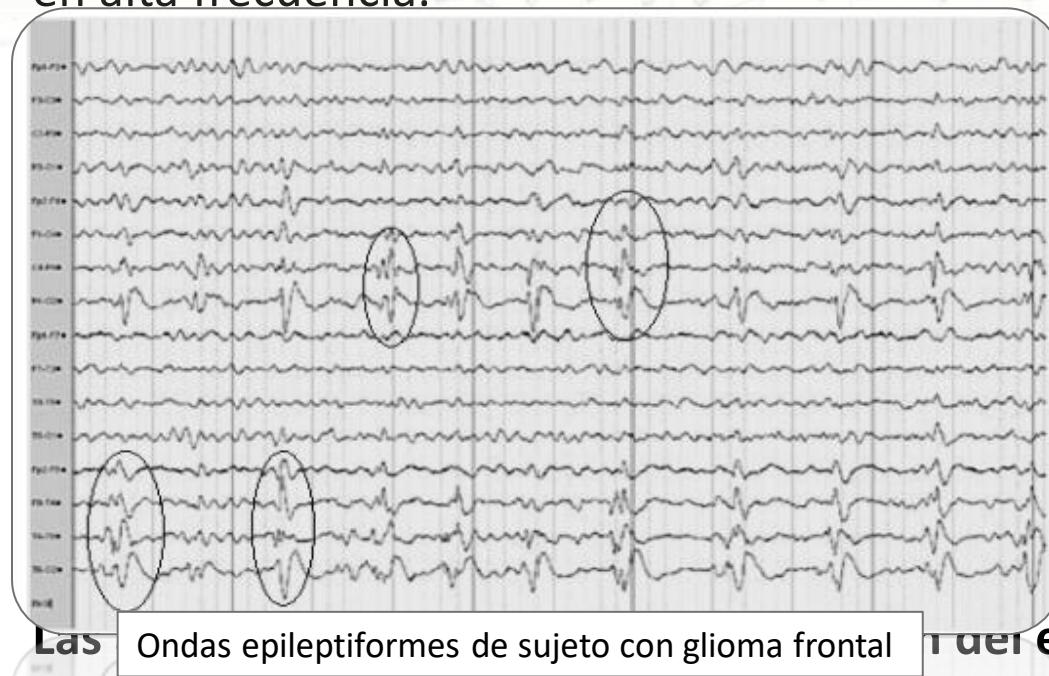


ero, desplazando el tejido contra el cráneo, provocando neural afecta e interfiere con el normal funcionamiento al que puede ser registrada por el EEG.

siguiente:

es

lición, tacto o al intentar mover un brazo, pierna,



Las Ondas epileptiformes de sujeto con glioma frontal

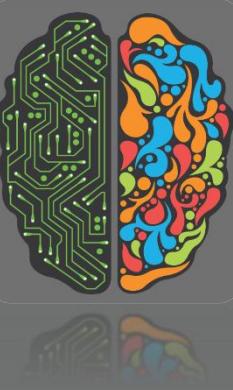
en el estadio del tumor cerebral.

Aplicaciones Clínicas del EEG

Interfaces Cerebro Computadora

Una Interfaz Cerebro Computadora (*Brain Computer Interface*) es un sistema de comunicación que no depende de las salidas normales del cerebro, tales como vías nerviosas periféricas y músculos





Bibliografía

- [1] *Anatomía y Fisiología del Cuerpo Humano* – Luis Roberto Barone
- [2] *An Introduction to the Event-Related Potential Technique, Second Edition* – Steven J. Luck
- [3] *NEURONS, ACTION POTENTIALS, AND SYNAPSES* – Simo S. Oja and Pirjo Saransaari – University of Tampere Medical School, Finland, and Tampere University Hospital, Finland.
- [4] Resting potential, action potential and electrical excitability. Measurement of membrane potential – Tibor G. Szántó – Medical and Health Science Center, University of Debrecen Department of Biophysics and Cell Biology
- [5] “*Design of a 32-Channel EEG System for BCI Applications*” – Ching-Sung Wangç – Department of Electronic Engineering, Oriental Institute of Technology, 58, Section 2, Szechwan Road, Banciao, New Taipei 220, Taiwan
- [6] Sinapsis Química – https://www.youtube.com/watch?v=g291rK3NEws&ab_channel=NoeliaValle