



ΨUX
Psic



Sistemas inteligentes para aplicaciones basadas en interfaces cerebro- computadora: retos y soluciones actuales

Grupo de Procesamiento de Señales e Inteligencia
Computacional (PSIC)
INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y
ELECTRÓNICA
Dra. Ma. Del Pilar Gómez Gil

V: 2016-10-12

Esta presentación está disponible en:

<http://ccc.inaoep.mx/~pgomez/conferences/PggELE16.pdf>

Contenido

- ▶ Un poco sobre nosotros...
- ▶ ¿Qué es BCI?
- ▶ Inteligencia computacional y procesamiento de señales para BCI
- ▶ Algunos de nuestros trabajos en BCI
- ▶ Conclusiones y perspectivas

INAOE

Ubicación de los Centros de Investigación Conacyt



<http://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/centros-de-investigacion-conacyt>

INAOE



- ▶ Es un centro público de **investigación** localizado en Tonantzintla, Puebla México .
- ▶ Su **misión** es contribuir a la generación, avance y difusión del conocimiento para el desarrollo del país y de la humanidad.
- ▶ Identifica y busca la solución de **problemas científicos y tecnológicos**
- ▶ Participa en la formación de **especialistas** en las áreas de Astrofísica, Óptica, Electrónica, **Ciencias Computacionales** y áreas afines.

Página principal INAOE

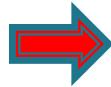
<http://www.inaoep.mx/>

The screenshot shows the INAOE website homepage in a browser window. The browser's address bar displays www.inaoep.mx. The website header includes the INAOE logo, the text "INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA", the domain "inaoe.edu.mx", and the CONACYT logo. A navigation menu lists: Astrofísica, Ciencias Computacionales, Electrónica, Óptica, Posgrados, Misión y Visión, Historia, Ubicación, Datos, and Transparencia. The main content area features a large image of a woman with the caption "Anuncian el 8º Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial". To the right is a "NOTICIAS" section with three news items: "Anuncian el 8º Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial", "En junio, Congreso de Tecnología aplicada a Ciencias de la Salud", and "Ulises 1, el primer nanosatélite mexicano, listo para su lanzamiento". Below the main image are three columns: "PROYECTOS" (listing "Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano", "Visitas al Volcán Sierra Negra...", "CRECTEALC", "Centro Regional de Enseñanza de Ciencia y Tecnología del Espacio para América Latina y el Caribe", and "Laboratorio de Innovación en MEMS"); "INAOE" (listing "Visitas al INAOE", "Divulgación Científica para Niños y Jóvenes", "La Astronomía al Servicio de la Sociedad", "Dirección de Desarrollo Tecnológico", "Oficina de Transferencia de Tecnología y Conocimiento (Ventanilla Única)", "Biblioteca", and "Programa Anual de Adquisiciones, Servicios y Obra Pública"); and "EVENTOS" (listing "8º Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial (COMIA 2016)", "International 360° Summit on Applications for Future Internet", "VII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud", and "Eventos Astronómicos"). The browser's taskbar at the bottom shows the Windows logo, several application icons, and the system tray with the date and time "03:48 p. m. 10/03/2016".

La Coordinación en Ciencias Computacionales (CCC)

- ▶ Cuenta con 23 investigadores de tiempo completo
- ▶ Cuenta con una maestría y un doctorado en ciencias de la computación, reconocidos por Conacyt como programas de calidad (Programa Nacional de Posgrado de Calidad, PNPC)
- ▶ Además participan activamente residentes de licenciatura haciendo prácticas, visitantes, post-doctorados y asistentes de investigación

Algunos de nosotros...



(C) INAOE, P. Gómez-Gil 2016
pgomez@inaoep.mx

Página principal de la CCC

<http://ccc.inaoep.mx/>

[Inicio](#) | [Directorio](#) | [Contacto](#) | [Mapa del Sitio](#) | [RSS](#) | [English](#) | [Versión Móvil](#)



INSTITUTO
NACIONAL DE
ASTROFÍSICA,
ÓPTICA Y
ELECTRÓNICA

inaoe.edu.mx



[Astrofísica](#) [Ciencias Computacionales](#) [Electrónica](#) [Óptica](#) [Posgrados](#) [Misión y Visión](#) [Historia](#) [Ubicación](#) [Transparencia](#)

INAOE | CIENCIAS COMPUTACIONALES

Asignar puntaje: ★★★★★ Imprimir Enviar a un amigo

CIENCIAS COMPUTACIONALES



 *Coordinación de
Ciencias Computacionales*

Bienvenidos a la página de la Coordinación de Ciencias Computacionales (CCC) del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).

CIENCIAS COMPUTACIONALES

- ▶ [DIRECTORIO DE INVESTIGADORES Y PERSONAL](#)
- ▶ [LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN](#)
- ▶ [PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN](#)
- ▶ [LABORATORIOS](#)
- ▶ [POSGRADO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES](#)
- ▶ [DIRECTORIO DE ESTUDIANTES](#)
- ▶ [PUBLICACIONES](#)

MULTIMEDIA

- ▶ [GALERIA DE FOTOS](#)

NOTICIAS

Laboratorios / líneas de investigación

1. **Aprendizaje y Reconocimiento de Patrones**
2. **Cómputo y Procesamiento Ubicuo**
3. **Cómputo Reconfigurable y de Alto Desempeño**
4. **Procesamiento de Bio–Señales y Computación Médica**
5. **Robótica**
6. **Tecnologías de Lenguaje**
7. **Visión Computacional**

Página de las líneas de investigación de la CCC

<http://ccc.inaoep.mx/grupos>

[Inicio](#) | [Directorio](#) | [Contacto](#) | [Mapa del Sitio](#) | [RSS](#) | [English](#) | [Versión Móvil](#)



INSTITUTO
NACIONAL DE
ASTROFÍSICA,
ÓPTICA Y
ELECTRÓNICA

inaoe.edu.mx



[Astrofísica](#) [Ciencias Computacionales](#) [Electrónica](#) [Óptica](#) [Posgrados](#) [Misión y Visión](#) [Historia](#) [Ubicación](#) [Transparencia](#)

INAOE | CIENCIAS COMPUTACIONALES | **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

Asignar puntaje: ★★★★★ Imprimir Enviar a un amigo

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- [Aprendizaje Computacional y Reconocimiento de Patrones](#)
- [Cómputo Reconfigurable y de Alto Rendimiento](#)
- [Cómputo y Procesamiento Ubicuo](#)
- [Procesamiento de Bioseñales y Computación Médica](#)
- [Robótica](#)
- [Tecnologías del Lenguaje](#)
- [Visión por Computadora](#)

Facebook

Twitter

Gmail

StumbleUpon

Tumblr

Pinterest

Google

Más... (290)

Ingresar

AddThis

Privacidad

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- ▶ APRENDIZAJE COMPUTACIONAL Y RECONOCIMIENTO DE PATRONES
- ▶ CÓMPUTO RECONFIGURABLE Y DE ALTO RENDIMIENTO
- ▶ CÓMPUTO Y PROCESAMIENTO UBICUO
- ▶ PROCESAMIENTO DE BIOSEÑALES Y COMPUTACIÓN MÉDICA
- ▶ ROBÓTICA
- ▶ LABTL
- ▶ VISIÓN POR COMPUTADORA

MULTIMEDIA

- ▶ GALERIA DE FOTOS

Laboratorio de Bio-señales

<https://ccc.inaoep.mx/~bio/>



Biosignal Processing and Medical
Computing Lab

Rooms 8215 and 8214
[Dept. of Computational
Sciences
INAOE](#)

[Home](#)

[People](#)

[Research](#)

[Publications](#)

[Facilities](#)

[Site Map](#)

Page created: 27-Jan-2016; Last modified: 13-Mar-2016

Research

The application of computational techniques to the field of biomedicine has a strong impact on the understanding of the physico-biological and physico-medical principles underlying different phenomena and conditions. These techniques facilitate the automation of the processing process to support medical decision taking, as well as pattern recognition and detection of

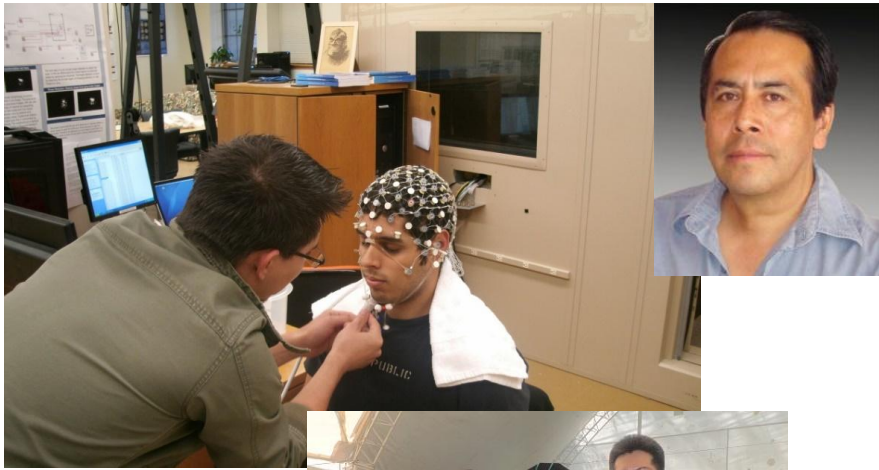
Contents

[Goals](#)

[Research Lines](#)



[Español](#)



ΨUX



Nuestro grupo PSIC...



El grupo PSIC (1 / 2)

ΨΥΧ

- ▶ Está integrado con estudiantes e investigadores de Ciencias de la computación e Ingeniería electrónica del INAOE y otras universidades: UDLAP y Univ. autónoma de Tlaxcala

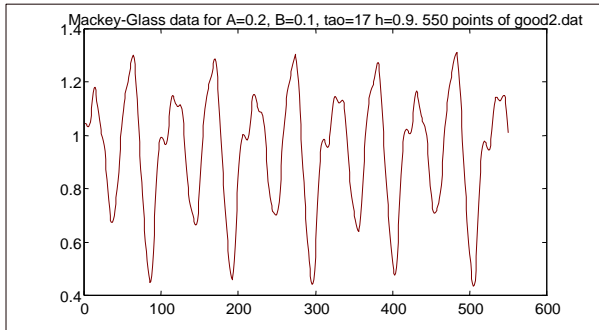
PSIC group (2/2)

- ▶ Investigadores (en orden alfabético)
 - Dr. Vicente Alarcón Aquino– UDLAP
 - Dr. Israel Cruz Vega– Catedrático Conacyt –INAOE
 - Dr. Edgar García–Treviño – emprendedor
 - Dra. María del Pilar Gómez Gil–INAOE
 - Dr. Ever Juárez Guerra – Univ. Autónoma de Tlax.
 - Dra. Haydé Peregrina Barrerto – INAOEP
 - Dr. Juan Manuel Ramírez Cortés– INAOE
 - Dr. José Rangel Magdaleno – INAOE

Areas de Conocimiento

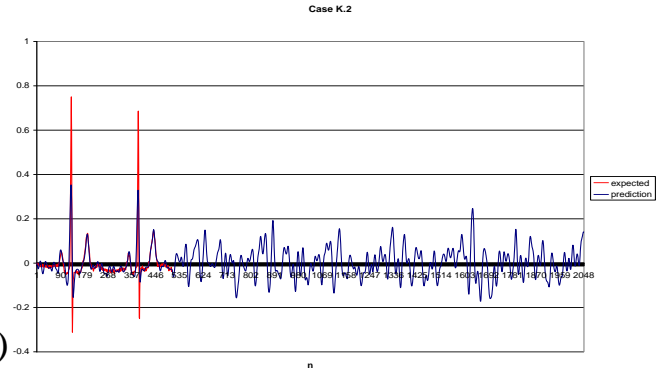
- ▶ Inteligencia Computacional (Redes Neuronales Artificiales, Lógica Difusa, Algoritmos Evolutivos) y aprendizaje de máquina – para clasificación y predicción.
- ▶ Procesamiento de señales – para extracción de características

Señales no estacionarias

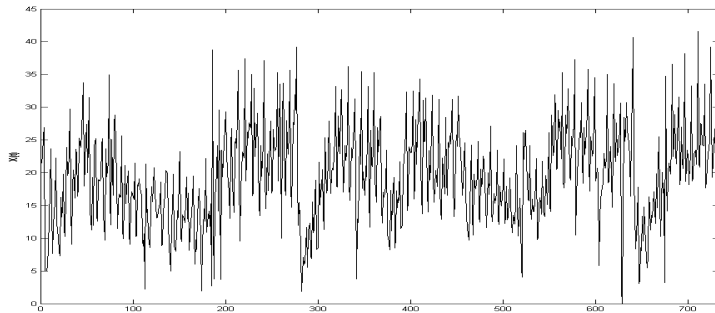


Mackey-Glass time series (Glass 1977)

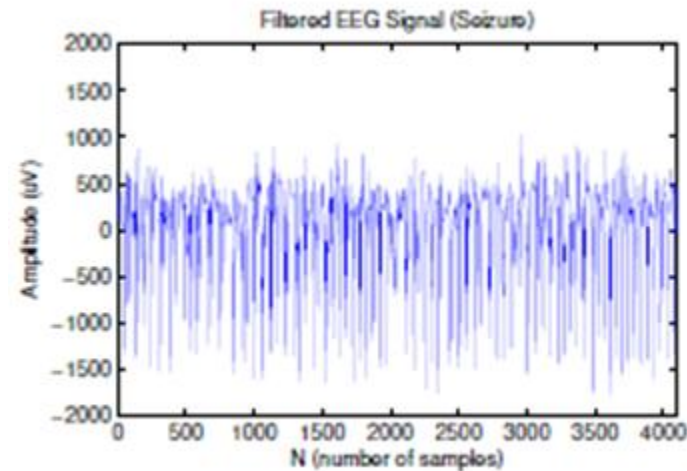
$$\frac{dx(t)}{dt} = \frac{ax(t-\tau)}{1+x^{10}(t-\tau)} - bx(t)$$



Long-term prediction of an ECG (Gomez-Gil et al., 2011)



ATM withdraws (NN5-001) (Crone 2010)



EEG of an ictal state (Juarez-Guerra, 2014)

Características de los proyectos que tenemos

RETOS	AREAS DEL CONOCIMIENTO	AREAS DE APLICACIÓN
<p>Con respecto a DATOS:</p> <ul style="list-style-type: none">• ruidosos• clases sobrepuestas• muy pocos• difíciles de caracterizar• etc...	<ul style="list-style-type: none">• Clasificación estática• Clasificación temporal• Predicción• Teoría de RNA• Regresión• Aprendizaje profundo (<i>Deep learning</i>)	<ul style="list-style-type: none">• Interfaces cerebro-computadora (<i>BCI</i>)• Biométrica• Diagnóstico médico• Economía y Finanzas• Astrofísica• Reconocimiento de escritura

Los proyectos vigentes giran alrededor de:

1. Predicción de series de tiempo
2. Reconocimiento de escritura manuscrita
3. Extracción de características y clasificación de señales cerebrales
4. Biométrica
5. Segmentación de imágenes médicas 3D
6. **BCI**



¿Qué es BCI?

¿Conocen la serie de TV “Star Trek”?

Una vez, el capitán Pike tiene un terrible accidente, y queda confinado a una silla de ruedas (1966)?



Pike podía comunicarse con otros solamente a través de señales



BCI era “ciencia ficción”
en aquella época!!! (hace
50 años)

¿Qué es una Interfaz cerebro-computadora (BCI)? (Grimann et al. 2010)

- ▶ BCI es un sistema artificial, que se “salta” los canales eferentes del cuerpo humano.
- ▶ “Eferente” se refiere a un impulso que va del sistema nervioso central a los músculos.
- ▶ Una BCI mide la actividad asociada a una intención del usuario, y la traslada a comandos de control.
- ▶ Para funcionar adecuadamente, esta “traslación” requiere tareas de procesamiento de señales y reconocimiento de patrones avanzadas.

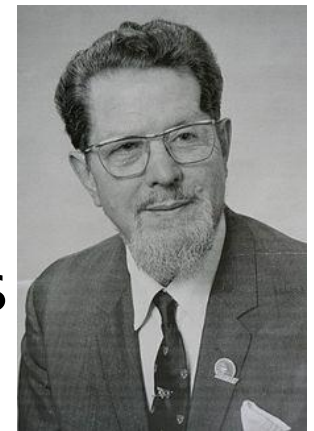
Actualmente...



Eventos importantes

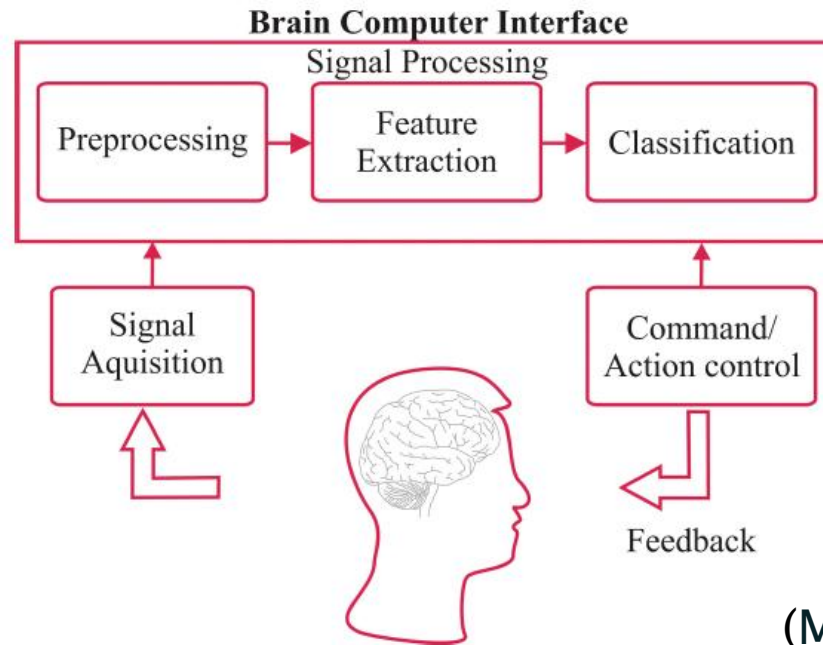
(Graimann et al. 2010)

- ▶ 1929 – Hans Heber grabó las primeras señales externas obtenidas del cuero cabelludo (invención del electro-encefalograma)
- ▶ 1964 – Gray Walter consiguió que un paciente “encendiera” un proyector durante una operación de cirugía a cerebro abierto – la primera BCI!
- ▶ 2000’s – había sólo 2 laboratorios de investigación enfocados en BCI
- ▶ 2010 – al menos 100 laboratorios estaban enfocados en BCI
- ▶ Actualmente hay cientos de aplicaciones



Gray Walter, Wikipedia

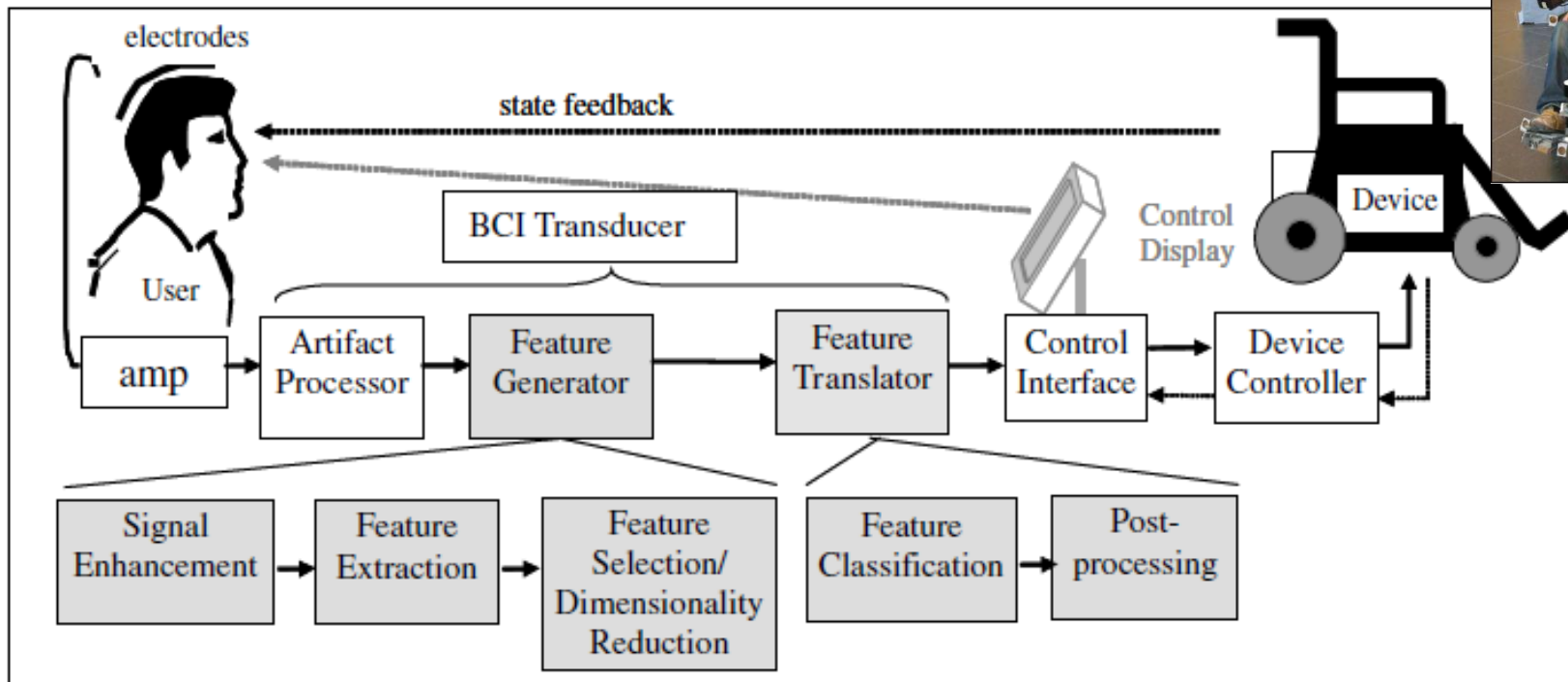
Interfaces Cerebro-computadora (BCI)



(Morales Flores et al. 2014)

Figure 1: General scheme of a BCI

Un ejemplo de BCI: control de sillas de ruedas



[D'croz Barón 2010]

Principales características

- ▶ Implican una obtención de información directa del cerebro, ya sea de forma invasiva o no invasiva.
- ▶ Hay una gran cantidad de retro-alimentación de los usuarios.
- ▶ Se hace en tiempo real.
- ▶ Los usuarios tienen un control intencional de las actividades que ejecutan.
- ▶ Algunos consideran a BCI una “prótesis neuronal”. Otras clases de prótesis de este tipo son los implantes de retina, estimuladores del oído, controladores de vejiga etc.
- ▶ También se conocen como interfaces cerebro-máquina (BMI) o interfaces cerebrales directas (DBI).

BCI no es “leer la mente” 😊

Un mensaje popular en:

facebook

!!!WARNING!!!

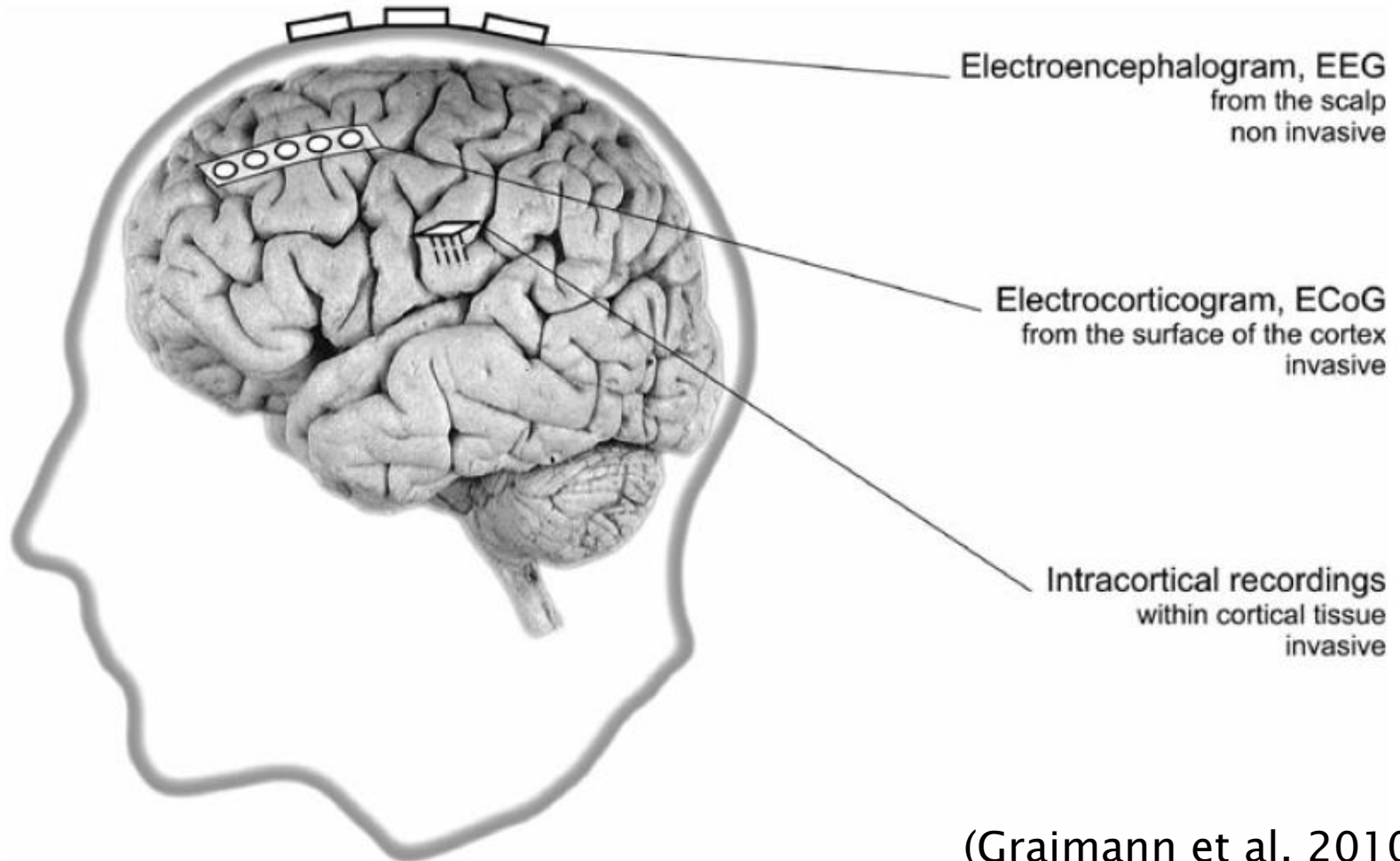
Facebook is planning to start scanning your brain for private information through your computer monitor. To stop this from happening, go to Kitchen → Cabinets → Upper Right Drawer → then REMOVE the box that says ‘Aluminum Foil’.

Then wrap all foil around your head.

Share this to warn all your friends!



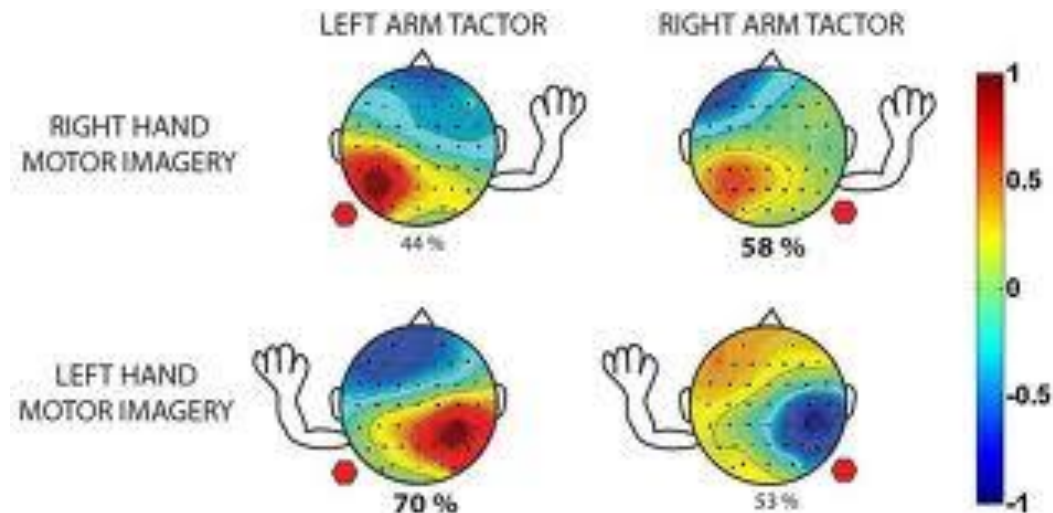
Detección de la actividad cerebral



(Graumann et al. 2010)

Estrategias de BCI

- ▶ BCI puede detectar y clasificar señales cerebrales, que pueden o no estar asociadas a eventos específicos del cerebro.
- ▶ Para producir tales señales, los usuarios siguen una “estrategia mental”; las mas comunes son:
 - Atención selectiva
 - Imaginación motora



Algunos ejemplos

- ▶ Controlando un globo con la mente (sep. 2015):

<http://spectrum.ieee.org/geek-life/hands-on/openbci-control-an-air-shark-with-your-mind>

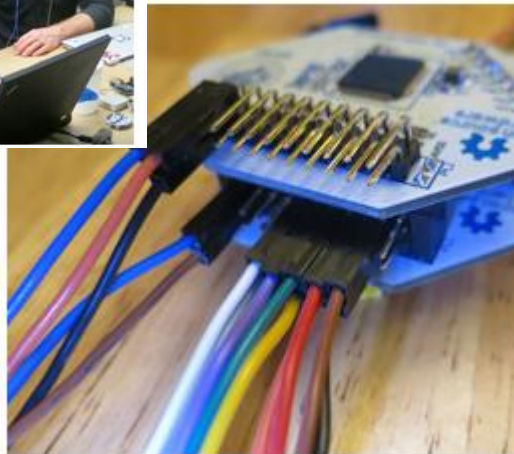
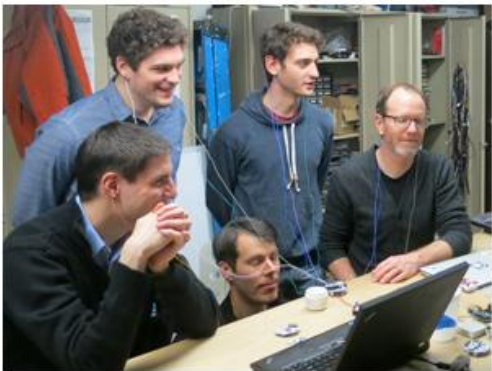
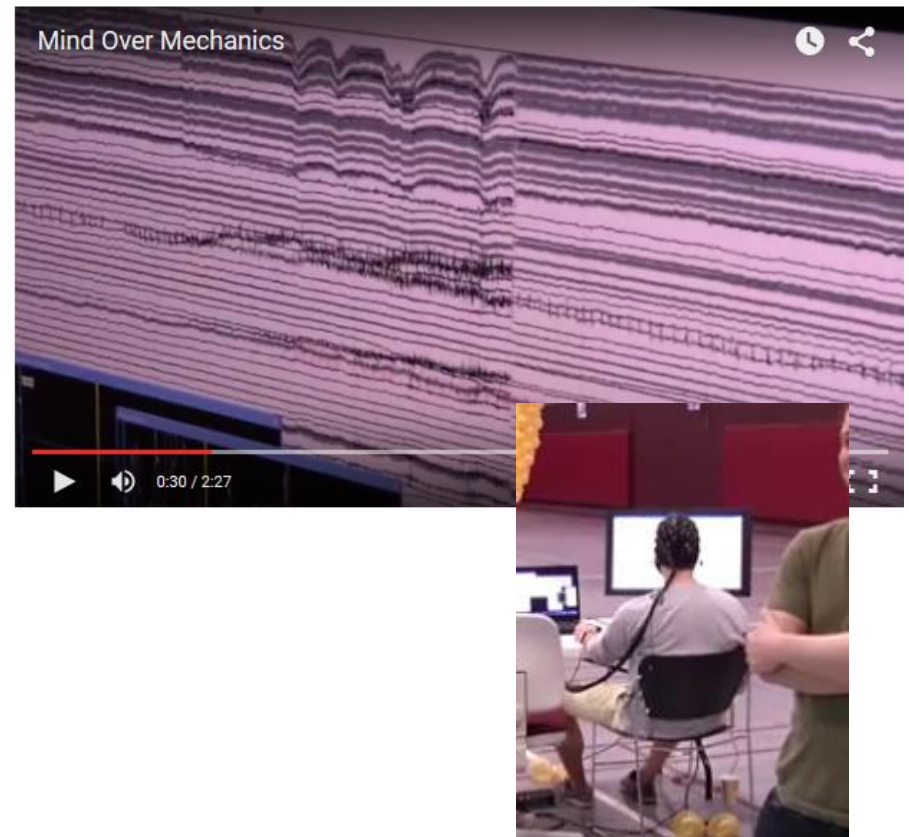
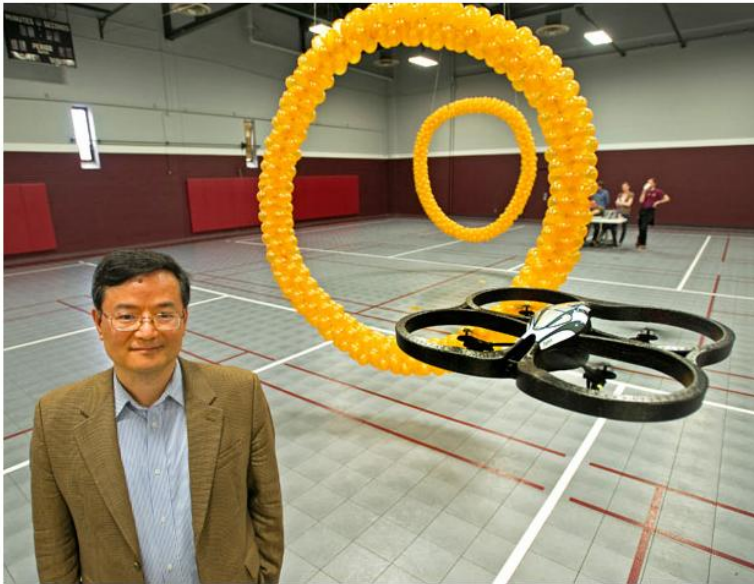


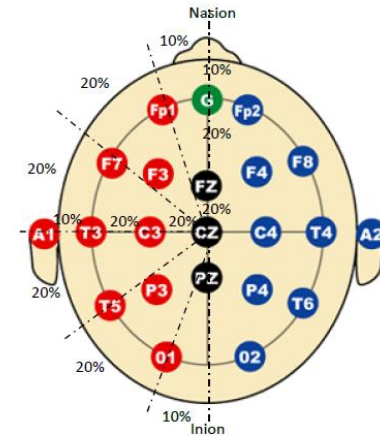
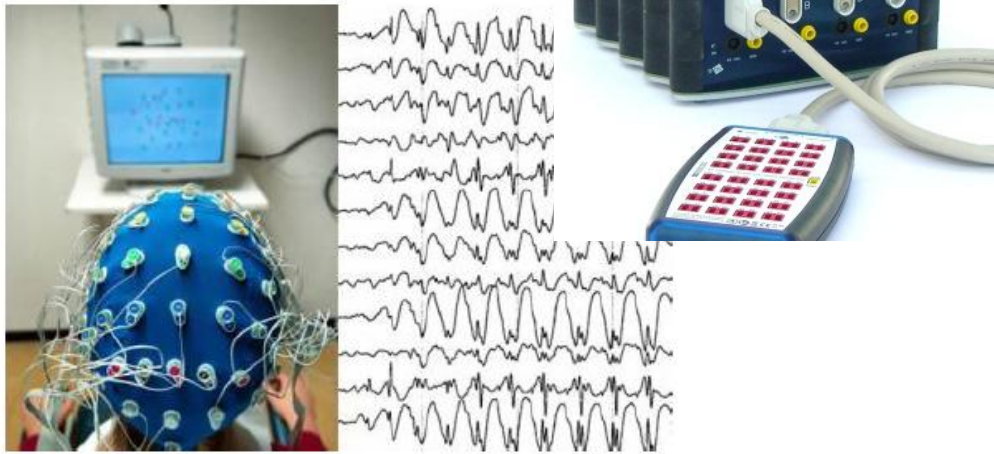
Photo: David Yellen

Volando drones con la mente

- ▶ <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/biomedical/bionics/flying-quadrotors-with-your-mind>

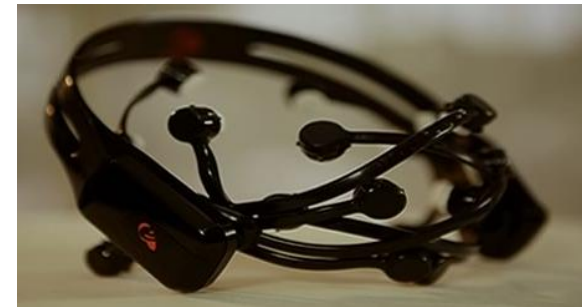


Sensado de señales EEG



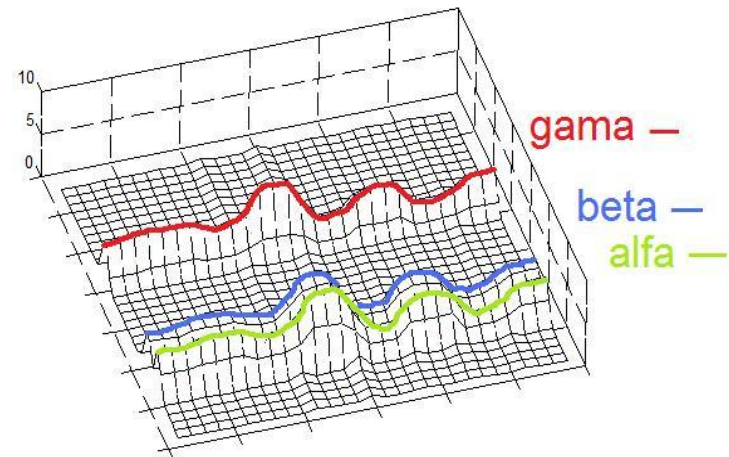
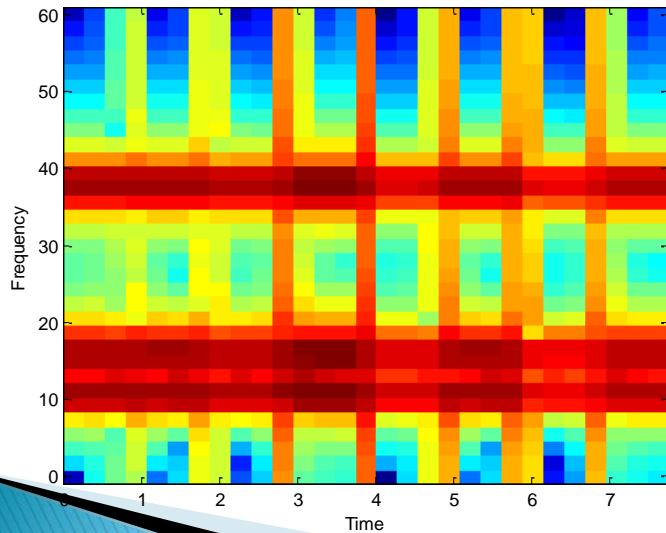
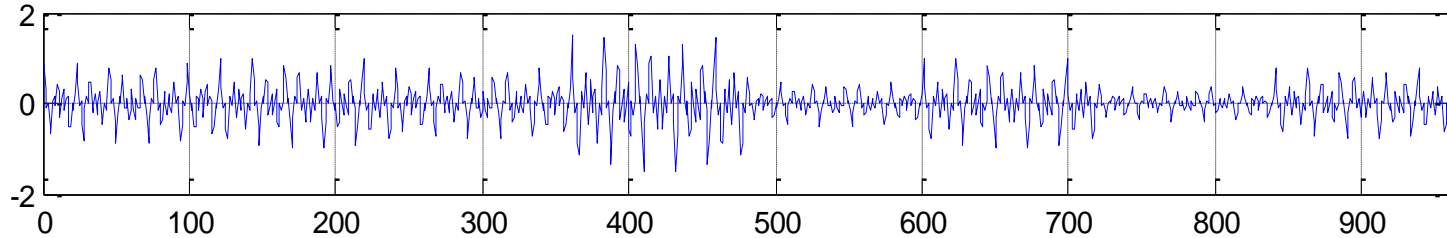
10-20 sistema de colocación de Electrodos (imagen tomada de Juárez-Guerra, 2012)

Amplificador-EEG G.Hlamp
<http://www.gtec.at>



Diademas EMOTIV-EPOC
<https://emotiv.com/support.php>

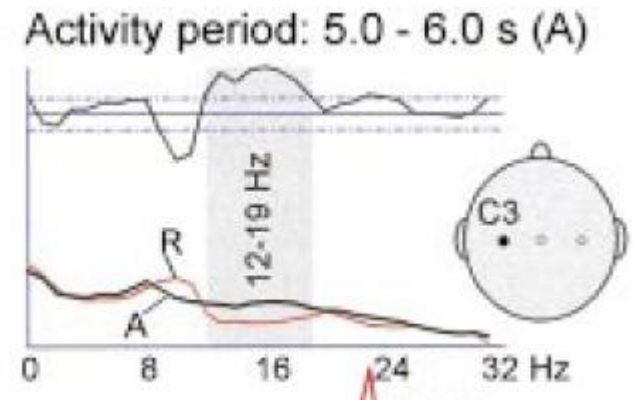
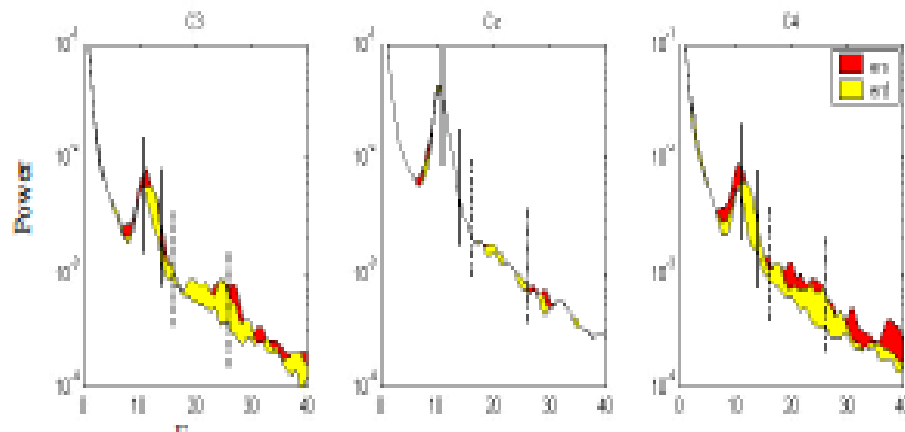
El gran problema: extraer características (1 / 2)



El gran problema: extraer características (2/2)

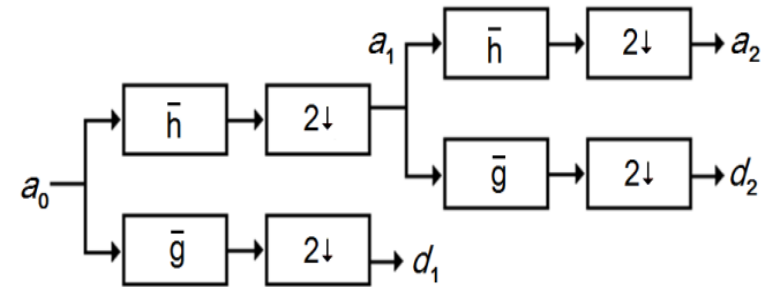
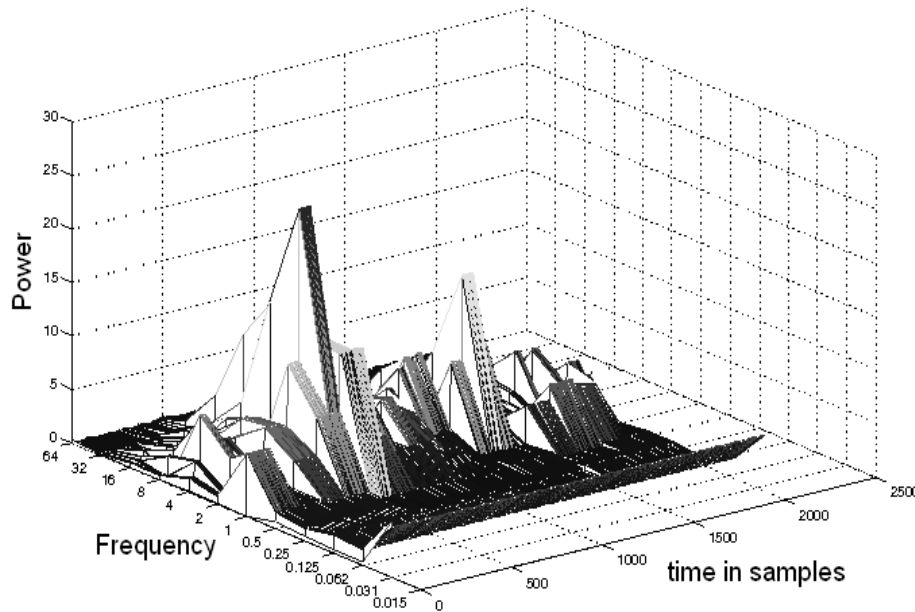
Ejemplo: Filtros pasa-bandas reactivos

Algunos estudios han encontrado que para algunas personas, su banda reactiva está entre los 9 y 13 Hz, pero esto puede ser diferente para diferentes personas



Ejemplo de técnicas de extracción: transformada discreta wavelet

$$W(j,k) = \sum_j \sum_k f(x) 2^{-j/2} \psi(2^{-j} x - k)$$



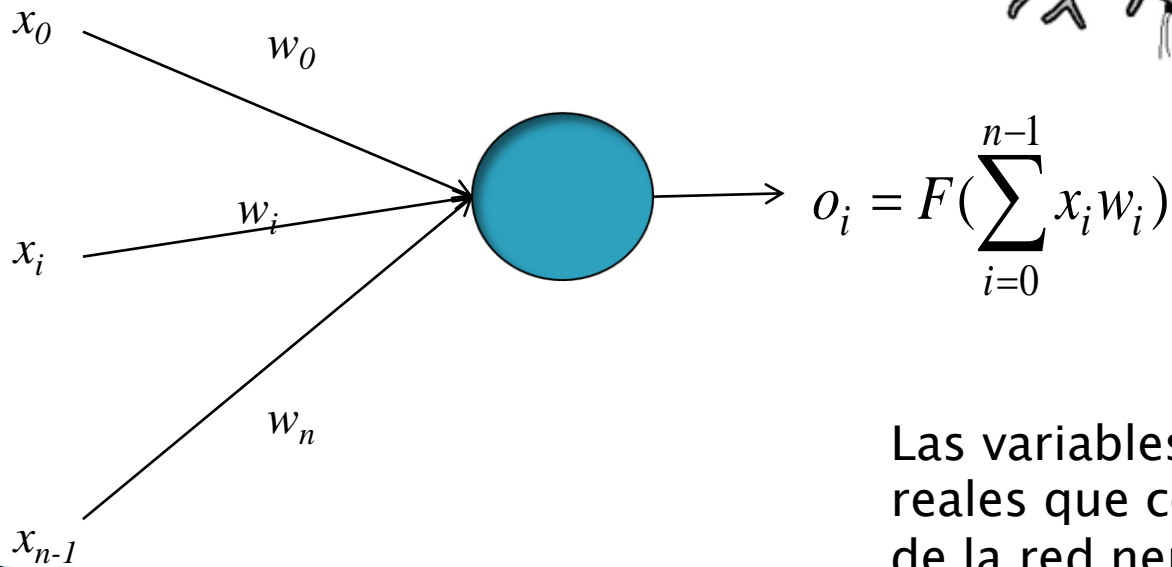
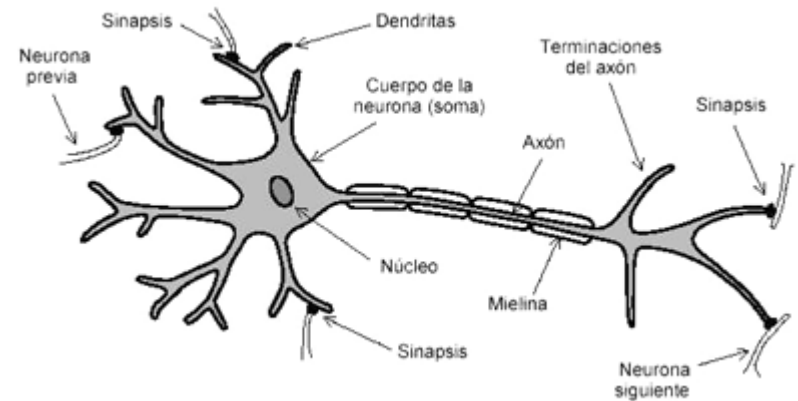
Wavelet : Daubechies 4



Algunos proyectos de BCI en PSIC-INAOE...

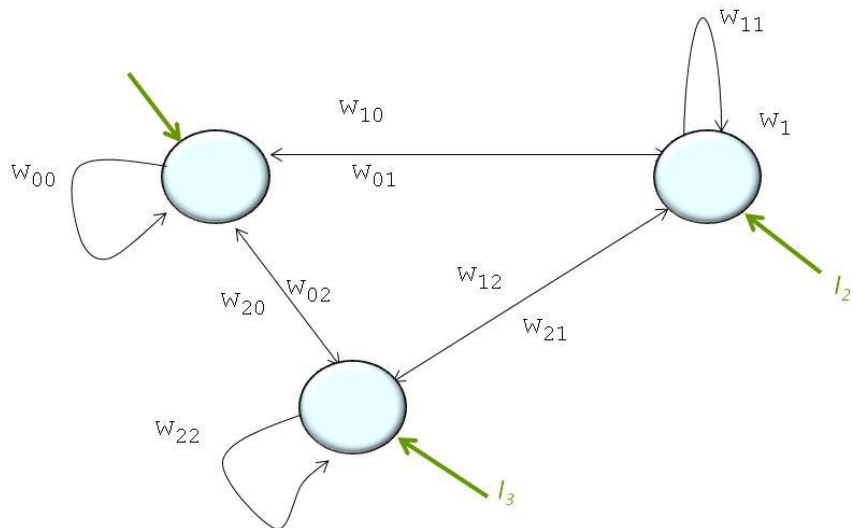
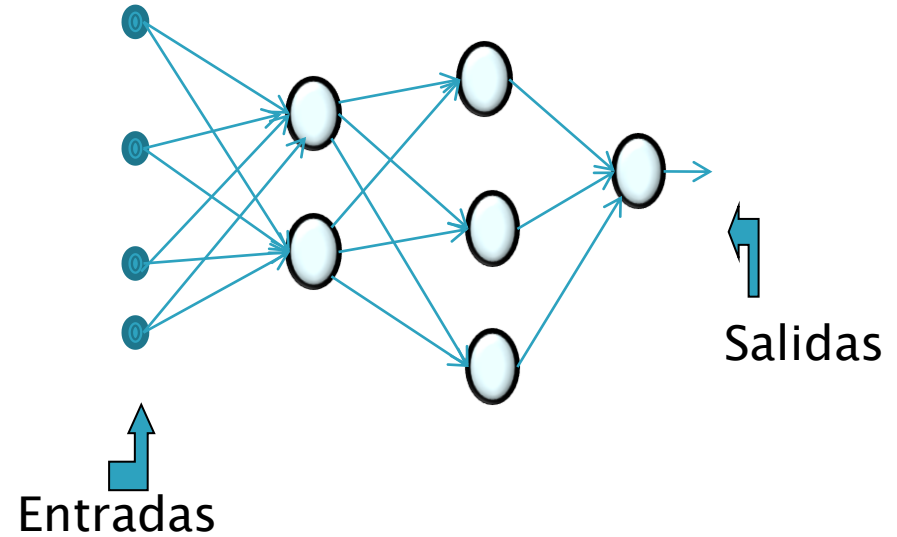
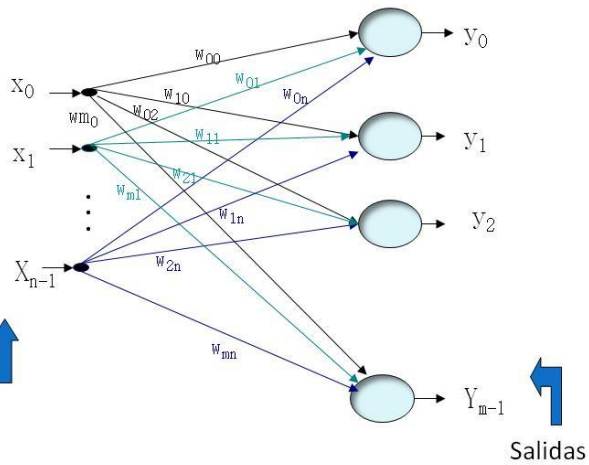


Redes neuronales artificiales – componente básico



Las variables w_i son valores reales que contienen el conocimiento de la red neuronal

La conexión entre neuronas forma las RNA



Su topología puede ser bastante sofisticada...

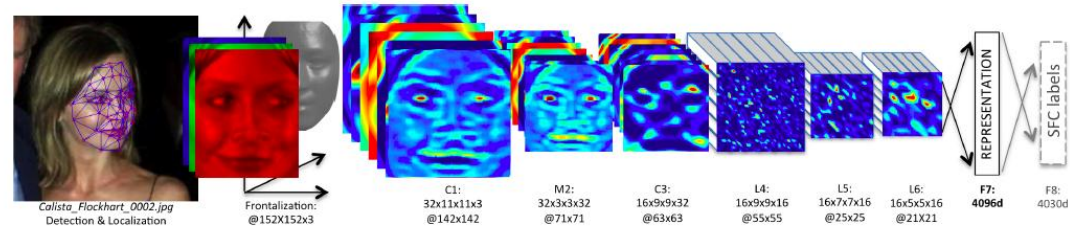
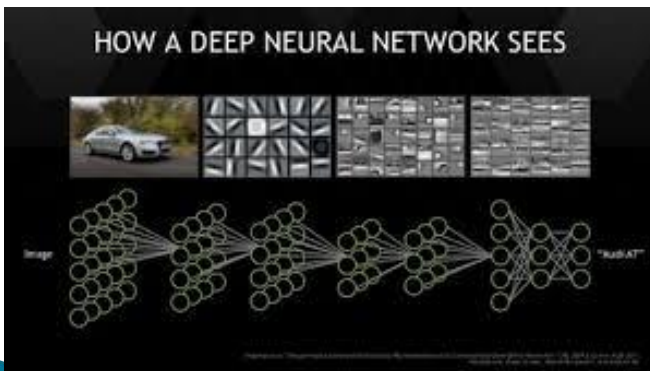
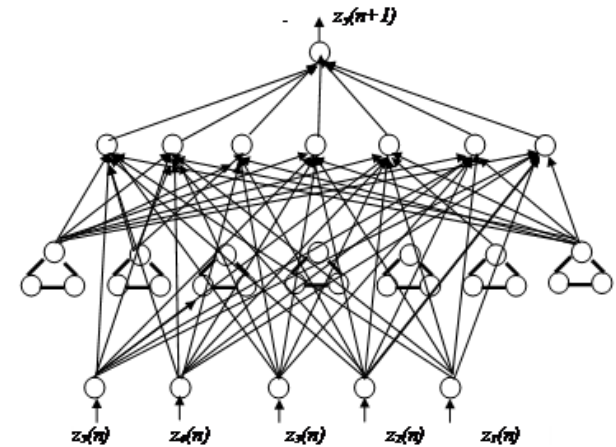
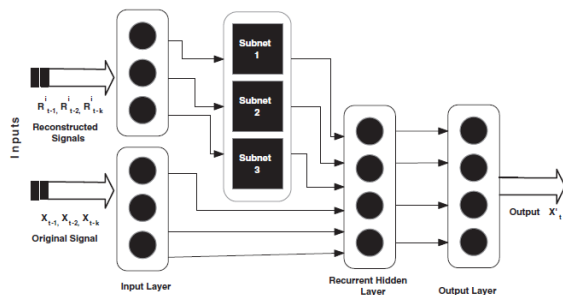


Figure 2. Outline of the **DeepFace** architecture. A front-end of a single convolution-pooling-convolution filtering on the rectified input, followed by three locally-connected layers and two fully-connected layers. Colors illustrate outputs for each layer. The net includes more than 120 million parameters, where more than 95% come from the local and fully connected layers.

Control de un robot usando BCI.



(Lopez-Espejel, 2015)

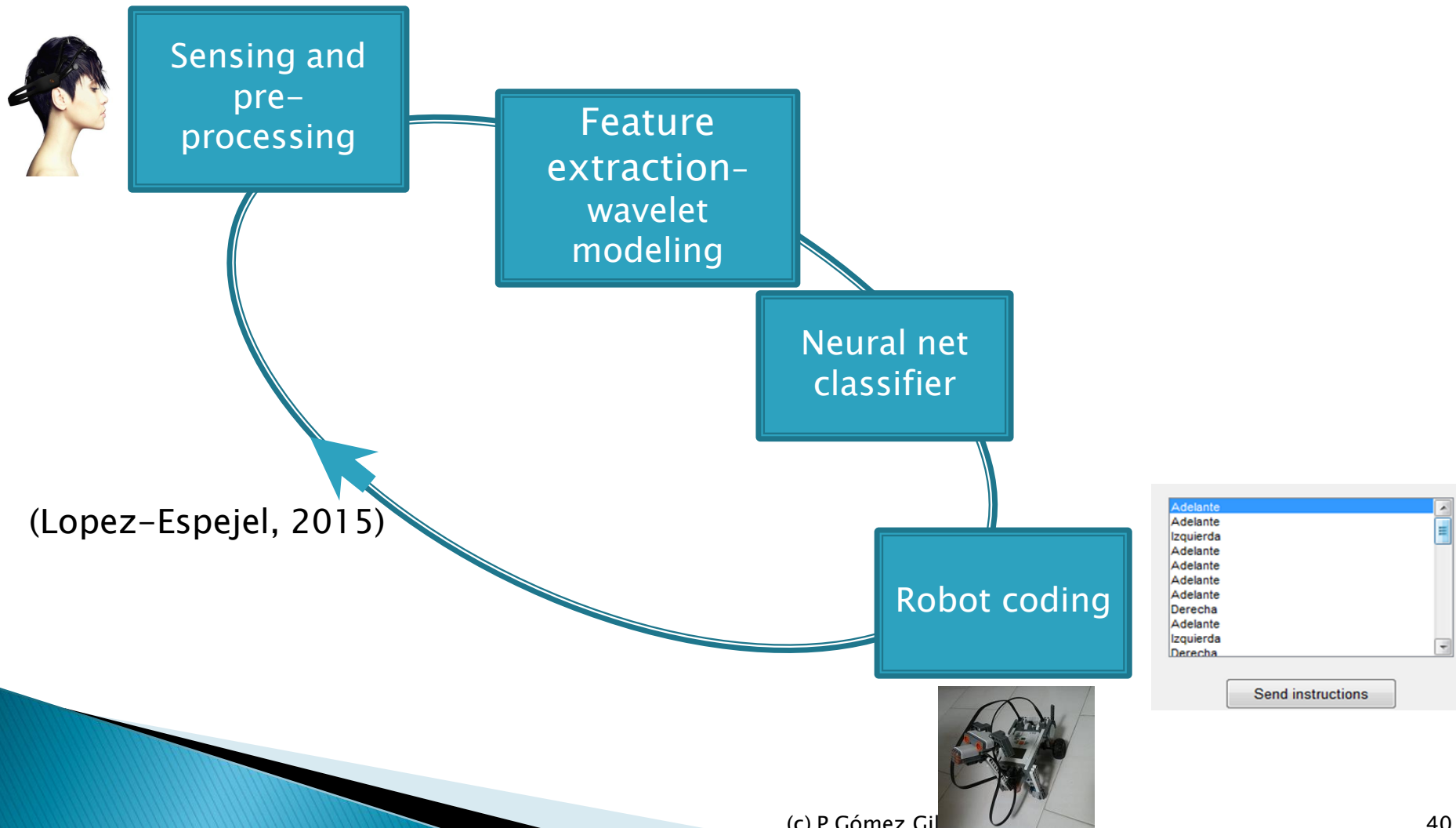


Commands:

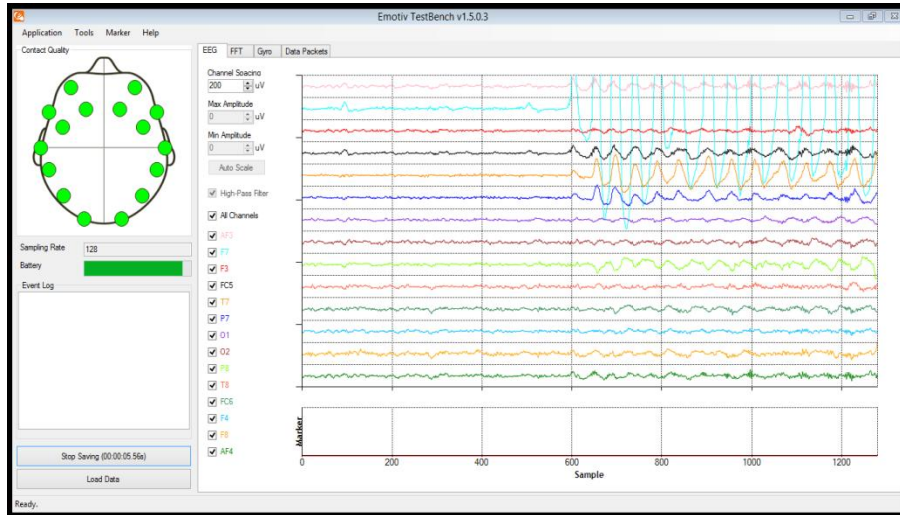
- 1) Left
- 2) Right
- 3) Shift



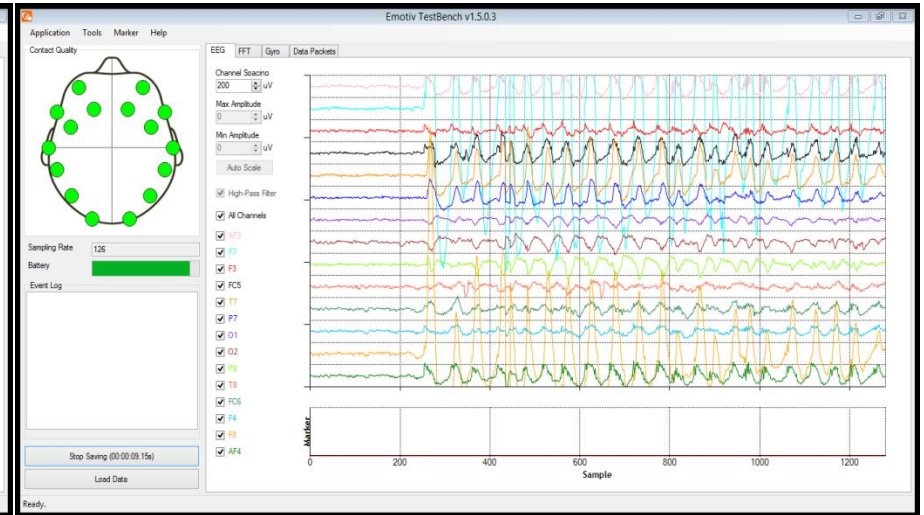
Blinky: un identificador de comandos



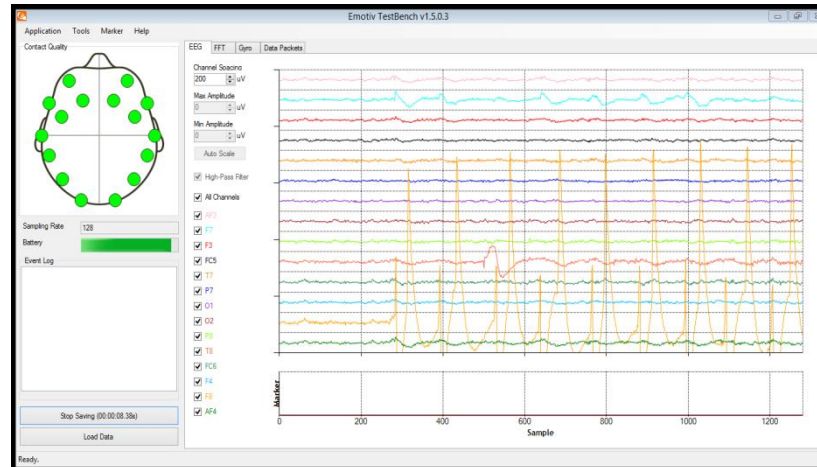
EEG durante el parpadeo de ojos



Ojo izquierdo

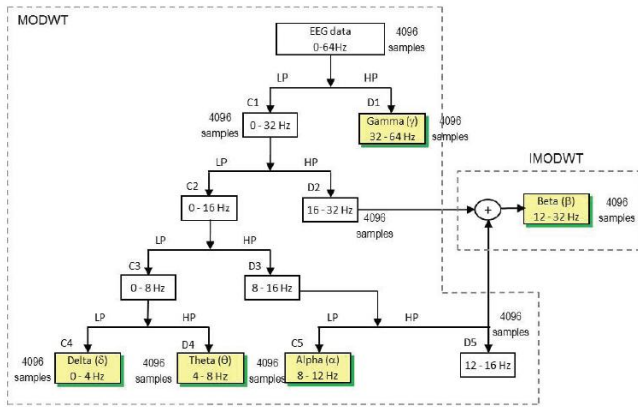


Ambos ojos.



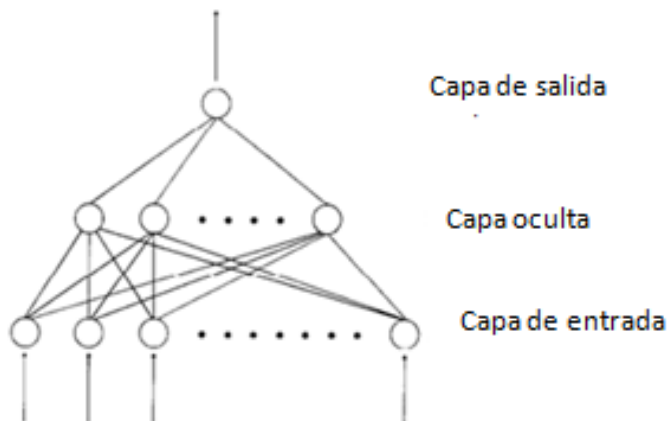
Ojo derecho

Modelos y resultados de Blinky



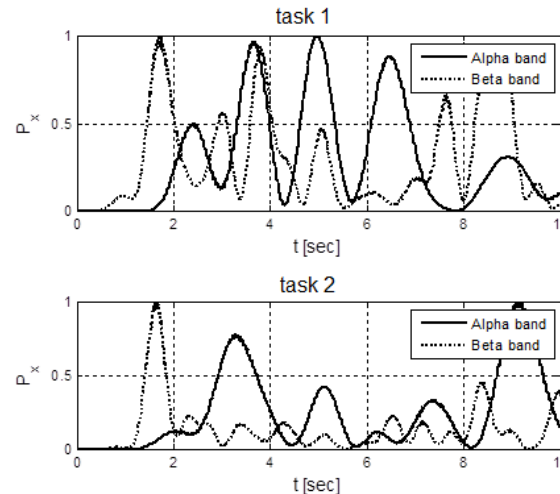
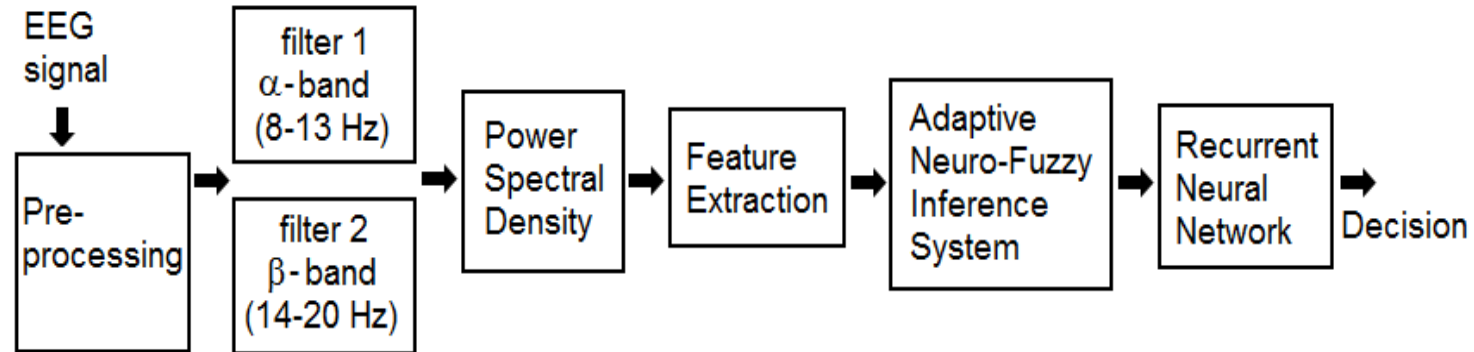
(Juarez-Guerra, 2014)

- ▶ Extracción de características usando estadísticas básicas sobre coeficientes wavelets
- ▶ Clasificación usando redes neuronales feed-forward
- ▶ Hubo 3 usuarios
- ▶ Mejor caso validado estadísticamente: 84% of reconocimiento, (arquitectura 5-20-3) .

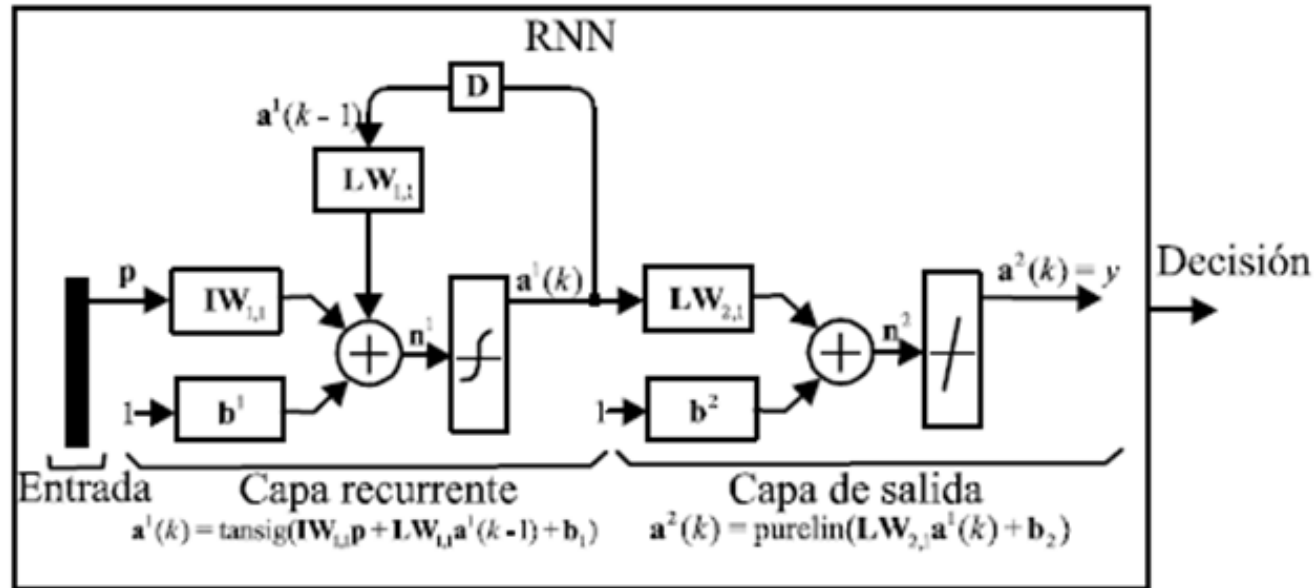


Detección de ERD/ERS durante tareas mentales, usando redes neuronales recurrentes

(Morales-Flores et al. 2013)



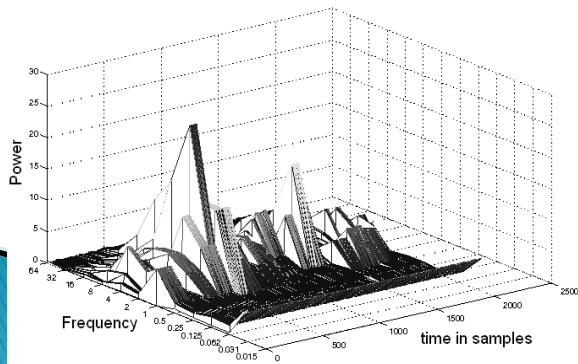
Red Neural Recurrente



(Morales-Flores et al., 2013)

Analisis de señales EEG

- ▶ Detección de ondas P300 usando DWT y analisis de componentes independientes (Gerardo Rosas; INAOE, 2011)



Detección y uso de analisis wavelet y patrones comunes espaciales
Obed Carrera y David D´Croiz;
INAOE-Texas Tech; 2011)



Conclusiones y perspectivas

- ▶ BCI llegó para quedarse!
- ▶ El uso práctico de BCI es una realidad actualmente, aunque se requiere de usuarios altamente entrenados, sensores muy confiables y técnicas excelentes de procesamiento de señales y clasificación.
- ▶ Entonces, se requiere todavía una gran cantidad de investigación!
- ▶ Los trabajos multi-disciplinarios son fundamentales en este tipo de investigaciones

Algunas de nuestras publicaciones sobre este tema... (1 / 3)

- ▶ 2015. López–Espejel, Jessica N. “Control de movimiento de objetos a través del uso de electro–encefalogramas y redes neuronales artificiales con equipo de bajo costo. “ Tesis para obtener el título de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de la Computación. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla– Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla. México. *To be published*
- ▶ 2013. Morales–Flores E Ramírez–Cortés JM, Gómez–Gil P, Alarcón–Aquino V. "Brain Computer Interface Development Based on Recurrent Neural Networks and ANFIS Systems". *Soft Computing Applications in Optimization, Control, and Recognition*, Vol. 294, pp. 215–236, Edited by Melin, P and Castillo, O, doi=10.1007/978–3–642–35323–9_9. Springer Berlin Heidelberg.
- ▶ 2013. Rosas–Cholula G, Ramirez–Cortés JM, Alarcon–Aquino V, Gomez–Gil P, Rangel–Magdaleno J, Reyes–García C. "Gyroscope–Driven Mouse Pointer with an EMOTIV® EEG Headset and Data Analysis Based on Empirical Mode Decomposition." *Sensors* 2013, 13, 10561–10583; doi:10.3390/s130810561. (*cited at JCR Science–Edition 2012*)

Algunas de nuestras publicaciones sobre este tema... (2/3)

- ▶ 2013. Emmanuel Morales–Flores, Juan Manuel Ramírez–Cortés, Pilar Gómez–Gil, Vicente Alarcón–Aquino, "Mental Tasks Temporal Classification Using an Architecture Based on ANFIS and Recurrent Neural Networks", in Recent Advances on Hybrid Intelligent Systems, Springer Berlin/Heidelberg, Vol. 451, pp. 135–146, 2013.
- ▶ 2012. Obed Carrera León, Juan Manuel Ramirez Cortés, Vicente Alarcón–Aquino, Mary Baker, David D´Croz–Baron, Pilar Gomez–Gil, "A Motor Imagery BCI Experiment using Wavelet Analysis and Spatial Patterns Feature Extraction", 2012 IEEE Workshop on Engineering Applications, Bogotá, Colombia, May 2–4, 2012.

Algunas de nuestras publicaciones sobre este tema... (3 / 3)

- ▶ 2015. Juárez-Guerra E, Alarcon-Aquino V and Gomez-Gil P. “Epilepsy Seizure Detection in EEG Signals Using Wavelet Transforms and Neural Networks.” New Trends in Networking, Computing, E-learning, Systems Sciences, and Engineering Lecture Notes in Electrical Engineering. Eds: K. Elleithy, T. Sobh. Vol 312, 2015, pp 261–269. DOI: 10.1007/978-3-319-06764-3_33 . (Nota: This work was presented in the : “Virtual International Joint Conferences on Computer, Information and Systems Sciences and Engineering” (CISSE 2013). Dec. 12–14, 2013)
- ▶ 2014. Gómez-Gil P, Juárez-Guerra E, Alarcón-Aquino V, Ramírez-Cortés M, Rangel-Magdaleno J. Identification of Epilepsy Seizures Using Multi-resolution Analysis and Artificial Neural Networks. Recent Advances on Hybrid Approaches for Designing. Intelligent Systems, Studies in Computational Intelligence 547, O Castillo et al. (eds.), DOI: 10.1007/978-3-319-05170-3_23, Springer International Publishing Switzerland 2014
- ▶ 2014. Juárez Guerra, E. “Biomedical Signal Processing Using Wavelet Based -Neural Networks”. Doctoral program in computer science, technical report. Nov. 14, 2014. Cholula, Puebla.

Otras referencias

- ▶ Cook, M. J., O'Brien, T. J., Berkovic, S. F., Murphy, M., Morokoff, A., Fabinyi, G., ... & Hosking, S. (2013). Prediction of seizure likelihood with a long-term, implanted seizure advisory system in patients with drug-resistant epilepsy: a first-in-man study. *The Lancet Neurology*, 12(6), 563–571.
- ▶ Crone, S.F. Competition instructions. Web (Feb 2010), <http://www.neural-forecasting-competition.com/instructions.htm>
- ▶ Mackey, M.C., Glass, L.: Oscillation and chaos in physiological control systems. *Science* 197(4300), 287–289 (1977)
- ▶ Graimann, B., Allison, B., & Pfurtscheller, G. (2010). Brain-computer interfaces: A gentle introduction. In *Brain-Computer Interfaces* (pp. 1–27). Springer Berlin Heidelberg.
- ▶ Simon Haykin. *Neural Networks and Learning Machines*. Third Edition. New York. Pearson. 2009
- ▶ Teixeira, C. A., Direito, B., Bandarabadi, M., Le Van Quyen, M., Valderrama, M., Schelter, B., ... & Dourado, A. (2014). Epileptic seizure predictors based on computational intelligence techniques: A comparative study with 278 patients. *Computer methods and programs in biomedicine*, 114(3), 324–336.



Gracias!

pgomez@inaoep.mx

ccc.inaoep.mx/~pgomez