

# Estado Emocional Centrado en Estímulos, Aplicando Interfase Cerebro-Maquina

Jorge Ierache<sup>1</sup>, Facundo Nervo<sup>1</sup>, Gustavo Pereira<sup>1</sup>, Juan Iribarren<sup>1</sup>

Instituto de Sistemas Inteligentes y Enseñanza Experimental de la Robótica (ISIER)<sup>1</sup>

Facultad de Informática Ciencias de la Comunicación y Técnicas Especiales  
Universidad de Morón, Cabildo 134, (B1708JPD) Morón, Buenos Aires, Argentina  
54 11 5627 200 int 189  
jierache@yahoo.com.ar

**Resumen:** Este artículo presenta los resultados iniciales en el desarrollo de un sistema de captura y la lectura de registros del estado emocional de un individuo con la aplicación Brain-Machine Interfase (BMI), puntualizando en la excitación y meditación del mismo frente a estímulos conformados por imágenes y audio.

**Keywords:** Emotional Control, Brain Machine Interface, Bio-Electrical Signal, Human Machine Interfaces.

## 1 Introducción

En los últimos veinte años [1] se ha incrementado el desarrollo del campo de las Interfaces Cerebro-Maquina comúnmente conocidas como BMI (del inglés Brain-Machine Interface), con la que es posible la comunicación entre las funciones mentales y cognitivas del usuario que la utiliza las cuales son procesadas y clasificadas para luego ser interpretadas por aplicaciones o dispositivos puntuales. Las aplicaciones para los BMI pueden ser muy variados, control de robots [2], sillas de ruedas, control de computadoras, aplicaciones de domótica [3] y hasta video juegos [4]. Trabajos anteriores [5], [6], [7] se centraron sobre los biopotenciales eléctricos del usuarios a través del electro-miograma, el electro-encefalograma y el electro-oculograma que son bioseñales eléctricas generadas por los patrones de actividad de los músculos, el cerebro y los ojos del usuario. En este caso se trabajó sobre la lectura emocional del usuario, puntualmente sobre la excitación y meditación. La investigación de interfases BMI se desarrolla en un campo científico multidisciplinario, con aplicaciones que van desde la computación, domótica hasta la robótica y entretenimiento [8]. Se presentaron diversos trabajos en el área los cuales recurrieron a señales de Electroencefalogramas (EEG), aplicados a ejercicios de comandos mentales, como mover el cursor de una computadora [9], [10] basados en el empleo de Brain-Machine Interface (BMI). El trabajo de Saulnier et. al. [11], implementa un control de velocidad sobre la base del electromiograma e infiere el estado de stress del usuario a través del electroencefalograma y a partir de éste influir en el comportamiento social de robots domésticos, en este caso una aspiradora robot. Recientes trabajos realizados por Mitsukura [12], aplicando Neurocam [13], permiten la captura de imágenes que el usuario observa a partir de un umbral de estado emocional. Otras aplicaciones de Neurowear [14], como es Necomimi [15] (figura 2.a) y Shippo [16] (figura 2.b) asocian el control de orejas de gatos, o de una cola de animal que los usuarios aplican sobre su cabeza y en función del estado emocional estas adoptan distintas posiciones.



**Fig. 1.** Neurocam



**Fig. 2.a.** Necomimi



**Fig 2.b.** Shippo

Los sensores de EEG con la aplicación de BMI, también abren posibilidades para diversas aplicaciones de software que permitan recibir señales directamente desde las ondas cerebrales del usuario para poder conocer gustos, sensaciones y estados emocionales. Ejemplos de lo mencionado se pueden observar en las aplicaciones: ZEN TUNES (figura 3.a) es una aplicación para iPhone que analiza las ondas cerebrales emitidas cuando se escucha música y produce un gráfico de la música basada en los estados "relajación" y "foco" del que escucha. La lista de reproducción es única para el oyente debido a que organiza la información de acuerdo a cómo cada canción se recibe por el usuario, y puede ser interpretada como su personalidad. El NEURO TURNTABLE (figura 3.b) es un reproductor de música, que lee las ondas neuronales y reproduce música sólo cuando se concentra el usuario. La música comienza cuando el usuario se concentra, y automáticamente se detiene es el usuario empieza a hablar con alguien o piensa en otra cosa. Hay una especie de diálogo inconsciente entre el usuario y la aplicación, donde el usuario se entera de que él no podría estar realmente concentrado en la música, incluso cuando pensaba que así era.



**Fig. 3.a.** ZEN TUNES



**Fig. 3.b.** Neuro Turntable

Brain Disco, es un proyecto donde el DJ debe mantener la "atención" de la audiencia, medida con sensores de ondas cerebrales, con el fin de seguir pasando música. Si el valor promedio de la atención se mantiene por cierto tiempo inferior a un umbral determinado el DJ es expulsado. NeuroSky ha desarrollado una familia de vinchas denominadas MindWave las cuales son diseñadas para que desarrolladores puedan realizar rápidamente aplicaciones que monitoreen señales de electro-encefalograma. La familia MindWave se divide en dos productos, MindWave y MindWave Mobile. MindWave está diseñado para funcionar con PCs y Mac mientras que la versión Mobile también es compatible con dispositivos móviles con sistemas operativo IOS y Android.

En el contexto de las herramientas para la captura de emociones, el fabricante del BMI EMOTIV EPOC, provee un conjunto de librerías para poder trabajar con las tres Suites (Expressive, Affective, Cognitive). También el fabricante, en la tienda de su sitio web en la sección “aplicaciones/neurofeedback”, ofrece la aplicación MindWorkStation de Transparent Corp [17]. La misma, es un conjunto de herramientas todo-en-uno para el desarrollo profesional de la “sincronización de onda cerebral” (Brainwave Entertainment) completamente compatible con el EMOTIV EPOC, y con el cual puede entre otras cosas, graficar en tiempo real los emociones y exportarlos a un archivo de hoja de cálculo, con una representación particular establecida por el fabricante, que para nuestra investigación, no resulto adecuada al no poder registrar la lectura y almacenamiento de valores emocionales obtenidos del BMI en correspondencia con el estímulo externo que se genera frente al usuario.

## 2 Problema

Frente al objetivo de capturar y grabar los valores afectivos en función de los estímulos presentados en un editor, resulto necesario desarrollar una aplicación que facilite el estudio en búsqueda de patrones globales de distintos usuarios frente a la presencia de estímulos conformados con imágenes y sonidos

## 3 Descripción de la solución

Como base de la solución propuesta se asumieron las experiencias de los trabajos anteriores que se enfocaron en la ejecución de comandos empleando un BMI de EMOTIV [18], [19], este BMI figura 4.a se aplicó para el control de un robot NXT (Adelante, Atrás, Izquierda, Derecha). En CACIC 2013 se efectuaron demostraciones reales del control de artefactos (reproductor de DVD, equipo de música, lámpara) controlados aplicando el BMI de Emotiv, sobre la base del Framework desarrollado para el control de artefactos [20].



Fig. 4.a. BMI Emotiv

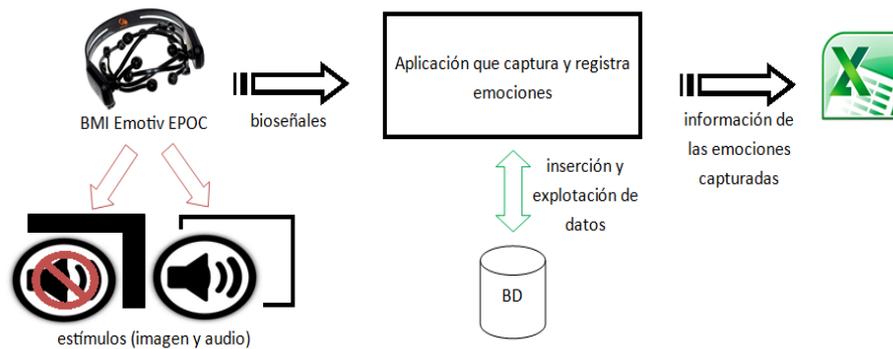


Fig. 4.b. Affective Suite

El BMI (Brain Machine Interface) EMOTIV EPOC, articulado con su SDK consta de un panel de control para generar el usuario, y registrar su perfil, además de facilitar la visualización del estado de conexión de los sensores, se cuenta con distintos patrones de **registro expresivo, afectivo y cognitivo**. En particular, el desarrollo de nuestra investigación actual explota el patrón de registro **afectivo**, este permite verificar

distintos estados. El modo afectivo (Affective Suite), figura 4.b, permite visualizar el cambio de ciertos estados emocionales en función del tiempo. Los estados emocionales registrados son: Compromiso/Aburrimiento, Frustración, Meditación, Excitación Instantánea, Excitación a largo plazo. También se puede visualizar dos esquemas, el primero a corto plazo, de 30 segundos y el segundo, a largo plazo, que como mínimo permite visualizar alguno de los estados emocionales en un tiempo igual 300 segundos (5 minutos). En ambas graficas existe la posibilidad de seleccionar los estados que el usuario prefiera analizar y también seleccionar algún color en particular.

La aplicación desarrollada permite la captura y almacenamiento de las señales de emociones leídas por el EMOTIV EPOC, durante un tiempo determinado mientras se estimula al usuario con una fuente externa (presentación con imagen y sonido) y luego realizar un análisis con el objetivo de descubrir patrones, al asociar los estímulos que generaron cambios en las bioseñales del usuario. En este orden el usuario ingresa la duración de la sesión en la cual se capturará las emociones que genera el mismo a partir de los estímulos externos que se genera desde un archivo de presentación, que para el caso de las pruebas se configuro con dos estímulos: una imagen de color negro y audio de una grabación telefónica. Luego, al iniciar la sesión en la aplicación, se capturan con la aplicación desarrollada las emociones detectadas por el BMI las cuales son asociadas con la imagen o audio que se presenta en ese instante y se almacenan en una base de datos, hasta alcanzar la duración de la sesión definida por el usuario. Luego de finalizar la sesión, se genera un archivo de hoja de cálculo con los valores capturados para el posterior análisis en busca de patrones que surjan de la relación estímulo / emoción capturada los cuales contienen un identificador único del número de sesión y un marcador temporal (HH:MM:SS) que se asocia a cada captura instante a instante, conformando el archivo de la sesión. Se observa en la figura 5, una imagen conceptual del proceso descrito.

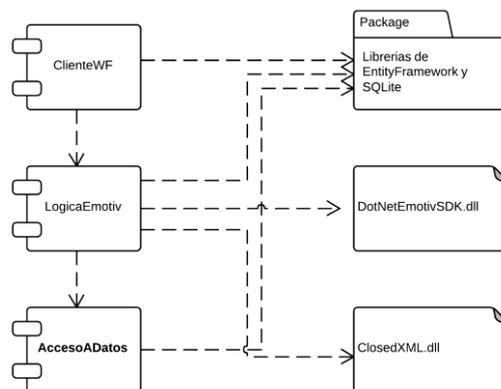


**Fig. 5.** Integración de BMI-Emotiv y la aplicación de captura y registro de emociones.

La aplicación fue desarrollada en .NET C# con WinForms y Entity Framework 6 con SQLite como base de datos, en una arquitectura de tres capas (Cliente-Negocio-Datos). Para la conexión con el BMI se usó la API de Emotiv [21], que es una interfaz de programación de aplicaciones, o más específicamente una biblioteca de funciones, proporcionada por EMOTIV para los desarrolladores que permite escribir aplicaciones de software que funcionan con el dispositivo BMI y la suites de detección.

Para desarrollar la aplicación se usó la librería DotNetEmotivSDK.dll, que es un wrapper (envoltorio) de la librería escrita en C, pero específicamente desarrollada para .NET.

En la figura 6 se presenta el diagrama de componentes, que muestra la interacción entre el software cliente (ClienteWF) y los componentes relacionados con la captura (LogicaEmotiv, DotNetEmotivSDK.dll), almacenamiento de las emociones (AccesoADatos) y la generación del archivo de hoja de cálculo (ClosedXML.dll).



**Fig. 6.** Diagrama de componentes

En la figura 7 se presenta el diagrama de clases con las propiedades y métodos para conectar todos los componentes de la solución. Se destaca la clase **AdministradorEmotiv**, que es la encargada de verificar que el tiempo de captura de emociones no sea mayor a la duración de la sesión, registrar el estímulo de las lecturas que detectaría el EPOC y asignar los valores correspondiente a emociones para que la clase **RepositorioBaseEmocion** inserte los valores representados por la clase **Emocion** asignados en cada lectura.

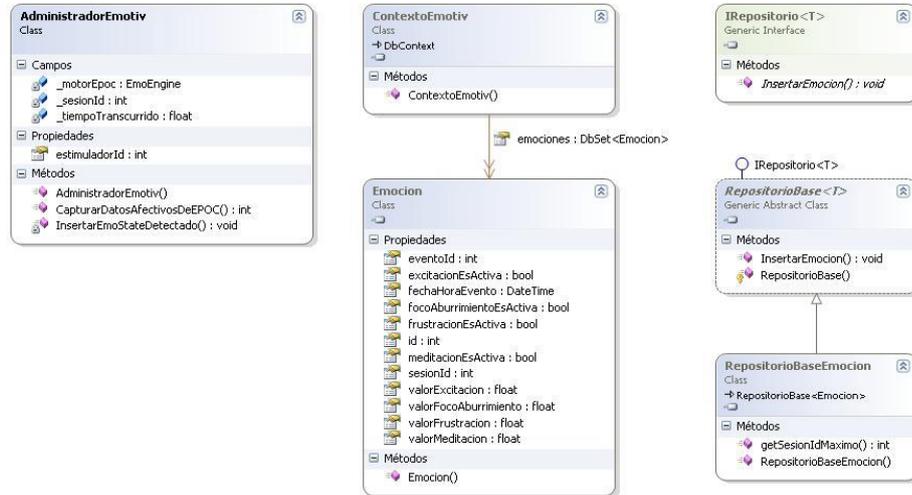


Fig. 7. Diagrama de Clases

La figura 8 presenta el diagrama de secuencia de la aplicación a partir del inicio de una nueva sesión de captura y grabación, iniciada por el usuario, en donde la clase **AdministradorEmotiv** obtiene el valor máximo de número de sesión, se registra al estímulo de las lecturas de las señales emocionales, mientras que el tiempo transcurrido sea menor al tiempo transcurrido. A través de la clase **RepositorioBaseEmocion** se insertan los valores obtenidos de cada lectura de bioseñales hasta la obtención de un archivo de hoja de cálculo con los datos obtenidos de la sesión recientemente ejecutada.

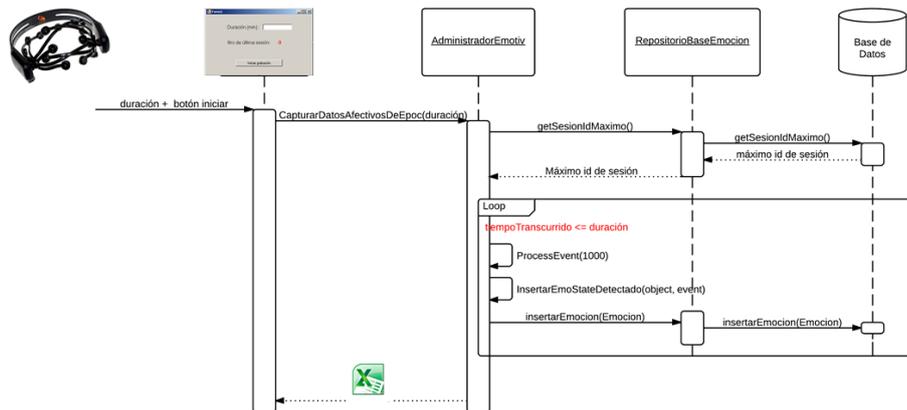


Fig. 8. Diagrama de secuencia aplicación

## 4 Pruebas y Resultados Obtenidos

Para llevar adelante las pruebas se utilizó una habitación en la cual no ingresaban sonidos del exterior y sin iluminación a fin de alcanzar una concentración del usuario y evitar que estímulos externos, perturben las pruebas y de lugar a emociones no controladas o, relacionadas con estímulos externos a la prueba. Para el desarrollo de las pruebas se colocaron dos PCs, en la primera se ejecutó la sesión que generaría las estimulaciones sonoras y visuales mediante auriculares y parlantes y en la segunda se ejecutó la aplicación que captura los valores leídos por el Emotiv EPOC. Se realizaron una serie de pruebas [22], entre dos individuos de sexo masculino con un promedio de veintisiete años de edad, realizando cada uno de ellos en forma independiente un total de ocho pruebas. La sesión de estimulación utilizada para cada una de las pruebas se ejecutó con una duración total de cuatro minutos (240 seg) y visualización en pantalla completa. Durante el primer minuto (0 - 60 seg), se observa una imagen de color negro, sin audio (estímulo A). Durante los próximos dos minutos siguientes (61 - 180 seg), se reproduce una grabación de audio correspondiente a una llamada telefónica al 911 [23], en este caso realizada por un adolescente que solicita ayuda frente a una situación de violencia doméstica, esta grabación sonora es acompañada de una imagen de color blanco (estímulo B). Durante el último minuto (181 - 240 seg), se visualiza nuevamente una imagen de color negro, sin audio (estímulo A). Se tomaron por defecto, para la captura de las pruebas, los valores de excitación a corto plazo y los valores de meditación. La sincronización para la ejecución se corresponde con el inicio de la reproducción del que es generado por individuo.

A continuación se muestra un gráfico de una de las pruebas elegidas al azar (figura 9), para describir cómo varían los valores de las emociones analizadas durante el tiempo con los estímulos utilizados en la prueba. En el mismo se representan los períodos de tiempo que ocupó cada estímulo durante la prueba.

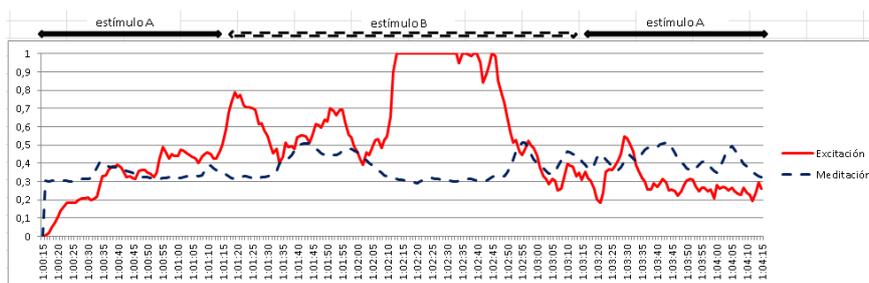


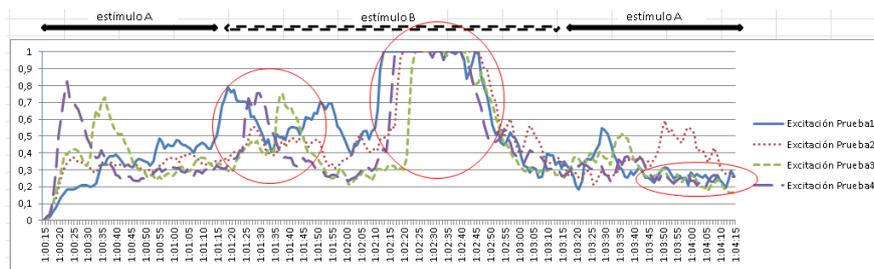
Fig. 9. Representación de los valores capturas de una sesión

Estímulo A: ausencia de sonido/audio e imagen de color negro (60 seg).

Estímulo B: sonido de llamada al 911 e imagen de color blanco (120 seg).

En la representación durante el estímulo A, se puede notar un valor poco ascendente de excitación y un valor de meditación estable. Al comenzar el estímulo B, y cambiar el contraste de una imagen de color negro a blanco y de la ausencia de

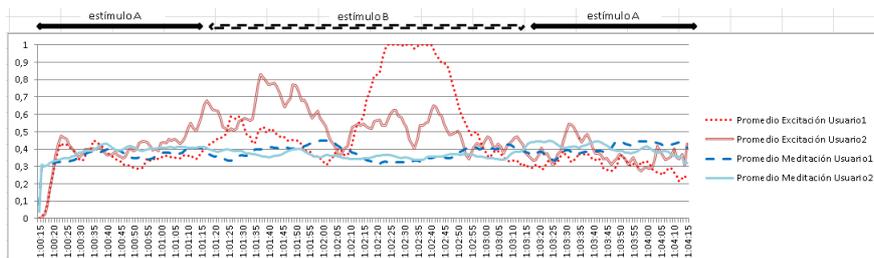
sonido a la presencia del mismo, la excitación aumentó. Luego, en el momento más dramático de la grabación del sonido (adolescente llorando porque están golpeando a su madre) la excitación se dispara a su valor máximo durante unos 30 segundos aproximadamente. Sobre el final de la prueba, al reproducir el estímulo A, el valor de la excitación descendió y se mantuvo sin cambios o sobresaltos. En la figura 10 se representan los resultados obtenidos de excitación de cuatro pruebas realizadas a un individuo.



**Fig. 10** Resultados obtenidos de excitación de las sesiones

Al tener representado todos los resultados de la excitación de las pruebas elegidas para el análisis, se puede observar que luego del estímulo A, al comenzar el estímulo B se logra disparar el valor de la excitación por algunos segundos, en algunos casos se observa que se realiza instantes antes, en otros posteriormente, pero casi todos alcanzan el mismo valor. Luego, el momento más dramático la reproducción del sonido, en todos los casos de pruebas se observa que se disparó al valor máximo de la excitación del individuo durante un tiempo promedio de 15 segundos. En el último tramo de cada prueba se puede observar disminución de la excitación del usuario.

De las pruebas realizadas hemos concluido que se pueden encontrar patrones generales de comportamiento de las emociones en función de los estímulos, especialmente en este caso relacionado con la excitación del individuo. Por último, en la figura 11 se representa el promedio de los valores de excitación y meditación de cada individuo, con los valores obtenidos de las ocho pruebas realizadas.



**Fig. 11.** Promedios obtenidos de meditación y excitación de las sesiones elegidas para los 2 individuos

Finalmente el análisis de las ocho sesiones de pruebas de los individuos, se pudo obtener como conclusión que con un estímulo de sonido particular (en nuestro caso

una grabación real de una llamada telefónica pidiendo auxilio) es posible repetir un patrón en un valor de excitación durante un periodo de tiempo frente a un estímulo con diferentes usuarios, considerando que los valores alcanzados por cada individuo son independientes.

## **5 Conclusiones y Futuras Líneas de Trabajo**

Si bien los valores de señales obtenidos de los individuos son independientes y no es posible esperar que dos usuarios generen valores iguales en términos emocionales debido a que cada uno responde con su grado emocional. Sin embargo se alcanzó el objetivo de registrar, representar los valores en función del estímulo que se presenta al individuo. Determinando que existen patrones similares que se repiten emocionalmente en ambos individuos.

En el contexto de las futuras líneas de trabajo se pretende ampliar las funcionalidades de la aplicación con el desarrollo de un framework que permita la integración de estímulos multimediales, mejore la obtención y explotación de registros, como así también el descubrimiento de patrones en forma automática. Otras áreas de explotación se centran en el aprendizaje emocional de robots, artefactos que respondan en función del estado de emocional del usuario.

## **6 Agradecimiento**

Esta investigación es financiada por la Universidad de Morón en el contexto del PID 01-001/14 el cual se encuentra radicado en el Instituto de Sistemas Inteligentes y Enseñanza Experimental de la Robótica (ISIER).

## **7 Referencias**

1. Hamadicharef, "Brain Computer Interface (BCI) Literature- A bibliometric study", in 10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications, Kuala Lumpur, 2010, pp. 626-629.
2. Ierache, J., Dittler, M. García-Martínez, R., "Control de Robots con Basado en Bioseñales". XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación WICC 2010: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Calafate, Santa Cruz, Argentina. 2010, ISBN 978-950-34-0652-6, pag 641
3. Ierache., J, Pereira.,G, Sattolo., J, Iribarren Aplicación de interfaces lectoras de bioseñales en el contexto de la domótica XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación 2013 Facultad de Ciencia y Tecnología Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), ISBN: 9789872817961.
4. <http://edugamesresearch.com/blog/tag/bci/>,

5. Ierache, J., Dittler M., Pereira G., García Martínez R.,(2009) "Robot Control on the basis of Bio-electrical signals" XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación 2009, Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ingeniería, ISBN 978-897-24068-3-9 ,pag 30.
6. Ierache Jorge, Pereira Gustavo, Iribarren Juan, Sattolo Iris, "Robot Control on the Basis of Bio-electrical Signals" : "International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications" (RiTA 2012) Gwangju, Korea on December 16-18, 2012. Series Advances in Intelligent and Soft Computing of Springer.
7. Ierache., J, Pereira.,G, Sattolo.,I , Guerrero., A, D'Altto J, Iribarren., J. Control vía Internet de un Robot ubicado en un sitio remoto aplicando una Interfase Cerebro-Máquina". XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación 2011, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Informática, ISBN 978-950-34-0756-1, paginas 1373-1382.
8. M. A. Lebedev and M. A. L. Nicolelis, "Brainmachine interfaces: Past, present and future," Trends in Neurosciences, vol. 29, no. 9, pp. 536-546, September 2006.
9. R. Wolpaw, D. J. McFarland, and T. M. Vaughan, "Brain-computer interface research at the Wadsworth center," IEEE Trans. Rehab. Eng., vol. 8, pp. 222-226, 2000.
10. J. del R Millán, "Brain-computer interfaces," in Handbook of Brain Theory and Neural Networks, 2nd ed, M.A. Arbib, Ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2002.
11. Paul Saulnier, Ehud Sharlin, and Saul Greenberg. Using Bio-electrical Signals to Influence the Social Behaviours of Domesticated Robots. HRI'09, 2009, USA.ACM 978-1-60558-404-1/09/03.
12. [http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai/english/11\\_mitsukura\\_e/pdf/mitsukura11\\_e.pdf](http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai/english/11_mitsukura_e/pdf/mitsukura11_e.pdf)
13. [http://neurowear.com/projects\\_detail/neurocam.html](http://neurowear.com/projects_detail/neurocam.html)
14. <http://neurowear.com/news/index.html>
15. <http://www.necomimi.com/>
16. [http://neurowear.com/projects\\_detail/shippo.html](http://neurowear.com/projects_detail/shippo.html)
17. Mind Workstation <http://emotiv.com/store/app/?cat=121>
18. <http://www.emotiv.com/>
19. Ierache Jorge, Pereira Gustavo, Iribarren Juan del artículo "Demostración de los resultados en la integración de Interfases Lectoras de Bioseñales aplicadas al Control de un Robot" VII Congreso Educación en Tecnología y Tecnología en Educación 2012 Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. UNNOBA, 2012, demos educativas. ISBN 978-987-28186-3-0.
20. Ierache., J, Pereira., G, J, Iribarren Framework for Brain Computer Interface implemented to control devices in the context of home automation XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación 2013, CAECE Mar del Plata, ISBN 978-897-23963-1-2.
21. API Emotiv EPOC <https://emotiv.com/epoc/develop.php>
22. Sitio ISIER en Facebook <https://facebook.com/isierum>
- 23 Archivos de sesión <https://googledrive.com/host/0B5HvIV18A-ROYTUxTHNYakN1OFU>