

Valoración del grado de atención en contextos áulicos con el empleo de interface cerebro-computadora en el marco de la computación afectiva.

Jorge Ierache , Gonzalo Ponce, Ramiro Nicolosi, Iris Sattolo, Gabriela Chapperón

Instituto de Sistemas Inteligentes y Enseñanza Experimental de la Robótica (ISIER) Secretaria de Ciencia y Tecnología -Universidad de Morón
Cabildo 134, Buenos Aires, Argentina
jierache@unimoron.edu.ar

Abstract. Se presenta en este trabajo, una experiencia áulica que contempla el registro del grado de atención de un alumno durante una clase, en particular de algoritmos de programación. Se describe la arquitectura desarrollada durante la experimentación y se discuten los resultados obtenidos a través del registro de electroencefalograma (EEG) del alumno con BCI de NeuroSky, encuestas (SAM) y el registro de imágenes del pizarrón de la clase y del rostro del alumno, determinándose los momentos de mayor atención del alumno, contrastando estos resultados con el esperado por el docente.

Keywords: Computación Afectiva, Interfase Cerebro Computadora, Nivel de Atención, Tecnología en Educación, Tutoría Inteligente.

1 Introducción

El rápido crecimiento de la computación afectiva [1], como área de investigación emergente, se ha visto reflejado en numerosos trabajos y en distintas aplicaciones tales como seguridad, salud, marketing, robótica y educación. Estos sistemas afectivos deben ser capaces de reconocer y luego capturar los estados emocionales, procesarlos, para luego generar respuestas sobre estas emociones. Sobre el *reconocimiento* de los estados emocionales existen teorías fisiológicas, neurológicas y cognitivas de las cuales surgen diversos modelos para clasificarlos. En cuanto a *la captura* de estados emocionales, las fuentes de datos son diversas. Para ello se utilizan cámaras, dispositivos conocidos como interfases cerebro computadora (BCI), señales fisiológicas (medidas por electromiograma, electro-oculograma, actividad electrodérmica y electrocardiograma, detectores de ritmo cardíaco, entre otros). El uso de cámaras se sustenta en la postura en la que el rostro de la persona refleja la emoción. En educación trabajos como [2],[3] lo demuestran. En este sentido Ekman y Friesen [4] desarrollaron el sistema de codificación de acción facial (FACS) en el cual los movimientos individuales de los

músculos faciales son codificados, convirtiéndose en un estándar de clasificación de emociones. Otra manera de capturar estados emocionales es a través del registro del comportamiento en el uso del mouse, en la cadencia del tecleo, el seguimiento del movimiento ocular, y test a los participantes. En educación trabajos como [5] y [3] registran movimiento de mouse y teclado. Se puede diferenciar entre los sistemas unimodales -los que exploran una sola fuente de datos-, y multimodales -los que combinan dos o más fuentes de datos- en el trabajo [6] se realiza una revisión de estas dos modalidades. La neurociencia ha realizado avances recientes en imágenes cerebrales en un intento por mapear los circuitos neuronales que subyacen a la experiencia emocional [7], y está aportando evidencia a las discusiones sobre modelos dimensionales[8] donde la valencia y la excitación podrían ser apoyadas por distintas vías neuronales [9].Particularmente en el contexto de educación, las investigaciones recientes han proporcionado evidencia sólida de que las emociones afectan fuertemente a la motivación y el compromiso, y por lo tanto juegan un importante rol en el aprendizaje. En tal sentido, los trabajos se orientan tanto en la educación presencial como en la educación a distancia. Se presenta en la primera sección los modelos de emociones, en la segunda sección se discute el problema en orden a evaluar el nivel de atención de un alumno, en la tercera sección se presenta la solución propuesta acompañada de una arquitectura del sistema, en la cuarta sección se presenta una prueba realizada como ejemplo y se discuten los resultados obtenidos de una experiencia áulica que contempla el registro del grado de atención de un alumno durante una clase en particular de algoritmos de programación. Del alumno se registran: electroencefalograma (EEG) con BCI de NeuroSky, imágenes del rostro para ser empleadas en determinar su estado emocional, encuesta para capturar emociones SAM (Self-Assessment Manikin) una al comienzo de la experiencia, otra con imágenes IAPS, previo a la clase, y una más al finalizar clase. También se registra, para complementar el análisis, imágenes del pizarrón de la clase, y se graba el audio de esta. Al finalizar la clase se solicita al docente indique los momentos que requieren mayor atención por parte del alumno en la explicación del tema. Luego estos se contrastan con la información registrada por el sistema, para verificar si los puntos obtenidos por análisis del mayor nivel de atención determinado por el sistema en las capturas concuerdan con los rangos de momentos indicados por el docente. Finalmente, en la quinta sección se presentan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1.1 Emoción

Desde el último medio siglo, se propusieron diferentes formas de modelar las emociones, representándolas desde diferentes perspectivas. Dos de ellas se utilizan ampliamente, una es el enfoque categórico y otra es el enfoque dimensional [10]. El enfoque categórico, desarrollado inicialmente por el psicólogo Paul Ekman [11], afirmó que había un conjunto de seis emociones básicas y universales que no están determinadas por las culturas, estas son: la alegría, el miedo, la tristeza, la ira, el disgusto y la sorpresa. Por otro lado, el enfoque dimensional establece que los estados afectivos se distribuyen en un espacio continuo cuyos ejes dimensionales indican una cuantificación de una característica. Uno de los modelos más aceptados es el Circumplex Model of Affectivity, o Modelo Circumplex de Afectividad, de James

Russell [8], [12], también conocido como circuplejo o modelo Arousal–Valence. Este es un modelo bidimensional, sus ejes son Excitación o Arousal (relajado vs. excitado) y Valencia o Valence (placer vs. disgusto).

1.2 Modelo de Russell

A pesar de que actualmente no existe un consenso acerca de lo que es la definición de emoción, si existe un acuerdo en que las emociones pueden clasificarse en tres dimensiones continuas: 1) **Valencia** (Valoración): un constructo bipolar, que va de agradable a desagradable, 2) **Excitación** (Arousal): que va de calmado a activado (o excitado), y 3) **Dominancia** (Control): valor que aparece con menos consistencia interna y se caracteriza por ser fuerte-débil, dominante-sumiso, control-controlado.

Existen distintos modelos que intentan reflejar estas emociones, el más utilizado es el presentado por Russell en el año 1980, el cual después de 30 años se sigue utilizando [8]. Este permite entender cómo un individuo puede regular sus emociones, y a esta actividad la representa como el resultado de dos vectores de fuerza, que empujan al sujeto de una situación emocional a otra más placentera y mejor valorada. La idea fundamental que transmite este modelo es que los estados emocionales están mejor representados en un círculo con dimensiones bipolares que en dimensiones independientes. Russell representa las emociones mediante un modelo espacial en el que los conceptos afectivos caen en un círculo en el siguiente orden, en el cual el número representa el vector o radial: placer o agrado (0), excitación (45), activación (90), angustia (135), disgusto (180), depresión (225), somnolencia (270) y relajación (315). La siguiente imagen muestra el modelo mencionado.

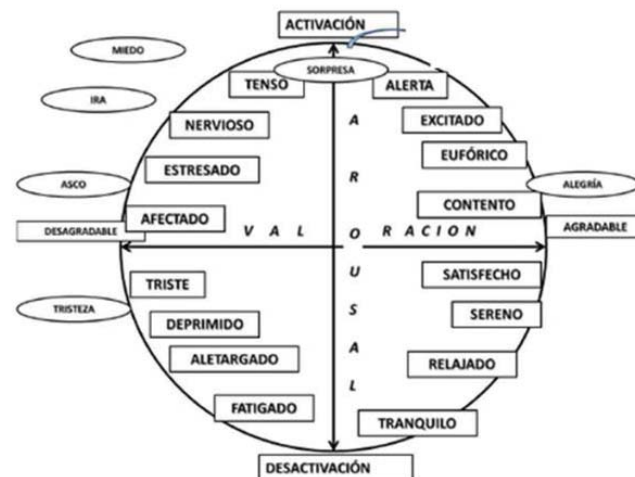


Fig. 1. Modelo de Russell

1.3 Imágenes IAPS

Uno de los conjuntos de estímulos estandarizados más utilizados en la investigación experimental es el International Affective Picture System (IAPS) [13]. El IAPS es una colección de más de 1000 fotografías en color -agrupadas en 20 conjuntos de aproximadamente 60 imágenes- que representan objetos, personas, paisajes y situaciones de la vida humana cotidiana. La decisión de estandarizar las imágenes del IAPS en función de las evaluaciones de los sujetos en las dimensiones afectivas de valencia, activación y dominancia está basada tanto en datos teóricos como experimentales [13].

1.4 Encuestas SAM

Otra herramienta que se utiliza para capturar emociones es SAM (por sus siglas en inglés Self-Assessment Manikin) propuesto por Lang en 1985. Tal como lo describen sus autores [14], SAM es un método no verbal fácil de administrar para evaluar rápidamente el placer (valencia), la excitación (arousal) y la dominancia asociadas con la reacción emocional de una persona ante un evento. SAM se extiende desde una figura sonriente y feliz hacia una figura con ceño fruncido e infeliz cuando se representa la dimensión de placer; y se extiende desde una figura excitada con los ojos abiertos hacia una figura relajada con sueño para la dimensión de excitación. La dimensión de dominancia representa cambios en el control, con variaciones en el tamaño de SAM, una gran figura indica el máximo control de la situación. Los valores dimensionales provistos por SAM no necesitan ser transformados. Existen dos escalas, una en el rango 1–5, que coincide con las cinco representaciones del personaje de izquierda (1) a derecha (5). La segunda escala permite agregar cuatro valores intermedios, de esta forma se obtiene un rango posible de 1–9; en este caso, no se suele dibujar al personaje nueve veces, sino que se dibuja el punto posible en el medio. Ver figura 2

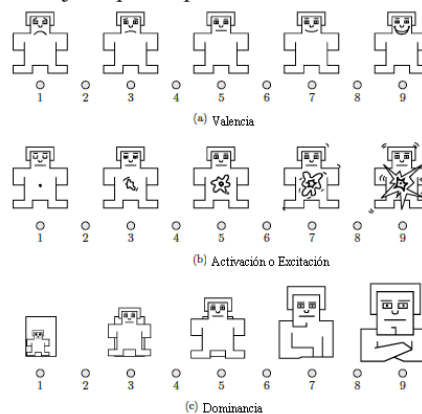


Fig. 2. SAM (Self-Assessment Manikin)

1.5 Interfases Cerebro Computadora (BCI)

En el campo de las interfases cerebro computadora se desarrollan desde hace tiempo dispositivos que traducen información neuronal de áreas determinadas del cerebro a datos que pueden controlar, software o hardware externo [15]. Los BCI se usan a menudo como dispositivos para asistir a personas con discapacidades motoras o sensoriales, video juegos, control de robots entre otros. En Trabajos anteriores [16], [17], [18] se exploró el potencial del equipo obteniendo las bio-señales eléctricas de los usuarios, generadas por los patrones de actividad de músculos faciales, los ojos y el cerebro. En trabajos recientes, se aprovecha su potencial para capturar distintas lecturas emocionales en contextos virtuales, [19], [20]. Se presentan trabajos relacionados en educación. En [21] se utilizó esta interfase para registrar la actividad cerebral de una clase de doce estudiantes de secundaria (simultáneamente) a lo largo de un semestre, durante las actividades regulares del aula para obtener patrones de la dinámica del grupo. En [22] se propone y evalúa un sistema multiagente, denominado NORA, que predice los atributos emocionales de los alumnos a través de las ondas cerebrales, dentro de un sistema de tutoría inteligente. Este sistema utiliza un EEG inalámbrico portátil. En [23] se utiliza, para la detección de las ondas en cuestión, el Emotiv EPOC, en un estudio de usuarios trabajando en un Sistema de Tutorías Inteligente (ITS). Este último estudio intenta demostrar la exactitud y validez de los valores del EPOC, relacionándolo con informes verbales de los alumnos, sobre sus estados emocionales. No se encontraron relaciones significativas entre los estados emocionales informados por los participantes y los valores emocionales del EPOC.

2 Problema

Evaluar el nivel de atención relacionado al comportamiento biométrico de alumnos, en una actividad de aprendizaje, en un contexto áulico, de modo que se pueda lograr un perfil de atención y su historial comparativo en distintas sesiones áulicas. Es necesario entonces obtener información del nivel de atención de un alumno -mediante el empleo de una interfaz Cerebro-Máquina (BCI)-, y observar su evolución durante el desarrollo de la clase, y comparar sus niveles de atención en función de los niveles esperados -en especial en los momentos (indicados por el docente en relación con los contenidos que imparte), que requieren mayor atención durante el desarrollo de la clase -. Luego de observar el estado del arte y considerar los datos necesarios para analizar el nivel de atención de los alumnos dentro de un contexto de áulico, se plantea la necesidad de una aplicación que tenga una captura multimodal de la información biométrica-emocional del alumno en cada instante, que permita el registro de imágenes de su rostro, y el contenido que se desarrolla en el pizarrón.

3 Descripción de la solución

Se diseña una arquitectura de sistema que tiene como entradas principales por un lado la captura de las ondas cerebrales -con el empleo del BCI-, y por el otro la toma de

capturas del pizarrón y rostro del alumno. Esta información se guarda en una base de datos dedicada de la aplicación, que identifica cada instante con el “Time” sincronizado, y que actúa como valor único de identificación. La aplicación permite etiquetar los niveles de las ondas para luego poder analizarlos más fácilmente, y así poder ubicar los momentos en los que cada una de las ondas o niveles supera o es menor que ciertos valores o umbrales de señal configurables. Se representa en la figura 3 el modelo conceptual del sistema.

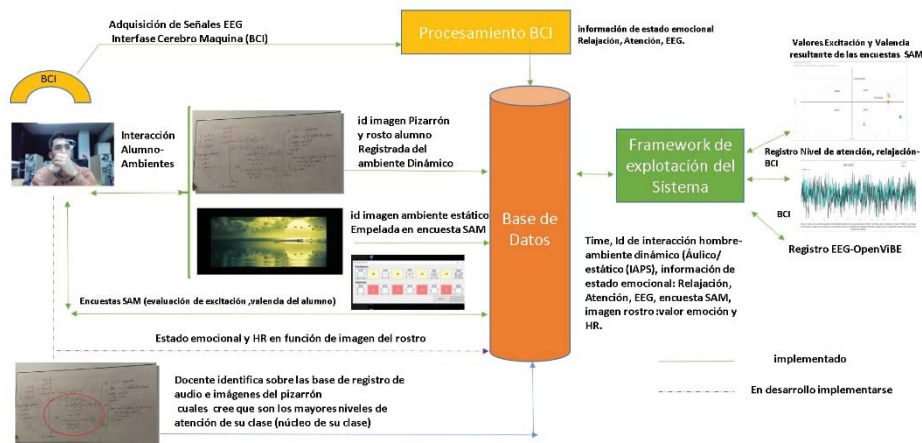


Fig. 3. Modelo Conceptual de la arquitectura de Valoración del grado de atención en contextos áulicos con el empleo de interfase cerebro – maquina

En este orden, la aplicación de captura de bioseñales cuenta con una interfaz la cual manipula los datos necesarios para adquisición de los datos del EEG que entrega el BCI Neurosky [24] para esto cuenta con las variables locales donde van a ser almacenadas cada una de estas. [25]. También almacena la fecha y hora de ejecución precisa para que pueda hacerse la integración con los datos de la aplicación de captura de imágenes de pizarrón y rostro del alumno. El framework de registro de bioseñales correspondiente al BCI se implementó en el lenguaje C#, utilizando la librería ThinkGear.dll la cual posee las funciones necesarias para interpretar las señales. Esta aplicación registra los metadatos de atención y relajación en un rango de 0 a 100. También registra los datos en hz de las ondas cerebrales. La estructura de los datos que registra es la siguiente: HORARIO_DE_PC, TEST_NAME, TEST_COMMENT, PORT, ROW_TIME, POORSIGNAL, ATTENTION, RELAJACION (también llamada Meditación), EEGPOWER, EegPowerDelta, EegPowerThetha, EegPowerAlpha1, EegPowerAlpha2, EegPowerBeta1, EegPowerBeta2, EegPowerGamma1, EegPowerGamma2. La figura 4 muestra un registro de explotación de valores de atención y relajación empleando la herramienta Power BI [26]. Con el empleo de OpenViBE [27], se registran y visualizan las señales de EEG.

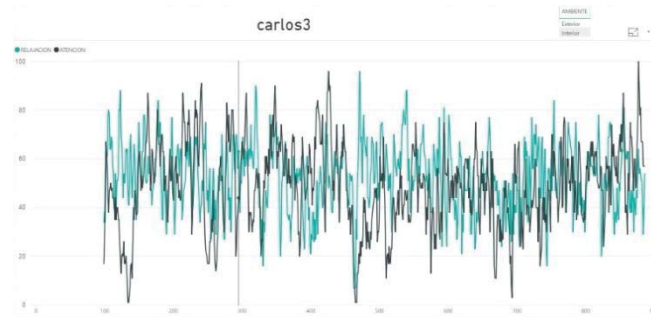


Fig.4 Registro de explotación de valores de atención y relajación

El sistema de captura de imágenes del entorno áulico (pizarrón) se implementó en el lenguaje C#, y registra en la base de datos secciones, identificadores, fecha, la ubicación de la imagen y una descripción de esta. La estructura de los datos que se registran es la siguiente: Sección, Identificador, Date, Imagen, Descripción. La base de datos se implementa en SQL Server, para su explotación se emplea Power BI y OpenViBE.

4 Pruebas y resultados obtenidos

Para el desarrollo de la prueba, y el análisis de los resultados alcanzados, se pide al docente que indique qué partes de su clase considera que requieren mayor atención por parte del alumno. Luego se comparan los mayores niveles de atención registrados por el sistema con el empleo del BCI, sumando la imagen de pizarrón que acompaña a este temporalmente y el rostro del alumno. También se valora en que partes el alumno muestra menor nivel de atención, y que tan lejos se encuentra temporalmente el alumno del nivel de atención esperado. La secuencia del protocolo experimental (Fig 5), que se conforma de las siguientes fases: Primera Fase -registro SAM sin imágenes con el objetivo de valorar el estado emocional inicial del alumno previo al inicio de la clase-, Segunda Fase -presentación de imágenes IAPS correspondientes al primer cuadrante del modelo de Russell, se muestran durante 40 segundos un total de seis imágenes IAPS (códigos 2154, 2340, 7281, 7289, y 7481), y luego se realiza encuesta SAM para valorar el estado emocional del alumno, Tercer Fase -inicio y desarrollo de la clase, se registra el EEG, rostro del alumno, e imágenes del pizarrón durante toda la clase-, Cuarta Fase -finaliza la clase y se realiza al alumno un nuevo test de SAM sin imágenes.



Fig. 5 Resumen de la secuencia del protocolo experimental

La docente destaca como punto de principal foco de atención, a la explicación del manejo de recorrida por los vectores con un índice de manejo independiente para cada uno, según se muestra en la mitad izquierda de la Figura 6, imagen capturada del pizarrón por el sistema e identifica como rango temporal desde 4:17 (+130seg de carrey inicial: 387seg) hasta 5:38 (+130seg de carrey inicial: 468seg), estos se cotejan con el audio de la clase, para ser comparados con los obtenidos con el empleo del BCI: registro de EEG, nivel de atención y relajación del alumno. Se muestra en la mitad derecha de la Figura 6, el rostro del alumno y el conjunto de valores y su relación con el valor máximo de atención y de relajación (96-48 respectivamente) registrado durante el desarrollo de la clase (a los 426 segundos), el que se corresponde con el intervalo temporal (387 seg- 468 seg) indicado por el docente en relación con el foco de máxima atención esperada. En la Figura 7 se muestran la imagen del registro de la encuesta SAM (fase 4) que completa el alumno en el sistema, y los valores de relajación y atención que tenía en ese instante correspondiente al fin de la clase, junto la imagen de su rostro. En la Figura 8 se muestran los valores obtenidos de excitación y valencia del alumno en función de la encuesta de SAM para cada fase del experimento.



Fig. 6 A la derecha imagen del núcleo de atención de la clase. A la izquierda imagen correspondiente a los valores de atención registrados del alumno durante el desarrollo del núcleo de atención de la clase

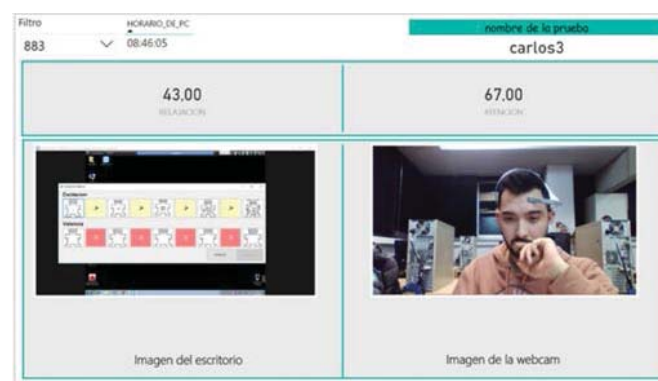


Fig. 7 Registro encuesta SAM

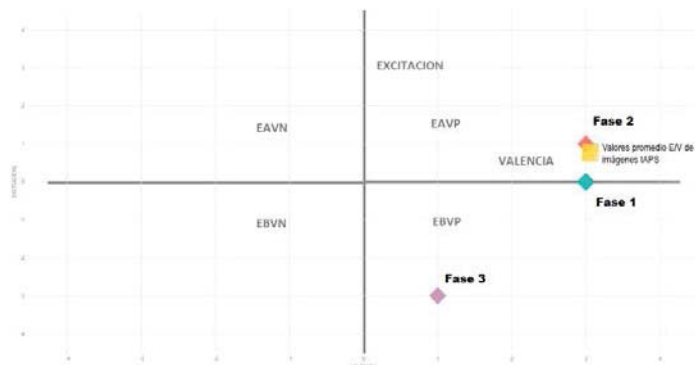


Fig. 8 Valores de Excitación/Valencia por cada fase

Conclusiones y futuras líneas de trabajo

Los resultados correspondientes a las pruebas basales fueron exitosos, el sistema registró el EEG, atención y relajación del alumno, en correspondencia con el contexto del ambiente áulico, acompañado de la captura de imágenes de pizarrón y rostro del alumno en correlación con sus valores biométricos. Estos resultados contribuyen al desarrollo de ambientes de computación afectiva en función del perfil emocional del alumno, en particular su nivel de atención y relajación, lo cual resulta valioso para los docentes. Como futuras líneas de trabajo se encuentra en desarrollo inicial la integración de parámetros fisiológicos del alumno con el empleo de una pulsera inteligente. En el marco de las futuras líneas de investigación se explorará la integración de aplicaciones, que capturan imágenes de rostros, de la cara del alumno, y permitan inferir el estado emocional, como así también otras que determinan la variación del ritmo cardiaco.

Referencias

1. R. W. Picard. "Affective Computing" MIT Press. (1997)
2. Arroyo, D.G. Cooper, W. Bursleson, B.P. Woolf, K. Muldner, and R. Christopherson, "Emotion Sensors Go to School," Proc. 14th Conf. Artificial Intelligence in Education, pp. 17-24, 2009
3. Mar Saneiro, Olga C. Santos, Sergio Salmerón-Majadas, and Jesús G. Boticario.2014. Towards emotion detection in educational scenarios from facial expressions and body movements through multimodal approaches. Scientific World Journal 2014 (2014).
4. P. Ekman and W. Friesen, Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement: Investigator's Guide 2 Parts. Consulting Psychologists Press, 1978
5. Boticario Jesús, Santos Olga, Salmerón-Majadas, Uria-Rivas, Cabestreros Raul Quirós Pilar, Arevalillo Miguel, Ferri Francesco BIG-AFF: Exploring Low Cost and Low Intrusive Infrastructures for Affective Computing in Secondary Schools- UMAP 2017, July 9-12, 2017, Bratislava, Slovakia.

6. Sidney K D'Mello, Jackeline Kory A Review and Meta-Analysis of Multimodal Affect Detection Systems ACM Computing Surveys (CSUR), 2015
7. T. Dalgleish, B. Dunn, and D. Mobbs, "Affective Neuroscience: Past, Present, and Future," *Emotion Rev.*, vol. 1, pp. 355-368, 2009.
8. Russell, J. A. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178. (1980)
9. Calvo Rafael Affect Detection: An Interdisciplinary Review of Models, Methods, and Their Applications IEEE Transactions on Affective Computing, vol. 1, no. 1, january-june 2010.
- 10 H. Gunes, B. Schuller, M. Pantic et al., "Emotion representation, analysis and synthesis in continuous space: A survey", en *Face and Gesture 2011*, IEEE, 2011, págs. 827-834, ISBN 978-1-4244-9140-7.
- 11 P. Ekman, "Basic Emotions", *Handbook of Cognition and Emotion*, T.Dalgleish y M.J.Power, eds., Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2005, cap.3, págs.45-60, ISBN: 978-0-47197-836-7.
- 12 J.Posner, J.A. Russell y B.S. Peterson, "The circumplex model of affect: an integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology.", *Development and psychopathology*, vol. 17, n° 3, págs. 715-34, 2005, ISSN: 0954-5794.
13. Lang, P.J., Bradley, M.M., & Cuthbert, B.N. *International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings*. NIMH 1997.
14. Lang, P. J. The cognitive psychophysiology of emotion: Fear and anxiety. In A. H. Tuma & J. D. Maser (Eds.), *Anxiety and the anxiety disorders* (pp. 131-170). Hillsdale, NJ, US. (1985).
15. Hamadicharef, "Brain Computer Interface Literature- A bibliometric study", in 10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications, Kuala Lumpur, 2010, pp. 626-629.
16. Ierache, J., Dittler M., Pereira G., García Martínez R, "Robot Control on the basis of Bio-electrical signals" XV CACIC 2009, UNJu, ISBN 978-897-24068-3-9
17. Ierache J, Pereira G, Iribarren J, Sattolo I, "Robot Control on the Basis of Bioelectrical Signals": "International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications" (RiTA 2012). *Series Advances in Intelligent and Soft Computing of Springer*.
18. Ierache, J, Pereira.,G, Sattolo,I ,Guerrero, A, D'Alto J, Iribarren, J. Control vía Internet de un Robot ubicado en un sitio remoto aplicando una Interfase Cerebro-Máquina ".CACIC 2011, UNLP, ISBN 978-950-34-0756-1.p 1373-1382.
19. Ierache J, Cervino C, Eszter E, Fortin D, Castro Menna, Alvaro. "Registro emocional de personas interactuando en contextos de entornos virtuales", WICC 2018, UNNE , ISBN: 978-987- 3619-27-4, pp 785-789.
- 20 Ierache J, Ponce G, Nicolosi R, Cervino C, Eszter E, Sattolo I, Chapperon G "Explotación de datos EEG y parámetros fisiológicos de usuarios interactuando en contextos virtuales",WICC 2019, Universidad Nacional de San Juan, ISBN: 78-987-3984-85-3, pp 709 -713.
21. Silas Formunyuy Verkijika,Lizette De Wet, Using a brain-computer interface (BCI) in reducing math anxiety: Evidence from South Africa, *Computer And Education* Febrero 2015-
22. Heraz A, Frasson C, Towards a brain-sensitive intelligent tutoring system: detecting emotions from brainwaves, *Journal Advance in Artificial Intelligence*, Volume 2011, January 2011.Article No. 1
23. Harrison Tegan The Emotiv mind: Investigating the accuracy of the Emotiv EPOC in identifying emotions and its use in an Intelligent Tutoring System UC University of Canterbury (2013)
24. <http://neurosky.com> vigente julio 2019
25. Ierache J, Nicolosi R, Ponce G, Cervino C, Eszter E."Registro emocional de personas interactuando en contextos de entornos virtuales", CACI 2018, UNICEN, 2018, ISBN: 978-950-658-472-6, pp 877-886,
26. <https://powerbi.microsoft.com/es-es/> vigente julio 2019
27. <http://openvibe.inria.fr/> vigente julio 2019