

Estudio de las señales EEG generadas a partir de expresiones faciales

CHÁVEZ-SAENZ, Velia*†, JIMENEZ-GONZÁLEZ, Fernando, TORRES-RAMÍREZ, Dulce y PEREZ-KLAPEZ, Christian.

Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Av. Universidad Tecnológica No. 3051, Col. Lote Bravo II, 32695 Cd Juárez, CHIH, México

Recibido Octubre 20, 2016; Aceptado Noviembre 21, 2016

Resumen

En este artículo, se presenta un estudio de las señales electroencefalográficas (EEG) generadas cuando una persona realiza una expresión facial como: levantamiento de cejas, pestañeo, movimiento de los labios cerrados hacia la derecha o hacia la izquierda. La adquisición de la señal se realiza en tiempo real utilizando el dispositivo Emotiv EPOC+, recolectando lecturas de una muestra que considera hombres y mujeres de distintas edades. Como resultado, se muestran los electroencefalogramas obtenidos donde es posible observar el cambio de características de amplitud en las señales dependiendo de la expresión facial realizada por el sujeto a prueba. Finalmente, se detalla la selección de la señal con mayor actividad y el resultado obtenido en términos de amplitud para determinar diferencias cuantitativas entre la actividad de las señales para cada una de las expresiones.

Señales EEG, Expresión facial, Emotiv EPOC+, Electroencefalograma

Abstract

On this article, a study of the electroencephalographic signals (EEG) is addressed, such signals generated when a person performs certain facial expression, for instance: eyebrow lift, eye blinking and closed lips movement to left or right. The signal acquisition is performed on real time by using the commercial device EMOTIV EPOC+, gathering readings from a sample that considers mens and womens of different ages. As the results, electroencephalograms acquired are presented where is possible to observe the signal width change depending on each facial expression performed by the person under test. Finally, the selection of the signal with major effect is detailed, and the result obtained in terms of signal width to determine quantitative differences between signals performance depending on each facial expression.

EEG Signals, Facial expression, Emotiv EPOC+, Electroencephalogram

Citación: CHÁVEZ-SAENZ, Velia, JIMENEZ-GONZÁLEZ, Fernando, TORRES-RAMÍREZ, Dulce y PEREZ-KLAPEZ, Christian. Estudio de las señales EEG generadas a partir de expresiones faciales. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-6: 115-124

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: velia_chavez@utcj.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El desarrollo de interfaces cerebro computador (ICC) o *Brain computer Interfaces* (BCI) para adquirir electroencefalogramas dentro de un contexto científico, ha permitido que el estudio las señales cerebrales sea utilizado para el desarrollo de tecnología de soporte en distintas áreas, por ejemplo en control de dispositivos que brinden algún tipo de independencia a personas con algún tipo de discapacidad motriz.

El artículo presenta un estudio de las señales electroencefalográficas (EEG) adquiridas cuando una persona realiza distintas expresiones faciales, basándose en la problemática de pérdida total o parcial de la movilidad en una o más partes del cuerpo. Cuando la discapacidad sucede, comúnmente la persona puede continuar controlando sus músculos faciales sin problema alguno, por lo que surge la idea de que por medio de una ICC la persona controle algún dispositivo realizando alguna expresión facial.

La investigación se basa en determinar las características de magnitud y canal de activación en las señales encefalograficas, que se presentan en la actividad cerebral del usuario, cuando realiza una expresión facial como: levantamiento de cejas, parpadeo, movimiento de los labios hacia la derecha, hacia la izquierda y al sonreír. Para la comprobación de esta hipótesis, se realizó un estudio sobre una muestra de la población que esta compuesta por 10 sujetos de prueba, entre los cuales se contemplaron 5 sujetos de género femenino y 5 sujetos de género masculino, a los cuales se les solicitó realizar las 5 expresiones faciales antes mencionadas y así analizar el comportamiento de las señales en el electroencefalograma para posteriormente sesgar la señal con mayor actividad al realizar el movimiento y determinar el rango en μV que gráficamente es posible observar para cada expresión.

Este artículo se organizó iniciando con la investigación donde se presentan términos y proyectos relacionados con este trabajo, posteriormente se presenta la Metodología compuesta por la selección de sujetos de prueba, diseño y aplicación de pruebas, mostrando el proceso completo realizado y los electroencefalogramas obtenidos ante las distintas pruebas aplicadas. Para concluir se presentan los resultados obtenidos, los agradecimientos y las fuentes bibliográficas en las que esta investigación de apoyo.

Marco Teórico

Una señal EEG es una medida de la corriente que fluye durante la excitación sináptica de las dendritas de muchas neuronas piramidales en la corteza del cerebro. Para medir estas señales es necesario obtener un electroencefalograma (Sanei, 2013).

El electroencefalograma es una prueba que se usa para estudiar el funcionamiento del sistema nervioso central, concretamente de la actividad de la corteza del cerebro. Consiste esencialmente en registrar mediante electrodos especiales las corrientes eléctricas que se forman en las neuronas cerebrales, y que son la base del funcionamiento del sistema nervioso.

El dispositivo indicado dentro del ámbito médico para obtener los electroencefalogramas son los electroencefalógrafos, dentro del contexto científico pudiéramos llamarles: Interfaces cerebro computador (ICC), las cuales se definen como sistema de comunicación que monitoriza la actividad cerebral y traduce determinadas características, correspondientes a las intenciones del usuario, en comandos de control de un dispositivo.

Para la adquisición de las señales en este proyecto, luego de hacer una exhaustiva investigación, se seleccionó el dispositivo Emotiv EPOC+.

Este dispositivo (Figura 1), es un sistema de detección neuroeléctrica que capta y amplifica ondas cerebrales generadas por diferentes “acciones” mentales. Este dispositivo es capaz de obtener las señales de los 14 canales: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4. Este dispositivo también maneja un filtro para frecuencias de 0.2 a 45 Hz, el cual puede tomar hasta 128 muestras por segundo en cada canal (EMOTIV, 2016).



Figura 1 Emotiv EPOC+ (EMOTIV, 2016).

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el kit de desarrollo de *software* (SDK) Emotiv Xavier, con sus distribuciones:

1. Emotiv Xavier *Control Panel*, versión 3.3.2
2. Emotiv Xavier *Test Bench*, versión 3.1.20

El *control panel* permite visualizar al usuario el estatus de comunicación entre la diadema y la computadora y el *test bench* es la plataforma donde es posible visualizar en tiempo real las señales adquiridas.

La configuración de los canales para la adquisición de las señales de este dispositivo se basa en el sistema internacional 10-20, el cual es un método internacionalmente aprobado para describir la ubicación de electrodos en el cuero cabelludo, para el registro del EEG (Jurcak, Tsuzuki, & Ippeita, 2007), tal como se muestra en la Figura 2.

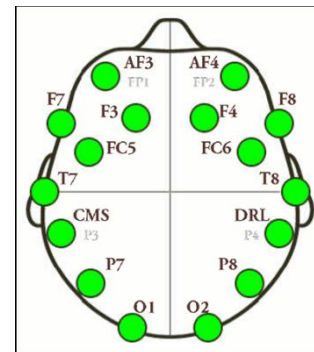


Figura 2 Sistema de posicionamiento 10-20 (Ekanayake, 2015).

Existen distintos trabajos que se han desarrollado dentro de este ámbito, en (Monge & Aracena, 2015) se presenta de la misma interfaz que se utiliza para este proyecto, Emotiv EPOC+, en donde se realizan reconocimientos de gestos faciales y pensamientos cognitivos, los cuales posteriormente traducen en movimientos que ejecuta un robot Lego Mindstorms, con la idea de verificar si realmente esta ICC realiza un adecuado reconocimiento de los gestos faciales para ser utilizado en el control de otros dispositivos.

Por otra parte se ha trabajado en el estudio de las señales EEG desde la perspectiva de las emociones como es el caso de (Carrillo, Meza, Morán, Galindo, & García, 2015), donde se presenta un estudio preliminar que busca identificar las emociones utilizando registros de la actividad eléctrica del cerebro en adultos mayores a través de la visualización de imágenes predefinidas que estimulan las emociones conocidas a priori.

Metodología

Selección de sujetos de prueba

Para la aplicación de pruebas se seleccionó un grupo de personas compuesto por 5 mujeres y 5 hombres de distintas edades. Esto se realizó con la finalidad de ampliar la muestra de la población en la medida de lo posible.

En la Tabla 1 se presenta la lista de los sujetos de prueba a utilizar organizados por género femenino (los primeros 5) y masculino (los últimos 5), su edad y ocupación.

Sujeto #	Edad (años)	Ocupación
1	12	Estudiante
2	19	Estudiante
3	21	Estudiante
4	30	Profesionista
5	48	Profesionista
6	9	Estudiante
7	17	Estudiante
8	23	Estudiante
9	35	Comerciante
10	61	Profesionista

Tabla 1 Datos de los Sujetos de prueba

Diseño de pruebas

Para llevar a cabo las pruebas fue necesario establecer las expresiones faciales que se utilizarían para analizar las señales EEG. Las expresiones seleccionadas fueron:

- Parpadear (lentamente)
- Levantar cejas
- Mover la boca hacia la izquierda
- Mover la boca hacia la derecha
- Sonreír

En la Figura 3 se presenta una muestra de las expresiones seleccionadas en algunos de los sujetos de prueba.

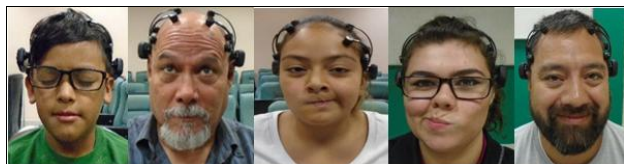


Figura 3 Expresiones faciales utilizadas para realizar las pruebas.

Una vez seleccionadas las expresiones se estableció solicitar al sujeto de prueba realizar la expresión facial cada vez que se le indicara. La indicación de realizar la expresión facial con cada sujeto de prueba se realizó 5 veces dejando reposar al sujeto después de realizarla 5 segundos, tiempo suficiente para visualizar el electroencefalograma y determinar si se presenta algún comportamiento distinto (pico) en alguna de las señales adquiridas y así sesgar esa señal para analizar gráficamente su comportamiento para determinar su rango en μV .

Aplicación de pruebas

La aplicación de pruebas se realizó en un espacio cerrado, sin ventanas y completamente en silencio. Esto con la finalidad de disminuir el ruido en las señales.

Prueba: Parpadear (lentamente)

A continuación se presentan resultados de las pruebas obtenidos al aplicar la prueba de parpadeo en la cual se solicitó se hiciera lentamente.

En la Figura 4 se muestra al sujeto de prueba #1 realizando el parpadeo, mientras tanto en la Figura 5 se presenta el electroencefalograma obtenido en tiempo real, donde es posible observar como las señales **AF3** y **F7** reaccionan con un pico en el momento en que se realizó el parpadeo.



Figura 4 Sujeto de prueba #1 parpadeando lentamente.

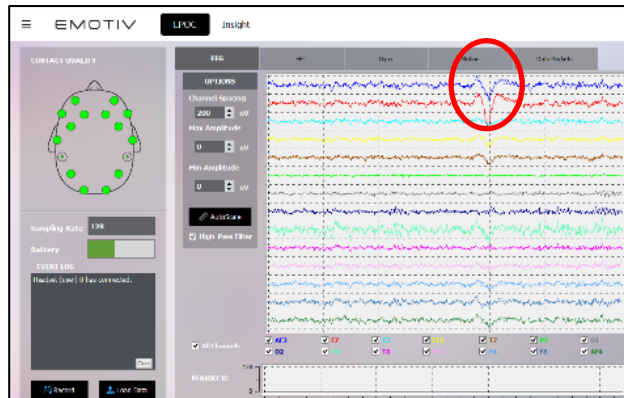


Figura 5 Muestra de electroencefalograma con evidencia de parpadeo en sujeto de prueba #1.

Debido a que en la mayoría de las muestras la señal que tuvo reacción fue la AF3, fue la seleccionada para determinar la amplitud como se muestra en la Figura 6 la cual varía entre los -160 y los 120 μ V.

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

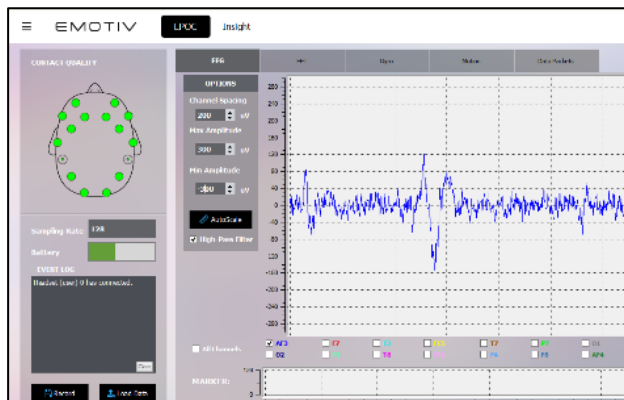


Figura 6 Muestra de la señal con mayor actividad por el parpadeo del sujeto de prueba #1.

Prueba: Levantar las cejas

A continuación se presentan resultados de las pruebas obtenidos al aplicar la prueba de levantamiento de cejas.

En la Figura 7 se muestra al sujeto de prueba realizando el levantamiento de cejas mientras tanto en la Figura 8 se presenta el electroencefalograma obtenido en tiempo real, donde es posible observar como en el momento de realizar la expresión, la mayoría de las señales generan una reacción.



Figura 7 Sujeto de prueba #3 levantando las cejas.

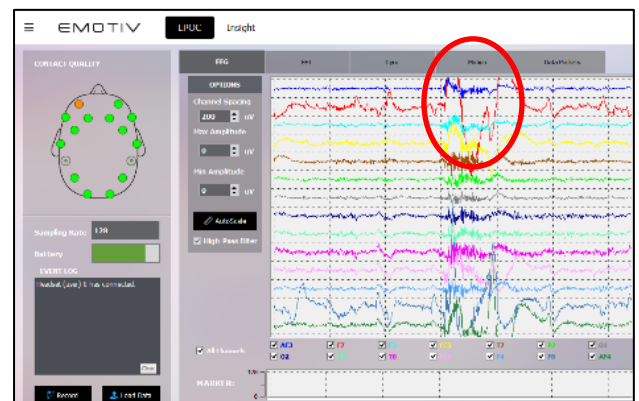


Figura 8 Muestra de electroencefalograma con evidencia de levantamiento de ceja en sujeto de prueba #3.

Al analizar detenidamente la Figura 8 es posible visualizar que la señal F7 tiene un pico mayormente marcado y esta reacción se presentó en las todas las muestras obtenidas, por lo tanto fue la seleccionada para sesgar como se muestra en la Figura 9, en la cual podemos observar que el rango del pico varía entre los -200 y los 200 μ V.

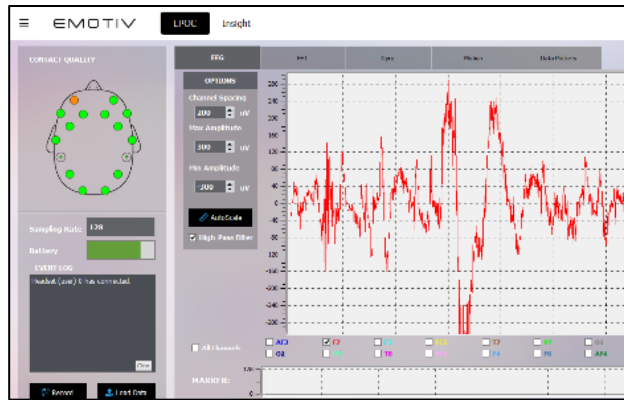


Figura 9 Muestra de la señal con mayor actividad por el levantamiento de cejas del sujeto de prueba #3.

Prueba: Mover la boca hacia la izquierda

A continuación se presentan resultados de las pruebas obtenidos al aplicar la prueba de mover la boca a la izquierda.

En la Figura 10 se muestra al sujeto de prueba #7 realizando el movimiento de la boca hacia la izquierda, mientras tanto en la Figura 11 se presenta el electroencefalograma obtenido en tiempo real y en la cual es posible observar que al realizar la expresión todas tienen algo de actividad sin embargo la señal T7 es la gráficamente muestra mayor amplitud en el pico.



Figura 10 Sujeto de prueba #7 moviendo la boca hacia la izquierda.



Figura 11 Muestra de electroencefalograma con evidencia de levantamiento de ceja en sujeto de prueba #7.

Al sesgar la señal T7 como se muestra en la Figura 12, se visualizó una amplitud de -200 a 280 μ V.

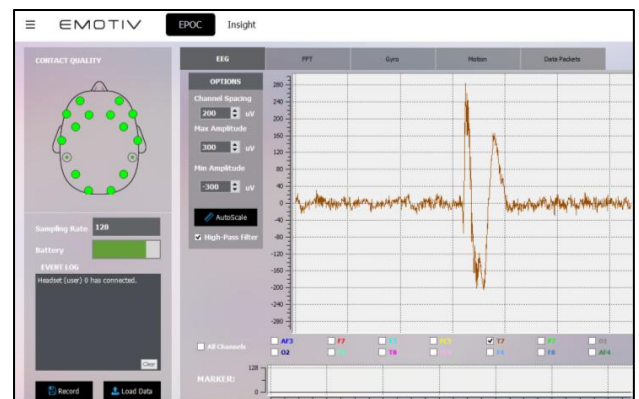


Figura 12 Muestra de la señal con mayor actividad por el movimiento de boca a la izquierda del sujeto de prueba #7.

Prueba: Mover la boca hacia la derecha

A continuación se presentan resultados de las pruebas obtenidos al aplicar la prueba de mover la boca a la derecha.

En la Figura 13 se muestra al sujeto de prueba #7 realizando el movimiento de la boca hacia la derecha, mientras tanto en la Figura 14 se presenta el electroencefalograma obtenido en tiempo real y en la cual es posible observar que al realizar la expresión todas tienen algo de actividad sin embargo la señal F7 es la gráficamente muestra mayor amplitud en el pico.



Figura 13 Sujeto de prueba #6 moviendo la boca hacia la derecha.



Figura 14 Muestra de electroencefalograma con evidencia de movimiento de la boca a la derecha en sujeto de prueba #6.

Al sesgar la señal F7 como se muestra en la Figura 15, se determina gráficamente que su amplitud es de menos de -300 a más de 300 μV .

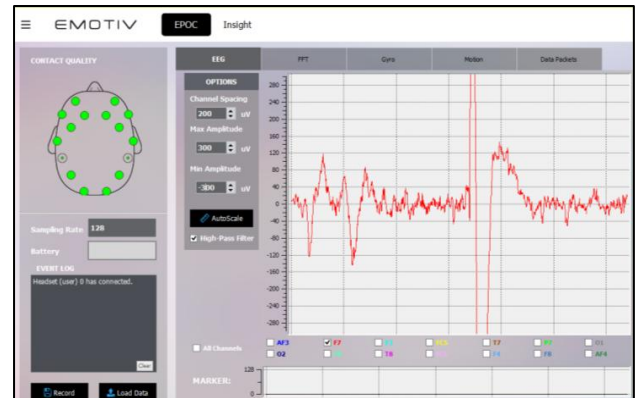


Figura 15 Muestra de la señal con mayor actividad por el movimiento de boca a la derecha del sujeto de prueba #6.

Prueba: Sonreír

A continuación se presentan resultados de las pruebas obtenidos al aplicar la prueba de Sonreír.

En la Figura 16 se muestra al sujeto de prueba #10 sonriendo, mientras tanto en la Figura 17 se presenta el electroencefalograma obtenido en tiempo real y en la cual es posible observar que al realizar la expresión todas tienen algo de actividad sin embargo la señal T7 es la que gráficamente muestra mayor amplitud en el pico.



Figura 16 Sujeto de prueba #10 sonriendo.

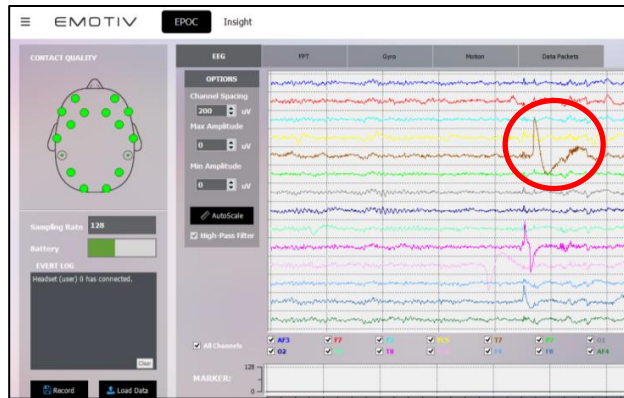


Figura 17 Muestra de electroencefalograma con evidencia de sonrisa en sujeto de prueba #10.

Al sesgar la señal T7 como se muestra en la Figura 18, se determina gráficamente que su amplitud es de menos de -200 a más de 300 μ V.

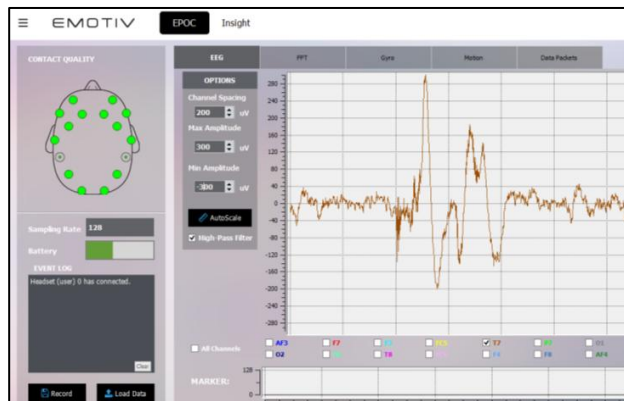


Figura 18 Muestra de la señal con mayor actividad por la sonrisa del sujeto de prueba #10.

Resultados

Una vez que se concluyó con la aplicación de pruebas, se generó un concentrado de los resultados de las mediciones por medio del análisis gráfico de las señales sesgadas cada vez que se generaba un pico al realizar la expresión facial. Con el objetivo de concentrar los resultados en la Tabla 2 y 3 se presenta el promedio en μ V obtenido de las 5 pruebas aplicadas a los 10 sujetos mostrando el canal de excitación.

Sujeto	Señal	Parpadeo		Señal	Levantar cejas	
1	AF3	+	128	F7	+	280
		-	156		-	300
2	AF3	+	106	F3	+	208
		-	94		-	202
3	AF3	+	136	F8	+	282.4
		-	156		-	282.4
4	AF3	+	92	FC5	+	208
		-	100		-	188
5	AF3	+	66	P8	+	272
		-	62		-	252
6	AF3	+	268	F7	+	300
		-	288		-	300
7	F7	+	156	T7	+	126
		-	176		-	202
8	AF3	+	58	0	+	0
		-	58		-	0
9	F7	+	98	AF4	+	300
		-	108		-	300
10	AF3	+	50	F8	+	300
		-	52		-	300

Tabla 2 Promedios obtenidos de los rangos en μ V obtenidos para las pruebas de parpadeo y levantamiento de cejas.

La Tabla 2 presenta únicamente los resultados de las pruebas de parpadeo y levantamiento de cejas. Como es posible observar, aunque un sujeto realizará la misma expresión facial, el rango en μ V varía bastante. Como punto de comparación, observar los resultados del Sujeto de prueba #6 en comparación con el sujeto de prueba #10, aunque ambos son de género masculino y es la misma señal la que se excita al momento de realizar el gesto, el rango promedio varía por la parte positiva con 218 μ V y en la parte negativa con -236 μ V.

Sujeto	Señal	Boca Izquierda		Señal	Boca Derecha		Señal	Sonrisa	
		+	-		+	-		+	-
1	F7	+	140	F8	+	184	T7	+	212
		-	140		-	188		-	200
2	FC 5	+	122	FC 5	+	74	0	+	0
		-	130		-	98		-	0
3	FC 5	+	76	T8	+	162	T7	+	228
		-	84		-	170		-	168
4	T7	+	88	T8	+	114	T7	+	96
		-	112		-	134		-	90
5	T8	+	194	T8	+	232	F7	+	152
		-	254		-	172		-	196
6	F7	+	312	FC 5	+	256	T7	+	228
		-	316		-	160		-	224
7	T7	+	272	T8	+	244	T7	+	98
		-	220		-	224		-	102
8	T7	+	300	F7	+	282	T7	+	145
		-	300		-	254		-	162
9	FC 5	+	270	FC 5	+	176	F7	+	232
		-	196		-	178		-	240
10	T7	+	300	F7,F C 5	+	234	T7	+	242
		-	300		-	182		-	238

Tabla 3 Promedios de los rangos en μV obtenidos, para las pruebas de movimiento de la boca a la izquierda, a la derecha y de sonrisa.

En la Tabla 3 se presentan los promedios de las pruebas de movimiento de la boca a la izquierda, movimiento de la boca a la derecha y sonrisa, en donde es posible observar una gran variación de rangos en los voltajes obtenidos a pesar de que la señal en algunos casos sea la misma. Un detalle en la Tabla 3, es el notorio incremento de voltaje de los picos dentro del grupo de los sujetos de género masculino (6 al 10).

Como medida de repetibilidad de las señales que generaron un pico al realizar cada una de pruebas, se presenta la Tabla 4. En esta es posible observar las expresiones faciales que generaron resultados más constantes en la mayoría de los usuarios son: el parpadeo en el canal AF3 y la sonrisa en el canal T7.

El porcentaje de total indica si es que la prueba género reacción en las señales en todos los usuarios indicándose con un 100% o no por ejemplo levantar cejas y sonrisa. De igual forma es posible observar que los canales P7, O1, O2, FC6 y F4 no presentaron actividad fuera de lo normal en ninguna de las pruebas.

Expresión	Parpadeo	Levantar cejas	Mover boca hacia la izquierda	Mover boca hacia la derecha	Sonrisa
AF3	80%				
F7	20%	20%	20%	10%	20%
F3		10%			
FC5		10%	30%	40%	
T7		10%	40%		70%
P7					
O1					
O2					
P8		10%			
T8			10%	40%	
FC6					
F4					
F8		20%		10%	
AF4		10%			
Total	100%	90%	100%	100%	90%

Tabla 4 Medición de la repetibilidad de cambio en las señales.

Agradecimiento

Se agradece a las personas que brindaron su tiempo y paciencia para formar parte del grupo de sujetos de prueba, así como al equipo de trabajo que contribuyó para llevar a cabo esta investigación. Un agradecimiento especial a los jóvenes Audiel Hernández Rodríguez y a Edgar Fernando Méndez Martínez. De igual forma se agradece al PRODEP por financiar este proyecto con número de oficio NÚM/SA-013/2016.

Conclusiones

Se ha presentado un estudio de señales electroencefalográficas cuando se realiza una expresión facial. Los resultados preliminares presentan evidencia de que hay canales a través de los cuales se obtienen señales de manera repetitiva independientemente del sujeto que esté realizando la expresión facial, sin embargo la amplitud del pico generado es lo que presenta variación con cada uno de los sujetos de prueba. Con esto, se comprueba la hipótesis planteada en un inicio debido a que al realizar una expresión facial hay actividad en una o más señales así como también hay variación en la amplitud del pico generado en el momento en que se realiza la expresión.

La presente investigación es un primer estudio que da la base para la siguiente etapa de este proyecto que consiste en establecer conexión del dispositivo Emotiv EPOC+ con un software que permita manipular las señales. Por otra parte, como trabajo futuro se propone la aplicación de métodos estadísticos a partir de los cuales sea posible realizar predicciones conforme a bases de datos generadas para sujetos de prueba.

Referencias

Carrillo, I., Meza, V., Morán, A., Galindo, G., & García, E. (2015). Emotions Identification to Measure User Experience Using Brain Biometric Signals. *Springer*, 15-25.

Ekanayake, H. (2015). *P300 and Emotiv EPOC: Does Emotiv EPOC capture real EEG?* Obtenido de <http://neurofeedback.visaduma.info/emotivresearch.htm>

EMOTIV. (16 de Julio de 2016). *Emotiv EPOC Specifications 2014*. Obtenido de EMOTIV: <https://www.emotiv.com/files/Emotiv-EPOC-Product-Sheet-2014.pdf>

Jurcak, V., Tsuzuki, D., & Ippeita, D. (2007). 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: Their validity as relative head-surface-based positioning systems. *NeuroImage*, 1600-1611.
Monge, S., & Aracena, D. (2015). Control de movimiento robótico con detección cognitiva y facial mediante Emotiv EEG. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* 23 (4), 496-504.
Sanei, S. (2013). *Adaptive processing of brain signals*. Surrey: Wiley.