

Análisis de Señales Electroencefalografías de Hombres y Mujeres ante Estímulos Auditivos

Esqueda Elizondo José Jaime, Bermúdez Encarnación Enrique Guadalupe, Jiménez Beristáin Laura, Marco Antonio Pinto Ramos, Rojo Ramírez Yesenia, Ruiz Morales Angélica, Munguía Carrillo Paul Eriel, Zaragoza Villa José María

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería.
Universidad Autónoma de Baja California.
Calzada Tecnológico 14418, Mesa de Otay, Tijuana, B.C., CP. 22390
+52 (664) 682 1033 – 5800

Email: jjesqueda@uabc.edu.mx, ebermudez@uabc.edu.mx, ljimenezb@uabc.edu.mx, mpinto@uabc.edu.mx,
yesenia.rojo@uabc.edu.mx, ruiz.angelica@uabc.edu.mx, paul.munguia@uabc.edu.mx,
jose.maria.zaragoza.villa@uabc.edu.mx

RESUMEN.

Este trabajo presenta el análisis de las señales encefalográficas (EEG) que se modifican de acuerdo con los diferentes estilos de música de manera proporcional a las experiencias del sujeto y al tempo de la música.

Independientemente de si son hombres o mujeres, siempre habrá una respuesta al estímulo auditivo la zona temporal y la relación entre las demás zonas de manera que se genere un estado de conciencia más complejo, que dependerá de los procesos cognitivos de los sujetos a prueba y de si la música provoque alguna reacción mas allá de la del estímulo auditivo.

Las funciones integrativas del cerebro incluyen conocimiento y actividades mentales de toda clase. Conocimiento, memoria, uso del lenguaje y emociones son las funciones que hacen, de escuchar una simple canción, algo más complejo y fino. Y según sea el estado de excitación eléctrico del cerebro, encontraremos qué regiones del cerebro participan con mayor potencia para cada tipo de canción. Ya que mientras más potencia se encuentre en algún electrodo, se entiende que es la exigencia de todos los procesos que se requieren en ese momento para la interpretación y la ejecución de una respuesta cerebral del estímulo auditivo según el género, Palabras Clave EEG, Funciones integrativas del cerebro, Densidad Espectral de Potencia, Música y Tempo.

ABSTRACT.

The analysis of encephalographic signals (EEG) of young people listening to different music genders is shown. The response of each people depends on his personal experiences and on the music tempo for each song.

Men and women have always a response to the auditive stimule in the parietal region. The way how the other brain regions are interrelated indicates that a more complex conscious stage is formed depending on the cognitive process of each person and if the music triggers any reaction beyond the auditive stimule.

The integrative brain signals include knowledge and many kinds of mental activities. Knowledge, memory, language usage and emotions are the functions that transform the simple action of listening a song into something more complex. And based on how the electrical excitation levels of the brain are, it is possible to know which regions registered the highest brain activity for each song. More power indicates that there is a more complex brain activity needed to process the audio stimule.

Keywords: EEG, Integrative brain functions, Power Spectral Density, Music and Tempo.

1. INTRODUCCIÓN

La música es una forma común de entretenimiento, en [1] se sugiere que la música es una forma integral de la comunicación humana para relacionar emociones, identidad de grupo e información política.

Aunque se han hecho investigaciones científicas respecto a la música, estas han versado más la armonía, el ritmo y a algunos factores de comportamientos sociales como la preferencia de género, no se les ha dado la adecuada atención.

Se ha encontrado que la preferencia de música produce diferencias significativas individuales, dependiendo el tipo de música. En este trabajo se presentan las reacciones de un grupo de personas en función del género musical y del tempo. El tempo es la velocidad con que debe ejecutarse una pieza musical, esta se mide por pulsaciones por minuto (bpm).

Los cambios en las ondas del cerebro al momento de escuchar música pueden ser medidas mediante un electroencefalograma (EEG). Mediante el procesamiento de las señales, llevado a cabo en Matlab 2010^a, es posible encontrar qué regiones del cerebro llevan a cabo la mayor parte del proceso y la interpretación de cada género musical.

2. ADQUISICIÓN DE LAS SEÑALES ENCEFALOGRÁFICAS

En la figura 1a se muestra la distribución de los catorce electrodos de la diadema (headset) Epoc utilizada [4-6], más dos electrodos que se utilizan como referencia. Los electrodos se distribuyen en la parte occipital, parietal y frontal de la cabeza, su nomenclatura indica la región de la misma donde están ubicados: frontal (F), central (C), parietal (P), occipital (O), temporal (T) y fronto-parietal (FP). En la figura 1b se muestra la posición de los electrodos de la diadema EPOC y en [6] se presenta la comparación con la distribución de los

electrodos de un encefalógrafo tradicional de 64 electrodos. Hay que resaltar que los electrodos CMS y DRL son usados como referencia y que este equipo comercial es capaz de adquirir señales encefalográficas con muy buena calidad [5,6]. Asimismo, el headset tiene un ADC de 16 bits, con una resolución de $0.51 \mu\text{V}$ y descarta los dos bits menos significativos para minimizar los efectos del ruido instrumental.

La herramienta EPOC tiene una frecuencia fija de muestreo de 128 Hz (128 muestras por segundo, SPS), aunque de forma interna se sobremuestra a 2048 Hz por canal, pero este ancho de banda se usa para eliminar señales de muy alta frecuencia de otros aparatos que pueden generar alias a las señales del cerebro. Posteriormente, la señal es filtrada y reducida a un ancho de banda de 128 Hz para la transmisión inalámbrica, finalmente la señal se limita con un filtro digital (de 0.2 a 45 Hz) a un ancho de banda de 43 Hz para evitar interferencias de 50 y 60 Hz. En la Tabla 1 se muestran los rangos de frecuencia en los que se clasifican las señales encefalográficas.

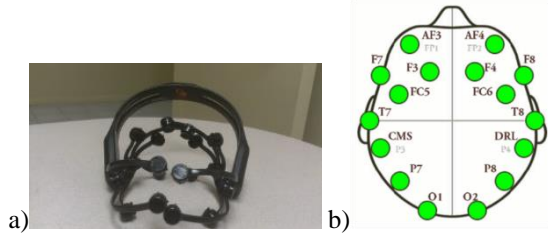


Figura 1a) Diadema (headset) Epoc Emotiv y 1b) la distribución de los electrodos en la cabeza.

Tabla 1. Rangos de frecuencia, amplitud de señales EEG y su correspondencia

Nombre	Rango de Frecuencias (Hz)	Amplitud (μV)	Situación correspondiente mental
Delta	1 – 4	70 - 100	Sueño profundo, meditación, hemisferio derecho activo
Theta	4 – 8	50 - 100	Estado de vigilia, equilibrio entre hemisferios, armonía
Alfa	8 – 12	20 - 60	Relajación, tranquilidad, creatividad, activación plena hemisferio derecho
Beta	12 – 30	10 - 15	Alerta máxima, normal cuando se está despierto
Ram	30 – 45	200 -	Estrés y confusión

3. ALGORITMOS EMPLEADOS

Las muestras obtenidas en cada prueba se procesan y analizan en Matlab, mediante una metodología basada en el Teorema de Wiener Khintchine (Transformada de Fourier de la Autocorrelación, $S_{xx}(f) = \mathfrak{F}[R_{xx}(\tau)]$) y presentada en [4], con la cual se extrae la potencia en Watts de cada electrodo y se divide en cada una de las bandas de frecuencia. De esta forma se puede determinar cuál hemisferio del cerebro presentó mayor actividad, así como también qué electrodo registró la mayor actividad. Asimismo, se puede determinar qué banda de frecuencia fue la más activa en cada hemisferio o región, ver la

figura 1b). En la figura 2 se muestra el diagrama a bloques del algoritmo empleado.



Figura 2. Algoritmo empleado

4. EXPERIMENTOS REALIZADOS

Para este experimento se trabajó 10 jóvenes estudiantes del área de ingeniería de entre los 18 y 25 años de edad, divididos de igual manera entre hombres y mujeres. Cada uno de estos muchachos entró con el headset puesto a una cámara semi anecoica para aislarlos del entorno y así tomar lectura de los estímulos auditivos que se les fueron mandando con el mínimo de distractores. Primero se tomaron las muestras del sujeto de prueba en estado de relajación dentro de la cámara. Posteriormente se emplearon los estímulos auditivos (canciones), divididos por género. Los géneros musicales que se utilizaron fueron: música Clásica, Rock Pesado (Heavy Metal), Pop en Español, Pop en otro idioma y música electrónica. Para terminar la prueba, se les puso su canción favorita, previamente especificada en una encuesta y como referencia, se utilizaron las mediciones del sujeto en estado de relajación. Todo esto con el propósito de cuantificar los estímulos auditivos y con ello ver cómo afecta la música a los estudiantes de ingeniería. Cabe mencionar que cada una de las pruebas que se realizaron tuvo una duración de 2 minutos.

En las siguientes subsecciones se presentará a detalle cada prueba realizada y los resultados obtenidos de forma promediada en las pruebas ante los diferentes géneros musicales, su canción favorita y el sujeto en estado de relajación.

4.1 ESTADO DE RELAJACIÓN

Al iniciar la prueba. Se toman dos minutos de muestras del sujeto en estado de relajación dentro de la cámara. De esta forma se minimiza el efecto de los estímulos visuales y auditivos externos a la cámara. En la figura 3 se muestra la cuantificación promedio de la actividad eléctrica encefalográfica de un grupo de hombres y mujeres evitando los estímulos visuales y auditivos. En este caso se presentan los promedios de los resultados individuales obtenidos tanto para hombres y mujeres, así como un promedio total.

En el estado de relajación, tanto en hombres como en mujeres, hay mayor predominancia de actividad en el hemisferio derecho, y se observa que las concentraciones de la potencia tienen casi la misma amplitud, dando la impresión de que sus potencias son semejantes o muy aproximadas entre sí, sobre todo entre FC6 y F4, P8 y AF4. Asimismo, se observa que predominan las ondas Delta y enseguida las Theta.

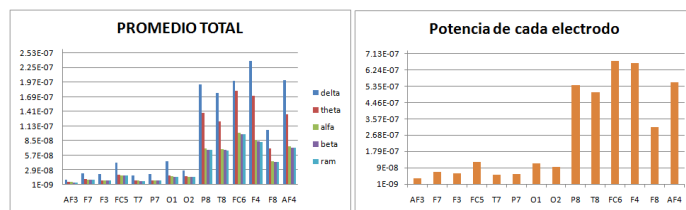


Figura 3. Potencias promedio por electrodo, por bandas y totales, en hombres y mujeres para la relajación.

Para el promedio de las mujeres, se encuentra que la potencia más alta está en el hemisferio derecho, en la zona frontal marcada por el electrodo F4, seguido del electrodo AF4, tal como se muestra en la Figura 4.

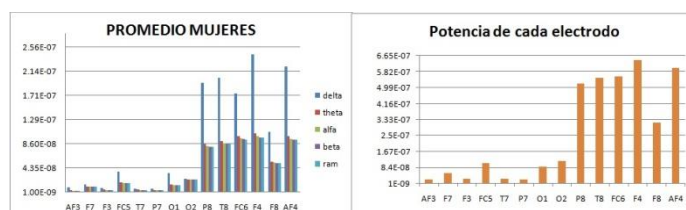


Figura 4. Potencias promedio por electrodo por bandas y totales en mujeres en la relajación.

Sin embargo, en los hombres predomina el hemisferio derecho, pero con el electrodo FC6 que corresponde a la región fronto-temporal del encéfalo, seguido de F4, tal como se muestra en la Figura 5. También se observa que en el género masculino hay una predominancia tanto en Theta como en Delta, siendo Theta la banda más activa.

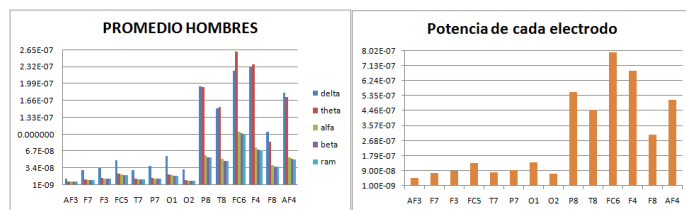


Figura 5. Potencias promedio por electrodo y por bandas en hombres en la relajación.

4.2 MÚSICA CLÁSICA FÜR ELISE DE BEETHOVEN

Al analizar la música clásica en las mujeres la cual tuvo una duración de prueba de 2 minutos, se encontró que se estimulan ambos hemisferios. En una mujer el hemisferio derecho es el que predomina, para algunas con mayor potencia en la escala de 10^{-7} . En cuatro de las mujeres, predomina el hemisferio izquierdo, pero con menor potencia, en la escala de 10^{-8} , tal como se muestra en la Figura 6. Además, también se observa que para las personas que dicen tener gusto por la música clásica, existe una mayor predominancia de actividad en el hemisferio derecho, tal como se presenta en la Figura 8 estimulándose las zonas frontales parietal, temporal, fronto

temporal y con menor amplitud los occipitales ya que no se requieren tanta atención en esta región.

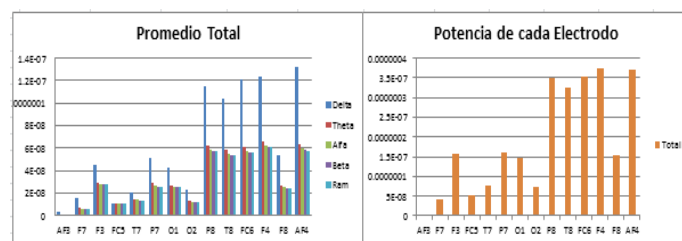


Figura 6. Potencia por bandas y total en cada electrodo en mujeres para la música clásica.

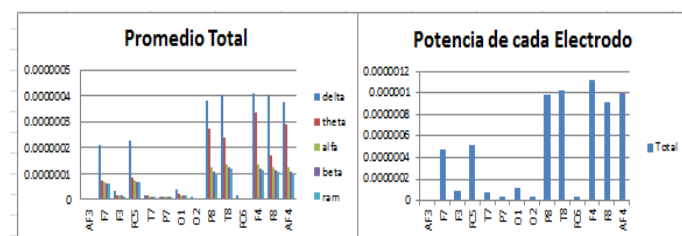


Figura 7. Potencia por bandas y total en cada electrodo, en hombres para la música clásica.

Al analizar la música clásica en los hombres, se encontró de nuevo que el hemisferio derecho predomina con mayores potencias que el izquierdo. A diferencia la prueba en las mujeres hay menor potencia.

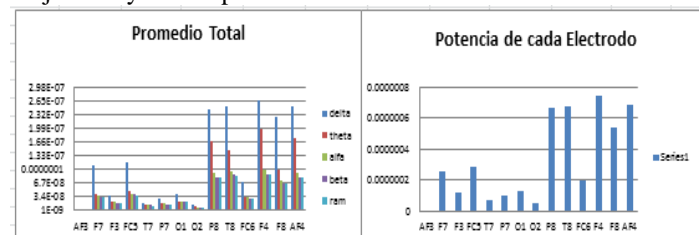


Figura 8. Potencia por bandas y total por electrodo para hombres y mujeres en la música clásica.

4.3 THRASH METAL RAINING BLOOD DE SLAYER

Para el género Rock Metal, se utilizaron dos minutos de la canción Raining Blood de Slayer. Se observa que los electrodos de mayor predominancia fueron F4 y P8, mientras que de menor predominancia son las de los occipitales, tal como se muestra en la Figura 9.

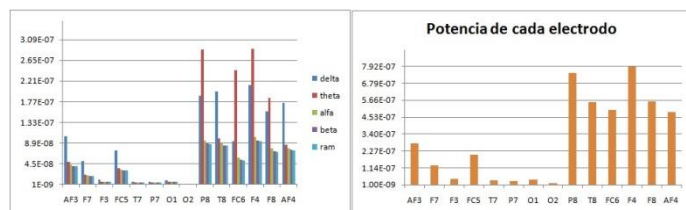


Figura 9. Potencias promedio por electrodo, por bandas y totales, en hombres y mujeres para Trash Metal.

En los hombres, al igual que en el estado de relajación se encuentra con mayor amplitud las frecuencias de Theta y delta mientras alfa, beta y ram son muy parecidas, tal como se muestra en la Figura 10.

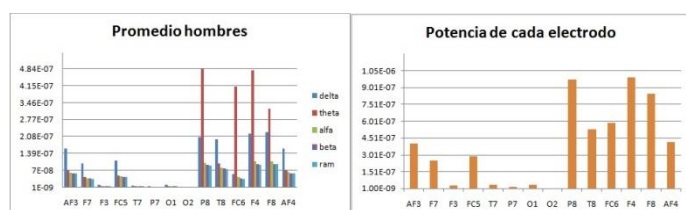


Figura 10. Potencias promedio por electrodo, por bandas y totales en hombres para Trash Metal.

En las mujeres se tiene menor amplitud en el electrodo F8 y menor potencia si lo comparamos de forma general con las figuras de los hombres, tal como se muestra en la Figura 11.

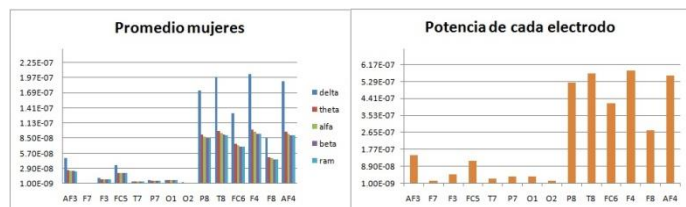


Figura 11. Potencias promedio por electrodo, por bandas y totales en mujeres para Trash Metal.

4.4 CANCIÓN FAVORITA

Con este estímulo se obtuvo mayor potencia por bandas de en los electrodos FC5, FC6 (que corresponden a las zonas Fronto-temporal) y P8 (zona parietal), ya que por ser la canción favorita, la potencia es mayor en esas regiones del encéfalo, sobre todo regiones temporales y frontales, que son las encargadas de la audición y de los procesos de emitir y procesar recuerdos y sentimientos. Estos resultados se presentan en la Figura 12.

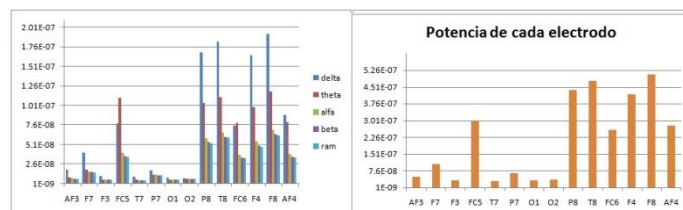


Figura 12. Potencias promedio por electrodo, por bandas y totales, en hombres y mujeres con la canción favorita.

En este caso se nota que, a diferencia de las figuras anteriores, en esta se tiene que en las mujeres hay mayor predominancia de ondas Theta, mientras que en los hombres, las predominantes son las Delta, tal como se muestra en las Figuras 13 y Figura 14, respectivamente. Asimismo, se observa que en las mujeres la actividad en el lado derecho es muy similar para todos los electrodos de ese hemisferio.

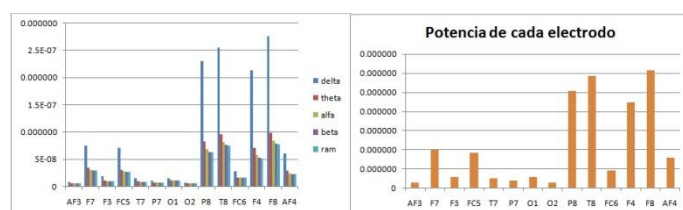


Figura 13. Potencias promedio por bandas y totales por electrodo en hombres para la canción favorita

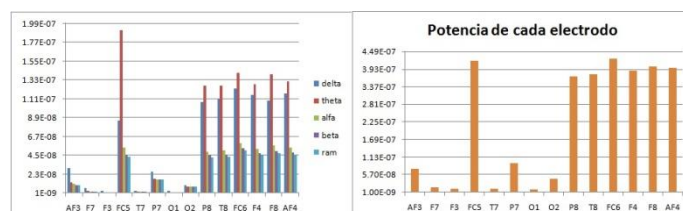


Figura 14. Potencias promedio por bandas y totales por electrodo en mujeres en la canción favorita.

4.5 POP EN ESPAÑOL DE DOS DE VALGUR

En la Figura 15 se presentan los resultados promediados de mujeres al escuchar la canción llamada De Dos del grupo Valgur durante dos minutos. La figura de la izquierda nos presenta los resultados de la actividad cerebral durante esta prueba, dividido por bandas por cada electrodo. Como se puede observar la banda de frecuencias que predomina en esta imagen es la Delta, mientras que en otras bandas se obtiene una actividad moderada. En la figura de la derecha se muestra la potencia total por electrodo, esto para poder observar de manera más clara la actividad del mismo por secciones. Se puede apreciar que el registro de mayor potencia esta en los electrodos T8 y F4.

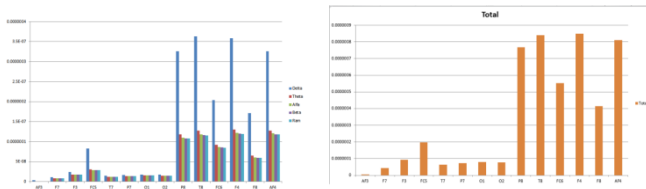


Figura 15. Potencias promedio por bandas y totales por electrodo en mujeres en la canción POP De Dos.

En la Figura 16 se muestra el resultado promediado de los hombres al escuchar la canción llamada De Dos del grupo Valgur durante dos minutos. La figura de la izquierda muestra los resultados de la actividad cerebral durante esta prueba por bandas por cada electrodo. Como se puede observar, la banda de frecuencias que predomina en esta imagen es la Theta, mientras que en las otras bandas se obtiene una actividad moderada. En la figura de la derecha se muestra la potencia total por electrodo. Se observa que la potencia registrada es mayor en el electrodo F4, seguido de AF4.

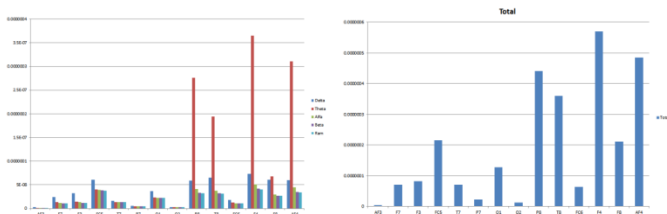


Figura 16. Potencias promedio por bandas y totales por electrodo en hombres en la canción POP De Dos.

4.6 POP EN OTRO IDIOMA, ALL IZZ WELL

En la Figura 17 se presentan los resultados en promediados de mujeres al escuchar la canción llamada All Izz Well de la popular película hindí "3 Idiots" durante dos minutos. La razón por la cual hicimos un estudio con esta canción es porque se quiere analizar a los sujetos con una canción que este en un idioma totalmente diferente al español y compararlo con otra del mismo género pero en idioma español.

La figura de la izquierda muestra los resultados de la actividad cerebral durante esta prueba dividido por bandas en cada electrodo. Como se puede observar la banda que predomina en esta figura es la Delta, mientras que en otras bandas se obtiene una actividad alta pero moderada. En la figura de la derecha se muestra la potencia total por electrodo. Donde predomina el electrodo F4 y le sigue el AF4.

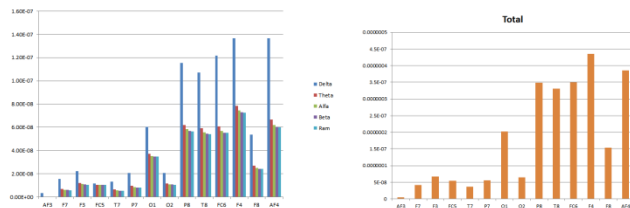


Figura 17. Potencias promedio por bandas y totales por electrodo en mujeres en la canción POP All Izz Well.

En la Figura 18 de muestran los resultados promediados de hombres al escuchar la canción llamada All Izz Well de la película popular hindí "3 Idiots" durante dos minutos.

La figura de la izquierda presenta los resultados de la actividad cerebral durante esta prueba dividido por bandas en cada electrodo. Como se puede ver, la banda que predomina en esta imagen es la Theta, mientras que en los otros rangos de frecuencias se obtiene una actividad moderada baja. En la figura de la derecha se muestra la potencia total por electrodo. El electrodo con mayor actividad fue el F4, seguido por el FC6.

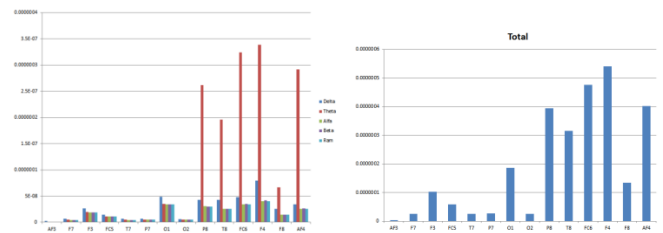


Figura 18. Potencias promedio por bandas y totales por electrodo en hombres en la canción POP All Izz Well.

4.7 MUSICA ELECTRONICA, SOME CHORDS DE DEADMAU

En la música electrónica se ve mayor potencia de las ondas delta del hemisferio derecho, que en el hemisferio izquierdo se encuentran en una menor potencia. El hemisferio derecho se encarga de las funciones que se manifiestan en los sentimientos, emociones, creatividad. Las ondas delta corresponden a sueño profundo, meditación donde la música electrónica tuvo un mayor efecto en la predominancia de las ondas delta.

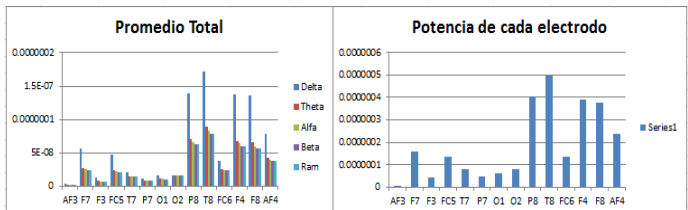


Figura 19. Potencias promedio por electrodo, por bandas y totales, en hombres y mujeres en música electrónica.

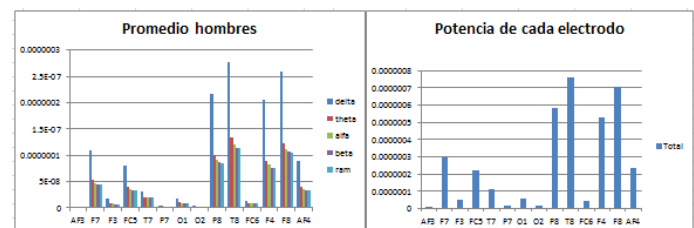


Figura 20. Potencias promedio por electrodo, por bandas y totales en los hombres para la música electrónica.

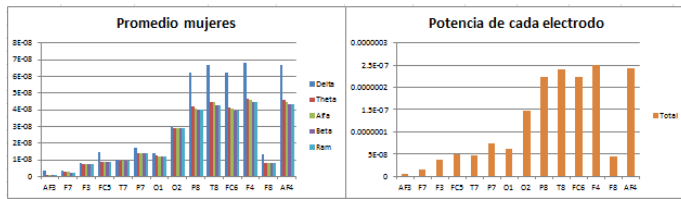


Figura 21. Potencias promedio por electrodo, por bandas y totales en las mujeres para la música electrónica.

En la figura 21 se encuentra de nuevo mayor potencia en las ondas delta y activación del hemisferio derecho respecto a las ondas theta en alfa, beta y ram que en comparación con las potencias promedio en los hombres solo se encuentra una menor estimulación de los electrodos O2, FC6, AF4 correspondientes al hemisferio derecho.

5 CONCLUSIONES

Los hombres, en general se sienten más atraídos por un género en específico, donde ponen más énfasis en lo que representa la letra de la canción y las sensaciones que los envuelven.

En las gráficas presentadas, se encuentra que para cualquier género de música, en esta muestra se activó el hemisferio derecho más que el izquierdo y como se ve en las referencias [6], [7] se deduce (en este caso) que este hemisferio se utiliza más, debido a que el hemisferio derecho se especializa en la interpretación de sensaciones y sentimientos.

De igual forma, de las gráficas obtenidas se observa que en promedio la potencia de una mujer en el electrodo FC6 es mayor que en las de los hombres, debido a que en los hombres la predisposición es más hacia las sensaciones que le genera una canción o algún género de música en especial, mientras que en las mujeres la potencia es más alta porque además de las sensaciones, también hay mayor predisposición para los sentimientos y recuerdos que le generan, esto es en apariencia como si fuera una suma de estímulos por lo cual la mujer genera más potencia en esta banda al escuchar y procesar la música.

6 REFERENCIAS

- [1] Dillman Carpentier, F. R., & Potter, R. F. (2007). Effects of music on physiological arousal: Explorations into tempo and genre. *Media Psychology*, 10(3), 339-363.
- [2] José Jaime Esqueda et al, "Metodología para el análisis de señales encefalográficas en actividades lúdicas", Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya 2014
- [3] Kridsakron Yaomane, Seth Pan-ngum, Pasin Irasena Na Ayuthaya, Brian Signal Detection Methodology for Attention Training using minimal EEG channels, 2012 tenth International Conference on ICT and Knowledge Engineering, 2012
- [4] Matthieu Duvinage, Thierry Castermans, Thierry Dutoit, M. Petieau, T. Hoellinger, C. De Saedeleer, K. Seetharaman, and G. Cheron, "AP300-Based quantitative comparison between the Emotiv

EPOC headset and a medical EEG device," in Proc. Biomedical Engineering, track 764-071, February 15-17, 2012

[5] John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis (2007). Digital Signal Processing principles, algorithms, and applications, PRENTICE HALL / PEARSON. S.B.N. 0-13-187374-1.

[6] Alcalde, J.. (2014, mayo 05). Cómo nos Transforma la Música. 2015, mayo 28, de Muy Interesante Sitio web:

<http://www.muyinteresante.es/salud/articulo/como-nos-transforma-la-musica>

[7] Cabrera, M., Diaz, J.. (Marzo 10, 2010). La emoción musical difiere en hombres y mujeres: Un estudio de coherencia eléctrica entre zonas del cerebro. mayo 28, 2015, de Ciencia Cognitiva Sitio web: <http://medina-psicologia.ugr.es/cienciacognitiva/?p=88>