

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INTERFAZ ELECTRÓNICA QUE PERMITA RECOGER LOS BIPOTENCIALES ELÉCTRICOS DEL CEREBRO DE UN PACIENTE MEDIANTE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA PARA ENVIARLOS A UNA PC

Cristhian Andres Gavino Morales<sup>(1)</sup> Josué Enrique Gallardo Hi-Fong<sup>(2)</sup>  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación<sup>(1)</sup>  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
cristhian\_gavino@hotmail.com<sup>(1)</sup> josue\_g\_2002@hotmail.com<sup>(2)</sup>

## Resumen

*El presente trabajo se encuentra dirigido hacia el estudio de la actividad eléctrica del cerebro, el cual permitirá visualizar cada una de las ondas cerebrales del individuo de forma remota, para lo cual se ha desarrollado un electroencefalógrafo. El estudio de las ondas cerebrales sirve para detectar anomalías en actividad eléctrica del cerebro; para la detección de enfermedades que alteran el correcto funcionamiento del cerebro y su análisis, se utiliza un EEG. El diseño de este electroencefalógrafo se basa en un circuito electrónico capaz de recibir la señal analógica proveniente de la actividad eléctrica del cerebro, amplificarla, filtrarla, condicionarla y luego convertirla en una señal digital que va a ser enviada inalámbricamente a la computadora y, mediante el software LabVIEW, poder ser graficada, siendo así posible mostrar en tiempo real el comportamiento de las ondas cerebrales: alfa, beta, theta y delta.*

**Palabras Claves:** *Actividad eléctrica del cerebro, electroencefalógrafo (EEG), software LabVIEW, ondas cerebrales.*

## Abstract

*This paper is directed towards the study of the electrical activity of the brain, which will display each individual brainwaves remotely, for which it has developed an electroencephalograph. The study of brain waves is used to detect anomalies in electrical activity of the brain; for the detection of diseases that affect the proper functioning of the brain and its analysis, an EEG is used. The design of this EEG is based on an electronic circuit capable of receiving the analog signals from the electrical activity of the brain, amplify, filter, condition them, and then convert them into digital signal which will be sent wirelessly to the computer and, through the LabVIEW software, can be plotted, making it possible to display real-time behavior of brain waves: alpha, beta, theta and delta.*

**Keywords:** *Electrical activity of the brain, electroencephalograph (EEG), LabVIEW software, brain waves.*

## 1. Introducción

En esta documentación se describe el diseño y construcción de un electroencefalógrafo (EEG), el cual tiene como función adquirir las señales eléctricas del cerebro, para luego ser presentadas en una computadora.

La primera parte del presente trabajo trata sobre conceptos básicos de la neurona, sus partes, el potencial bioeléctrico y el principio de transmisión de las señales eléctricas; también son estudiados los conceptos básicos del electroencefalógrafo y la distinción de las ondas alfa, beta, theta y delta. Posteriormente se estudia el diseño, construcción e implementación del electroencefalógrafo y todas sus partes.

Una parte innovadora del presente trabajo es la transmisión vía inalámbrica de la señal obtenida de la actividad eléctrica del cerebro hacia una computadora.

## 2. Conceptos básicos

### 2.1 Neurona

La neurona es la célula fundamental y básica del sistema nervioso, su principal característica es la recepción de los estímulos y conducción del impulso nervioso, el cual maneja y transmite información entre ellas o con otros tipos de células.

La neurona se estructura de las siguientes partes: el citón, soma o cuerpo neuronal; las dendritas y el axón o neurita.

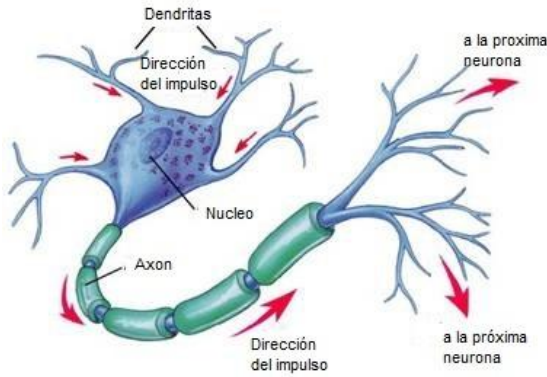


Figura 1. Estructura de la neurona

## 2.2 Ondas cerebrales

Las ondas cerebrales son impulsos eléctricos que viajan a través de nuestras neuronas. Mediante un análisis en su banda de frecuencia las ondas cerebrales se clasifican en ondas beta, alfa, theta y delta.

Tabla 1. Tipo de ondas cerebrales.

Tipo de onda	Rango de frecuencia	Descripción
Ondas beta	13-30 Hz	El cerebro esta despierto o implicado en actividades mentales
Ondas alfa	8-12 Hz	Estado de descanso luego de haber realizado una actividad mental
Ondas theta	3.5-7 Hz	Se alcanzan bajo un estado de calma profunda
Ondas delta	0-3.5 Hz	Se generan ante un estado de sueño profundo

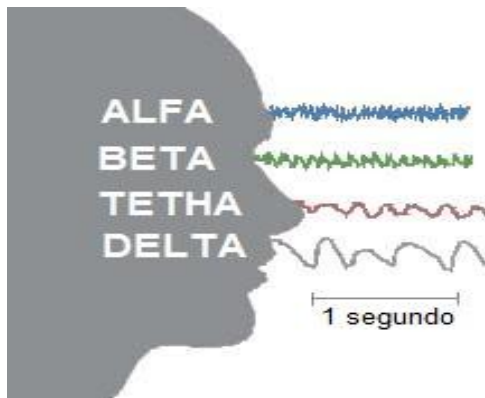


Figura 2. Ondas cerebrales

## 2.3 Electroencefalograma

El electroencefalograma consiste en el trazado en el tiempo de la actividad eléctrica del cerebro

mediante el empleo de unos electrodos, en forma de moneda, que recogen los diferentes impulsos eléctricos cerebrales generados por las neuronas para comunicarse entre sí.

## 3. Diseño y construcción del EEG.

Las etapas esenciales en el diseño y construcción del electroencefalógrafo son la de adquisición de datos, de acondicionamiento de la señal, de procesamiento de los datos y para visualización de las ondas obtenidas mediante una PC.

Una parte esencial y novedosa es la transmisión de los datos vía inalámbrica para luego ser visualizada en la PC. Se debe convertir la señal analógica a digital utilizando un microcontrolador que gestione los tiempos de muestreo y que sincronice el envío de los datos a través de los módulos inalámbricos.

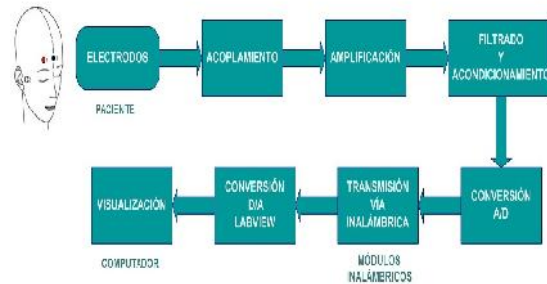


Figura 3. Diagrama de bloques del circuito EEG

## 4. Componentes principales del circuito EEG

### 4.1 Acoplamiento de impedancias

Para la etapa de acoplamiento de impedancias se emplea la configuración seguidor de voltaje, aprovechando las características que proporciona el amplificador operacional y en especial el TL082, que presenta entradas JFET de alta impedancia de entrada ( $10^{12}$ ) y bajo consumo de potencia.

### 4.2 Amplificador de instrumentación AD620

El integrado AD620 contiene encapsulado un amplificador de instrumentación con las mismas características de alta impedancia de entrada y un alto rechazo al modo común (CMRR).

Este amplificador trabaja de tal forma que hace la resta entre sus dos entradas, lo que anula el efecto del ruido y las multiplica por un factor. Este componente

es muy útil para trabajar con señales muy pequeñas y portadoras de ruido.

#### 4.3 Etapa de filtrado

En la etapa de filtrado se utilizan tres tipos de filtros: Notch, pasa-altos y pasa-bajos.

En esta etapa se eliminan las interferencias producidas por la red eléctrica (60 Hz), así como el nivel DC proveniente del voltaje que se origina en la membrana celular.

Al final se obtienen señales que se encuentran en un rango de frecuencias entre 1-30 Hz, característico de las señales eléctricas del cerebro.

#### 4.4 Amplificador de ganancia

En esta etapa del circuito la señal tendrá una amplificación de 102 veces la señal de entrada. Se utiliza un amplificador no-inversor que tiene como ventaja no solo amplificar la señal, sino poner en fase la señal de salida con la señal de entrada.

#### 4.5 Procesamiento Analógico-Digital de la señal

Para transmitir la señal del EEG y poder visualizarla en una PC, ésta debe primero ser procesada y luego convertida de analógica a digital utilizando un microcontrolador 16F887, que nos da una señal digital de 10 bits.

Una vez que el bloque de procesamiento de la señal la haya convertido en digital, mediante un transceiver, la señal es enviada vía inalámbrica hacia un receptor, el cual posee un FT232 que se encarga de la transmisión de los datos hacia la computadora por comunicación serial.

### 5. Módulo inalámbrico Transceiver HM-TR

El módulo inalámbrico HM-TR está diseñado para aplicaciones de transmisión de datos inalámbrica. Cuenta con alta velocidad de datos, frecuencias y ancho de bandas programables para transmisión a largas distancias.

Entre las principales características de este módulo están: robusto a las interferencias, licencia libre a nivel mundial, se puede seleccionar la desviación de frecuencia de transmisión y el ancho de banda del receptor, alta sensibilidad y largo rango de transmisión.

El módulo se alimenta con una fuente de poder de 5Vdc, y trabaja a una frecuencia de 915 MHz. Alcanza una distancia de transmisión de 20 mts. y la tasa de datos puede configurarse entre 300 y 19200 bps.

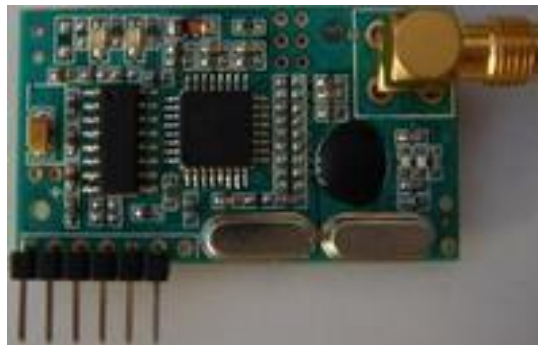


Figura 4. Módulo Transceiver

### 6. Electrodo

Se utilizan electrodos superficiales de oro puesto que son buenos conductores. Son electrodos diseñados para adherirse de forma segura al cuero cabelludo, poseen un tubo interno para que el gel conductor se pueda aplicar a través de él.

Las desventajas de este tipo de electrodos son: tienen potenciales de juntura más grandes y son muy susceptibles a los artefactos. Por otro lado, éstos mantienen una baja impedancia y son reutilizables.



Figura 5. Electrodo de oro

### 7. Montaje, selección y aplicación de electrodos en un EEG

Para registrar la señal emitida por el EEG se utilizan electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo, en lugares específicos determinados según el sistema internacional “diez-veinte”. Cada

electrodo es un punto de registro. Sin embargo, para realizar el registro en este trabajo, es preciso disponer de tres terminales: dos de registro y otro de referencia.

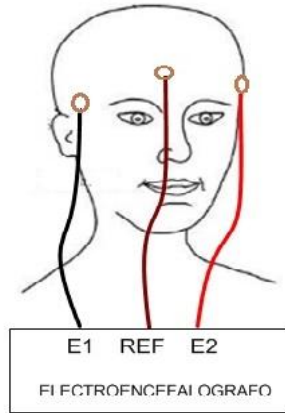


Figura 6. Posicionamiento de los electrodos

## 8. Gráficas y resultados

### 8.1 Señal visualizada en el osciloscopio

La amplitud de la señal que se obtiene del EEG es muy pequeña, está en el orden de los microvoltios. Por eso, la señal ha sido procesada y pasada por varios filtros y etapas de amplificación para eliminar los ruidos y tener una señal con un nivel de voltaje que pueda ser digitalizado y enviado vía inalámbrica hacia el computador.

Durante la etapa de pruebas del EEG la señal obtenida es la siguiente que se muestra en el osciloscopio normal, tal como se observa en la figura 7.

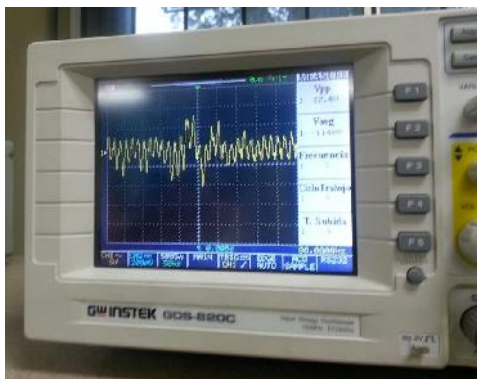


Figura 7. Señal del EEG en el osciloscopio normal

### 8.2 Visualización de la señal en el osciloscopio virtual

Usando el software LabVIEW se puede recibir y visualizar la señal del EEG transmitida vía inalámbrica. Ésta es receptada por el computador mediante el puerto serial (UART).



Figura 8. Señal del EEG en el osciloscopio virtual

Las señales obtenidas del EEG usando el osciloscopio virtual y el normal son similares. Se observa que, en ambos osciloscopios, la señal tiene los mismos picos, periodos y formas de onda.

En el osciloscopio virtual se puede visualizar la señal y analizarla ya que se pueden variar ciertos parámetros como: ganancia, las escalas y el tiempo de barrido.

En el osciloscopio normal la señal se ve más pequeña, pero es utilizada como guía para observar la forma y picos de onda buscados.

## 11. Conclusiones

Para el diseño del ancho de banda se tomó en cuenta el rango de frecuencia de las ondas cerebrales que oscilan entre 1 a 30 Hz, y se utilizó filtros pasa-bajos y pasa-altos de forma individual para un mejor ajuste del ancho de banda.

Se empleó el amplificador de instrumentación AD620 gracias a su gran rechazo al modo común y su bajo nivel de ruido; este mejora de gran forma la amplificación de la señal.

Para eliminar el efecto de interferencia de la red eléctrica se empleó un filtro Notch, evitando así la saturación de los amplificadores operacionales.

Las etapas de acoplamiento, amplificación, filtrado y acondicionamiento de la señal del EEG resultaron adecuadas ya que se logró reducir de gran manera los ruidos, artefactos e interferencias, dando como resultado una señal confiable para su análisis.

La implementación de la tecnología inalámbrica nos permite poder monitorear la actividad eléctrica del

cerebro del paciente de forma remota en un computador de forma sencilla.

## 12. Recomendaciones

El manejo de este EEG es sencillo; se pueden obtener las principales ondas cerebrales, tales como las ondas alfa y beta que, aunque se tenga sólo dos canales, las señales resultantes son confiables.

Es importante el uso de amplificadores de instrumentación de uso biomédico, como el integrado AD620, que mejora la adquisición de la señal gracias a su alto CMRR.

Es recomendable que al momento de realizar el examen electroencefalográfico, no se lo haga en lugares con presencia de campos electromagnéticos, ya que éstos generarían perturbaciones que afectarían a la señal haciéndola menos confiable.

Es recomendable utilizar electrodos de la misma clase y del mismo material en los tres canales para obtener medidas de un mismo nivel de voltaje y frecuencias; además, es importante el uso de la pasta conductora Ten 20 para mejorar la zona de contacto con el cuero cabelludo.

## 13. Referencias

- [1] Dra. Cristina Muñoz Gil, Pruebas Neurofisiológicas <http://www.mapre.es/salud/es/cinformativo/electroencefalograma.shtml>, 2012.
- [2] Enciclopedia Salud. Electroencefalograma <http://www.encyclopediasalud.com/definiciones/electroencefalograma>, 23 de Diciembre del 2013.
- [3] Psicología de la Percepción Visual, Las ondas cerebrales <http://www.ub.edu/pa1/node/130>, 2008.
- [4] E. Escamilla, V. Ponomaryov, L. Badillo, "Sistema de Telemetría de señales de EEG Multicanal", IEEE ROC&C, Octubre 2001.
- [5] D. Jonson, J Hilbum, "Rapid practical design of active filter", "Jhon Wilet & Sons, Canada, Cap 5, 1975.
- [6] W. Tomasi, "Sistemas de comunicaciones electrónicas", Prentice Hall Hispanoamericana, Cap 12, 1996.