

BrainWave Navigator

Interacción humano computador mediante un dispositivo electroencefalógrafo

José Guzmán
Escuela de Computación
Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela
<https://orcid.org/0009-0002-4878-6367>

Antonio Silva Sprock
Escuela de Computación
Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela
<https://orcid.org/0000-0002-9911-4774>

Ana Morales Bezeira
Escuela de Computación
Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela
<https://orcid.org/0000-0001-5482-0512>

Abstract. The mouse is an electronic computational input device, used in GUI graphic environments; however, its prolonged use can generate disorders in the nerves that interact in the hand, one of them is well known as “Carpal Tunnel Syndrome”, which generates pain, swelling, and difficulty moving the affected joints. On the other hand, some devices are made up of sensors capable of detecting brain waves, and with them, data related to facial expressions can be obtained and interpreted, which can be processed as data that helps generate commands and simulate mouse movements in GUI environments. This article proposes an accessibility and health solution for our hands, where we can interact with the Chrome browser using brain waves produced by facial expressions, through the use of BrainWave Navigator.

Keywords: *electroencephalogram, electroencephalograph, EEG, hand problems, accessibility, mouse.*

I. INTRODUCCIÓN

El uso constante y extenso del mouse o ratón puede provocar lesiones en las articulaciones como, por ejemplo, el síndrome del túnel carpiano, síndrome del túnel radial o síndrome del túnel cubital. Aunado a lo anterior, es indispensable ofrecer alternativas tecnológicas que permitan preservar la salud del ser humano al interactuar con la tecnología o soluciones a personas con discapacidad motora. En este sentido, este trabajo muestra el desarrollo de una extensión para Google Chrome llamada BrainWave Navigator para interactuar con el navegador Web a través de la lectura de señales cerebrales detectadas con un dispositivo electroencefalográfico (EEG).

II. BASES NEUROFISIOLÓGICAS DEL ELECTROENCEFALOGRAMA

A. El cerebro humano

El cerebro humano es un órgano que controla varias partes del cuerpo, es capaz de controlar lo que se aprende y se recuerda, se piensa y se siente. Dicho órgano está protegido por los huesos del cráneo y por un líquido que lo protege tanto a nivel inmunológico como a nivel físico y tiene por nombre, líquido cefalorraquídeo. Se conoce que dicho órgano está dividido por la mitad, en hemisferio

derecho y hemisferio izquierdo, y a su vez, la corteza cerebral de ambos hemisferios está dividida por lóbulos. Teniendo así, lóbulos frontales, lóbulos temporales, lóbulos parietales y lóbulos occipitales. Cada lóbulo cumple con diferentes funciones.

El lóbulo frontal, tiene la responsabilidad de planificar, percibir, coordinar, controlar, razonar, ejecutar conductas y omitir juicios, así como, transformar lo que se piensa en palabras [1]. El lóbulo parietal, se encuentra ubicado en la parte superior detrás del lóbulo frontal y controla las percepciones de los sentidos, el dolor, el tacto y ayuda al entendimiento de las señales auditivas [1]. El lóbulo temporal, se encuentra debajo del lóbulo parietal y detrás del lóbulo frontal, regula la audición y el olfato, así como, recordar palabras, objetos y nombres [1]. El lóbulo occipital, se encuentra en la parte inferior y posterior del cráneo. Procesa e interpreta la visión e identifica las formas de los objetos, permite la formación de recuerdos visuales e integra las formas de los objetos, permite la formación de recuerdos visuales e integra las percepciones visuales con la información espacial proporcionada por los lóbulos parietales adyacentes [2], vistos en la Fig. 1.

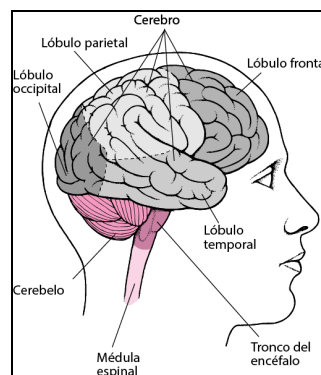


Fig. 1. Partes del cerebro humano. [2]

B. Tipos de ondas

Cuando las neuronas se activan, generan pulsos eléctricos y estos, originan una onda cerebral. Las ondas cerebrales son ondas de baja amplitud, microvoltios en el ser humano y de

diferentes tipos de frecuencia, siendo unas más rápidas y otras más lentas [5]. Por lo tanto, las ondas cerebrales se clasifican según su frecuencia y se miden en Hertz (Hz).

C. Bases de interpretación del EEG

Un EEG está compuesto por una serie de oscilaciones llamados “Ritmos”. Un registro típico consta de varios trazos en líneas horizontales y cada uno de los trazos pertenece a un canal y la unidad de tiempo de las oscilaciones de un segundo. Cada hoja representa una época de más o menos diez segundos, y su conjunto representa un trazado [7].

La actividad rítmica cerebral, se consigue a través de las señales que se obtienen en los electrodos colocados sobre el cuero cabelludo y gracias a que las señales son ampliadas electrónicamente, se pueden ver y analizar. La nomenclatura que se usa en este tipo de estudio usa letras mayúsculas y subíndices numéricos. Los subíndices con números pares son para el hemisferio derecho y los subíndices con números impares para el hemisferio izquierdo. Frontales (F), temporales (T), centrales (C), parietales (P) y occipitales (O).

Para obtener una mayor comprensión visual, se muestra la Fig. 2, donde se puede observar una distribución topográfica cerebral sencilla que va desde el Nasión hasta el Inión (pasando por el Vertex), esto genera una cuadrícula cerebral, las letras A (Apófisis mastoide) se usan como referencia o tierra, ya que son zonas donde no se detecta actividad cerebral y las zonas centrales, en este caso, se identifican con la letra Z y FP (Frontal Polar). Con ello, se entiende cómo se pueden distribuir los electrodos de un EEG en el cuero cabelludo y obtener señales de frecuencia para su posterior análisis.

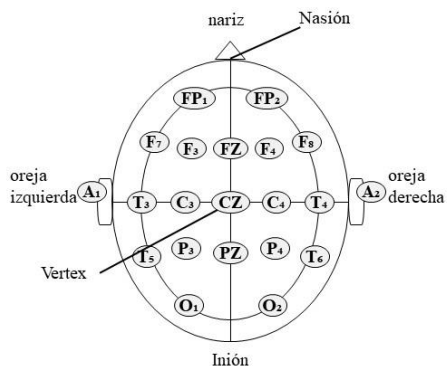


Fig. 2. Distribución topográfica cerebral.

III. DESARROLLO DEL BRAINWAVE NAVIGATOR

La extensión utilizará las señales cerebrales obtenidas de un dispositivo electroencefalográfico (EEG) llamado EPOC^x, el cual permite abarcar todo el cerebro humano. Este desarrollo se realizó en cuatro etapas, definidas como se muestra en la Fig. 3.



Fig. 3. Pasos que seguir para el desarrollo de la extensión.

A. El Cortex Application Programming Interface.

El EPOC^x es un dispositivo de 14 canales que funcionan a través de 14 sensores, tal como se muestra en la Fig.4.

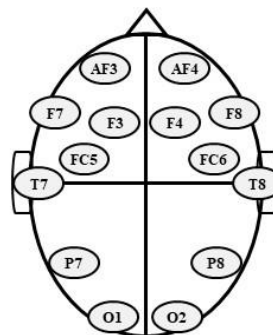


Fig. 4. Canales del EPOC^x.

Para interactuar con el EGG, se debió crear una conexión segura mediante *websocket secure* (wss), utilizando la Cortex API proporcionada por la empresa EMOTIV en su sitio web <https://emotiv.gitbook.io/cortex-api>. Una vez definida la conexión para el intercambio de información segura, se puede sincronizar el dispositivo EEG, y a partir de aquí analizar los datos relacionados a las ondas cerebrales de interés en esta investigación; específicamente, las ondas producidas por las expresiones faciales (FacE).

El EGG codifica estas ondas cerebrales FacE mediante un arreglo vectorial de cinco posiciones, estructurado como sigue: [“eyeAct”, “uAct”, “uPow”, “lAct”, “lPow”], donde,

- eyeAct hace referencia a las acciones de los ojos.
- uAct hace referencia a la sección superior de la cara.
- uPow hace referencia a la potencia de la conexión del dispositivo con las expresiones ligadas a la sección superior de la cara, teniendo un valor entre 0 y 1.
- lAct hace referencia a la sección inferior de la cara.
- lPow hace referencia a la potencia de la conexión del dispositivo con las expresiones ligadas a la sección inferior de la cara, teniendo un valor entre 0 y 1.

Especialmente, este trabajo considera las FacE relacionadas a: surprise (sorpresa), smile (sonrisa), smileR (sonrisa a la derecha), smileL (sonrisa a la izquierda), winkR (guiño del ojo derecho), winkL (guiño del ojo izquierdo).

Para efectos de validez, si la Cortex API genera el arreglo [“neutral”, “neutral”, n, “neutral”, n], se invalidará la lectura, por no haber detectado ninguna FacE.

Si “eyeAct” = “winkR” (parpadear ojo derecho), el vector será [“winkR”, “neutral”, n, “neutral”, n]; donde los canales de la sección superior Frontal derecho detectarán señales válidas, mientras que canales lejanos detectarán señales leves e inválidas.

La Fig. 6 muestra la lectura de un pico ascendente que viene del canal frontal derecho F8, detectado por los canales AF4, F4, FC6 y T8, y en menor medida el AF3. Se observan también las lecturas casi nulas de los canales P8, O2, O1, P7, T7, FC5, F3 y F7.

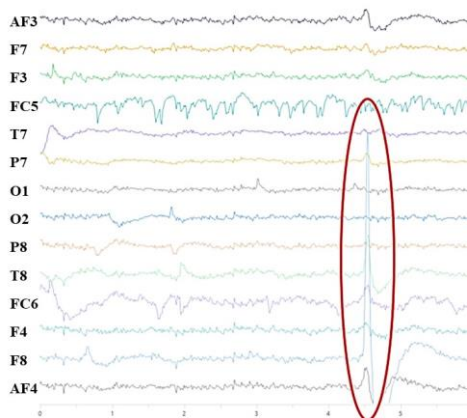


Fig. 5. Gráfica del electroencefalograma al realizar el gesto de parpadeo del ojo derecho, tomada a las 8 am después de descansar 6 horas.

De igual forma, se pueden observar los canales involucrados y su grado de activación a través de un mapa de calor, mostrado en la Fig. 6a.

Si “eyeAct” = “winkL” (parpadear ojo izquierdo), el vector será [“winkL”, “neutral”, n, “neutral”, n]; donde los canales de la sección superior Frontal izquierdo serán los que detecten señales válidas y relevantes (Fig. 6b).

Para el arreglo [“neutral”, “surprise”, >=0,9, “neutral”, n]; es decir, uAct = “surprise”, el EGG detecta la elevación de ambas cejas, de tal forma que todos los canales de la zona frontal y otros cercanos, detectan señales fuertes (Fig. 6c).

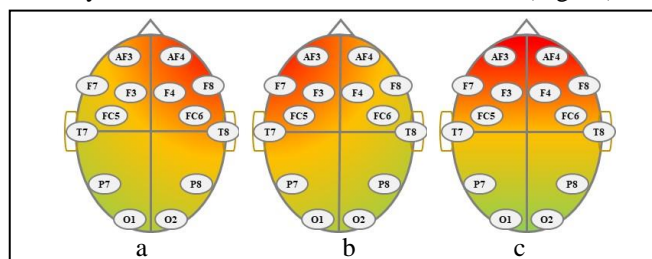


Fig. 6. Mapa de calor para las FacE winkR, winkL y surprise.

Para el arreglo [“neutral”, “neutral”, n, “smile”, >=0,9]; es decir, lAct = “smile”, el EGG toma una lectura donde se refleja que se elevaron ambas cejas. Los canales involucrados se observan en la Fig. 7a.

Cuando “lAct” = “smileL” (una media sonrisa a la izquierda), el vector es [“neutral”, “neutral”, n, “smirkLeft”, >=0,9], y los canales involucrados se observan en la Fig. 7b.

Cuando “lAct” es igual a “smileR” (media sonrisa a la izquierda) el vector es [“neutral”, “neutral”, n, “smirkRight”, >=0,9]. Los canales se observan en la Fig. 7c.

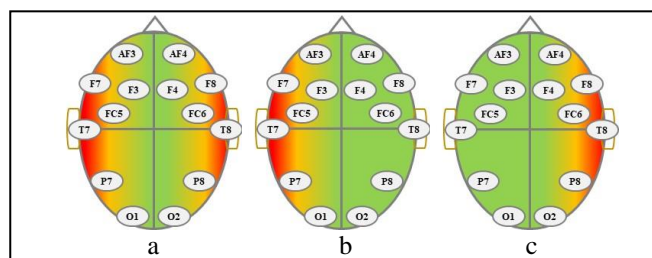


Fig. 7. Mapa de calor para las FacE smile, smilekLeft y smilekRight.

B. Desarrollo del manifiesto para Google Chrome.

La documentación para desarrolladores de Google Chrome, indica en su sitio Web (<https://developer.chrome.com/docs/extensions>) la necesidad de crear un archivo manifest.json, el cual debe contener las variables que le permite a Chrome identificar la extensión y su uso, como son:

- “manifest_version”: 3, indica al navegador Chrome la versión del manifest a utilizar.
- “name”: “BrainWave Navigator”, define el nombre de la extensión y sirve como indicador para que los usuarios puedan conseguirla en la tienda de extensiones de Chrome.
- “description”: “Connect your EMOTIV device and surf the Internet with your brainwaves.”, donde se define una pequeña descripción de la función de la extensión.
- “version” hace referencia a la versión de desarrollo de la extensión. Variable que se suele utilizar en entornos de desarrollo de software.
- “minimum_chrome_version”, indicar cuál es la versión mínima del navegador Chrome dónde funciona la extensión, para este caso, versión 116.
- “permission”: [“activeTab”, “scripting”] y “host_permissions: [“<all_urls>”], estas variables son opcionales y dependen del desarrollo de la extensión.
- “action”: {“default_icon”: “icons/socket-inactive.png” “default_popup”: “popup.html”}. Donde se definen los iconos de inicio de la extensión, al igual que el archivo inicial que llamará a los demás archivos dentro de la lógica del desarrollo.
- “commands”: {“scroll-down”: {“suggested_key”: {“default”: “Alt+S”}, “description”: “Desplazarse hacia arriba”}}. Sirve para definir acciones o comandos sobre el navegador. En este caso define la acción de desplazarse hacia arriba mediante Alt+S.

C. Desarrollo de las acciones del BrainWave Navigator.

Conociendo la estructura de datos obtenidas por el dispositivo EEG, se programaron las acciones que realizará el navegador mediante reglas basadas en las variables leídas del Cortex API.

Estas acciones o comandos a realizar de acuerdo con las diferentes expresiones que se pueden detectar, fueron programadas en el archivo service-worker.js. De forma muy resumida, las reglas y las acciones se muestran en la Tabla 1.

TABLE I. VALORES DEL VECTOR Y ACCIONES A REALIZAR.

Valores en el vector	Acción
eyeAct = “neutral” and uAct = “neutral” and lAct = “neutral”	Ninguna
lAct = “smile” (sonreír)	Scroll down o desplazar abajo
uAct = “surprise” (sorpresa)	Scroll to top o desplazar arriba
eyeAct = “winkR” (guiñar ojo derecho)	Click en el hipervínculo
eyeAct = “winkL” (guiño izquierdo)	Volver a la página anterior
lAct = “smilekRight” (sonrisa a la derecha)	Ir a la siguiente pestaña del navegador
lAct = “smilekLeft” (sonrisa a la izquierda)	Volver a la anterior pestaña del navegador

De igual forma, en el `service-worker.js` se debió programar un tiempo relacionado a la conexión segura establecida mediante el `wss` y estipulada en el `Cortex API`. Este tiempo debe ser constante y debe ser inferior a 30 segundos. Si la conexión supera este tiempo, es interrumpida. En el caso de `BrainWave Navigator`, se establecieron 20 segundos para el envío y recepción de información. Este el tiempo promedio para conectarse, generar un nuevo token y empezar la lectura de datos del dispositivo EEG.

La programación consideró dos tipos de desplazamientos hacia arriba, un desplazamiento lento definido mediante el `FacE` de sorpresa (`uAct = "surprise"`) y uno forzado o rápido (que va directo hacia el principio de la página). El segundo tipo incluye la señal de sorpresa añadiendo la combinación de teclas `ALT+S` del teclado. Esta opción sustituye el comportamiento estándar de la rueda del ratón.

D. Desarrollo de la ventana emergente.

Se deben crear tres archivos utilizados para generar una ventana emergente que se muestra al activar la extensión y servirá para notificar a los usuarios cómo utilizar la extensión. Estos son `popup.html`, `popup.js` y `popup.css`.

El archivo `popup.css` sirve para colocar los estilos a la ventana emergente, el archivo `popup.js` sirve de puente entre `popup.html` y el archivo `service-worker.js` y, por último, el archivo `popup.html` muestra la información para guiar al usuario de forma clara y accesible, mostrando las acciones a ejecutar a través de los movimientos faciales.

IV. PRUEBAS DEL BRAINWAVE NAVIGATOR

La extensión se encuentra en pruebas operacionales, y hasta ahora se ha detectado:

- Si se tiene algún problema cerebral, las ondas producidas pueden ser diferentes, ocasionando que el uso de la extensión del navegador no sea funcional.
- Si el dispositivo EEG se está usando en un ambiente donde exista mucha interferencia electromagnética, como varias conexiones WIFI, la interacción no será la esperada, ya que, el software sufrirá interrupciones constantes.
- Para la utilización prolongada, se debe considerar la rehidratación de los electrodos y asegurar que la conexión sea adecuada nuevamente.

Esta información, se obtuvo de hacer 40 pruebas en total, donde se midió el impacto de la interferencia electromagnética en la fuerza de conexión del dispositivo. Estas pruebas se realizaron equitativamente en cuatro ambientes:

- 1) Laptop conectada vía WIFI cerca de dos routers, un auricular bluetooth y un teléfono celular.
- 2) Laptop conectada vía WIFI cerca de un router y un teléfono celular.
- 3) Laptop conecta a Internet mediante un cable `rj45` y un teléfono celular cerca.

4) Ambiente controlado, sin señal bluetooth o WIFI interfiriendo.

En cada prueba, se registró la fuerza de conexión del dispositivo, medida como un porcentaje entre 0% - 100%, la medida y desviación estándar de la fuerza de conexión para cada ambiente. En la Tabla II se puede observar con mayor detalle la prueba realizada y los datos obtenidos.

TABLE II. VALORES OBTENIDOS MIDIENDO LA FUERZA DE CONEXIÓN DEL DISPOSITIVO EN DIFERENTES AMBIENTES

Ambiente	Fuerza de conexión (0% - 100%)	Media	Desviación estándar
1	0% - 25%	12.5%	37.5%
2	25% - 50%	37.5%	25.0%
3	50% - 75%	62.5%	17.7%
4	75% - 100%	87.5%	17.7%

Los resultados de la prueba presentada en la Tabla II, indican que la fuerza de conexión del dispositivo se ve significativamente afectada por la interferencia electromagnética como lo indica el fabricante en su software `Emotiv Launcher`. El ambiente con mayor interferencia (Ambiente 1) presenta la menor fuerza de conexión promedio (12.5%) y la mayor variabilidad (desviación estándar de 37.5%). Por el contrario, el ambiente controlado sin interferencia (Ambiente 4) presenta la mayor fuerza de conexión promedio (87.5%) y la menor variabilidad (17.7%).

Adicionalmente, se realizaron pruebas específicas sobre cada una de las funcionalidades creadas en el `BrainWave Navigator`, las cuales consistieron en 100 pruebas para cada una de las potencias configuradas en las reglas de lecturas, habiendo sido probadas las potencias de 0,6; 0,8; 0,9 y 1.

Se debe resaltar que esta prueba no incluyó las acciones que no consideran las potencias, como son los guiños (izquierdo y derecho).

La Tabla III muestra los resultados de éxitos para cada una de las cuatro configuraciones utilizadas.

TABLE III. VALORES DE ÉXITO EN LAS FUNCIONALIDADES DEL BRAINWARE NAVIGATOR UTILIZANDO 100 CASOS DE PRUEBAS PARA CADA CONFIGURACIÓN DE LA POTENCIA DE LECTURA.

Acciones del BrainWare Navigator	Potencia >=0,6	Potencia >=0,8	Potencia >=0,9	Potencia 1
Scroll down	60%	75%	96%	62%
Scroll to top	55%	71%	98%	74%
Cambiar hacia a siguiente pestaña	94%	98%	100%	89%
Cambiar hacia la pestaña anterior	92%	97%	100%	93%

La Tabla II muestra como la configuración de 0,9 en las reglas de los vectores leídos, resultó más efectiva, dejando un rango de acción y estabilidad de entre 0.9 – 1 en la potencia.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se lleva adelante gracias al financiamiento del Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología (MENCYT), específicamente del programa del Fondo

Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) a través del Proyecto 2023PGP55.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de esta investigación subrayan la necesidad de tecnologías capaces de mejorar e integrar, de forma, no invasiva, la tecnología a nuestras vidas, cuidando nuestra salud y usando las ondas emitidas por el cerebro humano, permitiendo involucrar cada vez más a las personas con discapacidad y aunque esta investigación proporciona información valiosa sobre el uso de las ondas cerebrales producidas por nuestro cerebro para utilizarlas al navegar por Internet.

BrainWave Navigator aún debe ser sometido a múltiples pruebas de validación y usabilidad, para lo cual se espera contar con usuarios disponibles, e incorporar a personas con discapacidad motora, con el fin de ampliar el uso y la funcionalidad de la extensión desarrollada.

REFERENCIAS

- [1] Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: Enciclopedia Humanidades. Cerebro. 2023. Obtenido de <https://humanidades.com/cerebro/>
- [2] Maiese, Kenneth. 2021. Cerebro. Obtenido de <https://acortar.link/an2rgo>
- [3] CogniFit Inc. El cerebro Humano. Obtenido de <https://www.cognifit.com/es/cerebro>
- [4] Maiese, Kenneth. 2021. Nervios. Estructura de la neurona [Imagen]. Obtenido de <https://acortar.link/xPlzPv>
- [5] Neurocenter. Ondas Cerebrales. Obtenido de <https://neurocenter.com/neurofeedback/ondas-cerebrales/>
- [6] Ramos-Argüelles F., Morales, G., Egozcue S., Pabón R.M., Alonso M.T. (2009). *Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones*. Pág. 70. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v32s3/original6.pdf>.
- [7] Morillo, Luis E. Análisis visual del electroencefalograma. Capítulo 17. Págs. 144 y 145. Obtenido de <https://www.acnweb.org/guia/g7cap17.pdf>
- [8] Documento sin autor. Bases de la electromedicina Unidad6. Otros potenciales bioeléctricos (2da parte). Pág. 26. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/2261798/>
- [9] Calvo Moratilla, José Javier. 2021/2022. Análisis de emociones de sujetos a partir de señales EEG, una aproximación con modelos de aprendizaje automático. Tesis de Master, Universitat Politècnica de València. Obtenido de <https://acortar.link/Hv5cmG>.