

Lector de ondas cerebrales para implementar un sistema alternativo y aumentativo de comunicación

Sebastián Rojas

Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, sebas297@hotmail.com

Julián Garzón

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, juliangarzon.e@usantotomas.edu.co

Daniel Martínez

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, danielmartinez11@gmail.com

Miguel Escobar

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, jhoan.escobar@usantotomas.edu.co

Christian Robayo

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, dante_891018@hotmail.com

Asesor de Facultad:

Davis Montenegro

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, davismontenegro@usantotomas.edu.co

ABSTRACT

The use of new technologies like the EEG portable in fields relatively unexplored as applications to persons with cerebral palsy, the main objective is employing modern resources and developing a tool that improves the life quality of these persons; whose cannot communicate their ideas, needs and basic expressions. For this reason, the group designed, developed and implemented a Brain Computer Interface (BCI) with the use of a cerebral wave reader (Emotiv Epoc) and technology supplied by NI. It was necessary used a specific and improved Alternative and Augmentative Communication (AAC) system that can be customizable for each patient.

INTRODUCCIÓN

La manera en que se relaciona el ser humano con su entorno siempre ha sido un factor determinante para su supervivencia. El hombre a lo largo de la historia se ha caracterizado por su indiscutible naturaleza social y por el desarrollo de herramientas que brinden nuevas habilidades para su progreso. Sin embargo el uso de estas herramientas requiere habilidades psicomotoras de las que algunas personas carecen. La carencia de estas habilidades puede variar desde algunos retrasos mentales y/o restricciones físicas leves, hasta graves impedimentos como la ausencia total de movimiento en alguno o en todos los miembros del cuerpo.

Uno de los casos más complicados es el que exhibe una persona con parálisis cerebral, quien debido a este trastorno presenta tetraplejía. Esta condición implica grandes dificultades a la hora de controlar las funciones de su sistema motor, además está acompañada de problemas sensitivos, cognitivos, de comunicación y percepción. Lo que significa que tratamos con el cuadro clínico de un paciente que no podría sobrevivir sin la asistencia de un tutor permanente. Aún así, a este problema hay que sumarle la dificultad del paciente para comunicarle al tutor sus necesidades básicas.

Al tener en cuenta lo expuesto anteriormente y afirmar que la comunicación es base fundamental del desarrollo personal y social en los seres humanos, se ha conformado un grupo de investigación con el objetivo de implementar el uso de técnicas y tecnologías de vanguardia para mejorar la calidad de vida de estos pacientes.

Para atender este problema se decidió desarrollar una herramienta sustentada con LabVIEW® en base a un Sistema Alternativo y Aumentativo de Comunicación (SAAC), el cual dispone de métodos para facilitar la comunicación de pacientes con esta necesidad como esta descrito en Junoy [1]. El sistema se vale de tablas y figuras para permitir un acceso rápido y eficiente al usuario.

El trabajo terapéutico realizado previamente con algunos de los pacientes permite deducir que al ejercitar algunas partes físicas en donde es posible la movilidad, se contribuye notablemente al mejoramiento de respuesta y creación de actividades. Por otro lado, los avances tecnológicos de la electroencefalografía (EEG) adoptados por el Emotiv EPOC ofrece la posibilidad de operar interfaces computacionales sin la necesidad de realizar movimientos precisos de brazos y manos, como sucede en el uso de un teclado.

Con el soporte de la EEG y en consecuencia a los resultados terapéuticos, la primera etapa de la implementación propone el uso de los gestos faciales para navegar a través de una BCI (Brain Computer Interface). Este desarrollo brinda la posibilidad de implementar de distintas maneras el uso del dispositivo para alcanzar el objetivo de crear una dinámica productiva entre el paciente y el software desarrollado. De esta forma las personas con déficit motor y déficit comunicativo tendrán la ventaja de ampliar su contacto con el entorno.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La exploración electroencefalográfica (EEG) [4][6] implementada en el Emotiv EPOC basa su funcionamiento en un conjunto de sensores ubicados estratégicamente en distintas áreas de la cabeza; esto con el fin de interpretar las frecuencias producidas para detectar los pensamientos, los sentimientos y las expresiones del usuario. El dispositivo detecta las señales primarias emitidas en el cerebro, estos tipos de onda interpretados por el sistema EEG se han clasificado en las siguientes bandas de frecuencia:

GAMMA superior a 30 (Hz) BETA (13-30 Hz), ALPHA (8-12 Hz), THETA (4-8 Hz) y DELTA (menor a 4 Hz).

El auricular se encarga de recibir, cifrar y enviar las señales a través del puerto de comunicación para su posprocesamiento, valiéndose de un protocolo de abstracción lógica denominada EmoEngine. Para acceder a los registros de las señales en el equipo se recurre a las herramientas SDK proporcionadas por EmotivSystems [2]. Estas herramientas brindan altas prestaciones y son empleadas en el desarrollo de las aplicaciones. Dentro de estas herramientas se destaca el EmoKey, que puede usarse para simular las señales de entrada que podrían presentarse en el auricular. Estas señales son tomadas por el EmoComposer, el cual es un emulador encargado de enviar la información al EmoEngine. Con ellas se puede simular pruebas de comportamiento del usuario al momento de usar la aplicación.

El Emotiv EPOC posee 3 Suites para la detección de las señales de entrada: Expressiv, que descifra las expresiones faciales; Affectiv, cuya descripción es el estado emocional del usuario, y Cognitiv, cuya interpretación se basa sobre el uso consciente de los pensamientos.

Con las características y herramientas proporcionadas con el kit SDK [2] es posible la creación de una gran variedad de aplicaciones. En este caso se desarrolló el núcleo de funcionamiento tecnológico de un Sistema Alternativo y Aumentativo de Comunicación. Con el uso de la interfaz cerebro-computador BCI, este sistema permitirá al usuario controlar desplazamientos y acciones en un procesador de texto simplemente utilizando sus expresiones faciales.

El uso de una interfaz cerebro-computadora (BCI) [3][5] surge como una alternativa prometedora para ser aplicada en personas con déficit motor. La finalidad del proceso en este ámbito consiste en crear una interfaz avanzada de comunicación que permita a un individuo controlar un dispositivo externo, tal como una silla de ruedas o un ordenador, mediante señales obtenidas a partir de su propio cerebro. Este tipo de interfaz incrementaría la independencia del individuo, lo que daría como resultado una mejora en su calidad de vida y una reducción de los costes sociales.

Para el aprovechamiento de todas las características y parámetros entregados por el Emotiv Epoc, es necesario recurrir a un software que facilite la importación y adaptación de librerías externas, que además cuente con protocolos eficientes de comunicación y permita ejecutar estructuras desarrolladas con diferentes métodos de programación.

Dentro de la variedad de propuestas a nivel general que tienen su principio de funcionamiento en la tecnología EEG, se encontraron algunas destacadas por la relación a la hora de optimizar funciones en pacientes con déficit motor, la mayoría surgen con relación al estudio del comportamiento de estos pacientes entregando importantes datos y estadísticas a tener en cuenta a la hora de crear una aplicación; brotan de este modo aplicaciones tales como monitores de encefalografía que permiten el estudio detallado del comportamiento en pacientes con incapacidad comunicativa para realizar una interacción entre paciente-interprete, o un sistema para realizar llamadas telefónicas a través del cerebro[4], que basa su funcionamiento en la utilización de un electroencefalograma EEG que debe ser conectado a un módulo Bluetooth de forma inalámbrica, para posibilitar el envío de señales a un teléfono celular con la capacidad de utilización de algoritmos para el procesamiento de las señales. La gran ventaja que entrega el Emotiv Epoc es que posee estas y otras funciones que permiten dar inicio a nuevas propuestas para obtener resultados más completos y funcionales para todo tipo de usuarios.

PROPUESTA DE DESARROLLO

Se desarrollo una aplicación usando NI LabVIEW 2010 ®, que usa un lenguaje de programación denominado lenguaje G. En este entorno de desarrollo se recurrió a algoritmos que permiten la conectividad entre las señales obtenidas por el Emotiv EPOC y los movimientos exploratorios a través de un teclado virtual, basado en el esquema QWERT clásico **Figura 1**.

Se plantearon estrategias para una redacción eficaz con frases predefinidas. Con la evaluación de un fonaudiólogo, se estableció un orden táctico de las tablas de texto predefinido. También se estableció que el uso de imágenes podría alcanzar una mejor comprensión y comportamiento para el usuario en el uso de la interfaz.

Se analizaron las funciones de las bibliotecas contenidas en la Expressiv Suite del Emotiv Epoc, con el propósito de aplicarlas a través de LabVIEW ®, y de esta manera establecer el desarrollo del algoritmo encargado de la comunicación y el reconocimiento de los datos recibidos.

El algoritmo tiene una estructura sencilla que permite cambiar el modo de desplazamiento o las expresiones faciales que administran a los comandos de movimiento. Esto es posible gracias al orden lógico y simple con el que se definió la interacción de variables internas entre el programa principal y los subprogramas (subVIs). Por lo tanto se proporciona la posibilidad de elegir cuales expresiones serán las responsables de producir el movimiento a través de la interfaz. Estas expresiones se definen según el perfil del usuario.



Figura1. Ambiente gráfico de la BCI fase 1

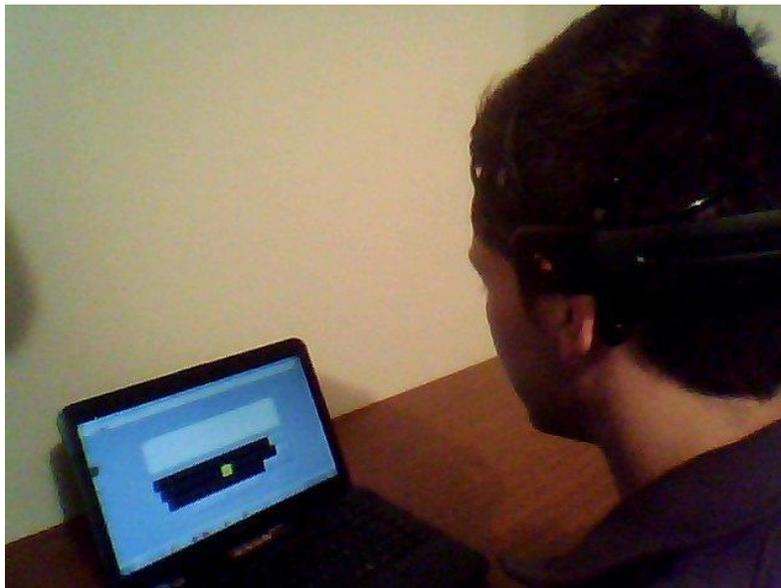


Figura2. Experimentación con la BCI

Se usó NI LabVIEW ®, debido a su alto rendimiento en la creación y diseño de estructuras de programación, esta herramienta ofrece un acoplamiento de gran eficiencia y simplicidad. El Emotiv Epoc contiene los archivos de funciones en formato .dll. Fue necesario convertir este tipo de archivo e importarlos en formatos conocidos para LabVIEW ®. Con la disposición de las librerías en archivos VI, se logró trabajar con las diferentes funciones y así desarrollar la interfaz propuesta. Con base en estas características, se creó un plan secuencial que integra la funcionalidad favorable y un adecuado orden del programa.

El método apropiado para lograr este propósito fue la programación por máquina de estados **Figura 3**, presente en la plataforma de desarrollo. Este proceso tiene ventajas significativas en a la hora de definir el flujo de datos, y permite la cohesión, acoplamiento, diseño jerárquico, y la buena organización de la estructura.

Así pues, se tienen dos rutinas básicas:

1. El desplazamiento y la navegación a través de la interfaz gráfica
2. La lectura de datos de la máquina de estados.

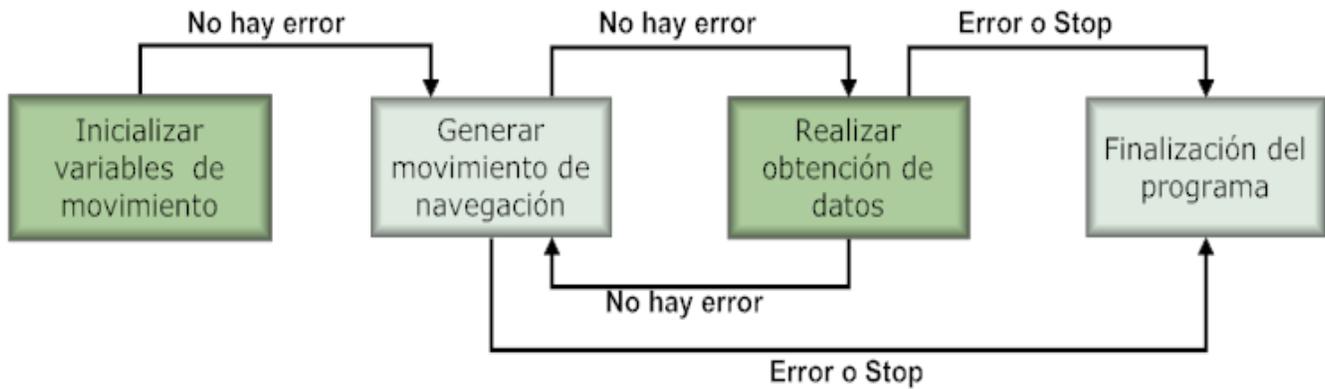


Figura3. Esquema de la máquina de estados

Inicialmente, se identificaron las variables encargadas de la dirección del movimiento, las cuales son cinco: arriba, abajo, derecha, izquierda y clic. Después, se creó un indicador de posición que le informa al usuario la tecla en la que se encuentra ubicado. Finalmente, el usuario evalúa si va a utilizar la información contenida en la tecla, o si prefiere continuar con el desplazamiento a través del teclado en cualquier dirección que desee.

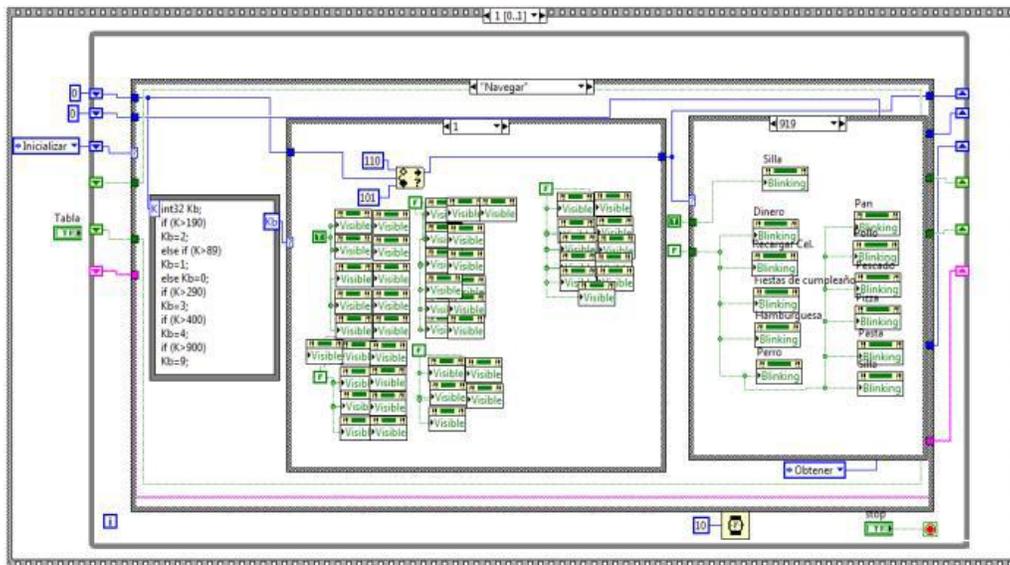


Figura4. Algoritmo general del sistema

Se recurrió al diseño de una secuencia de algoritmos para establecer un orden y funcionamiento eficiente del programa, para esto se crearon tres procesos de programación, donde la primer labor es identificar las variables de inicialización que se encargarán de la parte de movimientos principales, la siguiente parte es una rutina encargada de la navegación a través del teclado virtual, y el proceso final es un algoritmo encargado de la obtención de datos entregados por la anterior rutina. Un diagrama amplio del funcionamiento esta descrito por la **Figura 5**.

El programa ofrece la posibilidad de realizar un desplazamiento entre botones con una libertad de movimiento de cuatro direcciones utilizando las direcciones: horizontal y vertical. Se cuenta con la posibilidad de agilizar la precisión en los movimientos, reorganizando de manera sencilla las funciones que mejor se acoplen a los gustos o facilidades del usuario.

Se usó la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6008 proporcionada por National Instruments, debido a su amplio rango de operación para distintas aplicaciones. Por medio de las señales enviadas por el Emotiv Epoc y la intensidad de los pulsos generados por los gestos, se logró controlar el comportamiento de motores eléctricos, logrando definir variables de velocidad, frecuencia y dirección. Este trabajo experimental también permite evaluar diferentes características de uso que servirán para proponer y desarrollar trabajos futuros.

Es importante mencionar que el grupo de investigación está compuesto por ramas multidisciplinarias de la ingeniería, donde se logró una sinergia eficaz de ideas de una manera sencilla usando las características y métodos de programación presentes en la plataforma de desarrollo.

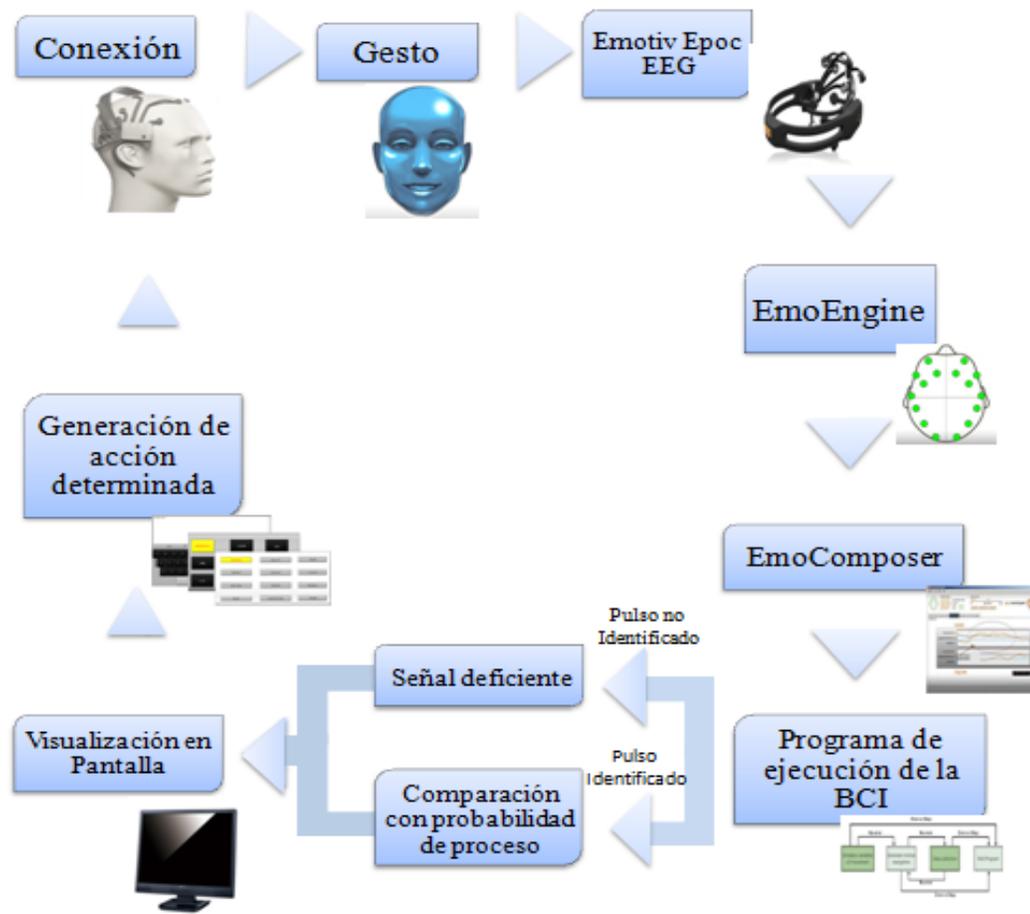


Figura5. Diagrama general del sistema

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pruebas evidencian un gran aumento de la eficiencia en la interacción entre el paciente y un PC al usar la BCI desarrollada. El sistema fue validado con el apoyo de la fundación Casa de la Esperanza, quienes tratan con pacientes que muestran este cuadro clínico.

En la **Figura 6** se grafican los resultados de un estudio estadístico sobre la capacidad de escritura de una persona con facultades normales y una con parálisis cerebral usando la BCI.

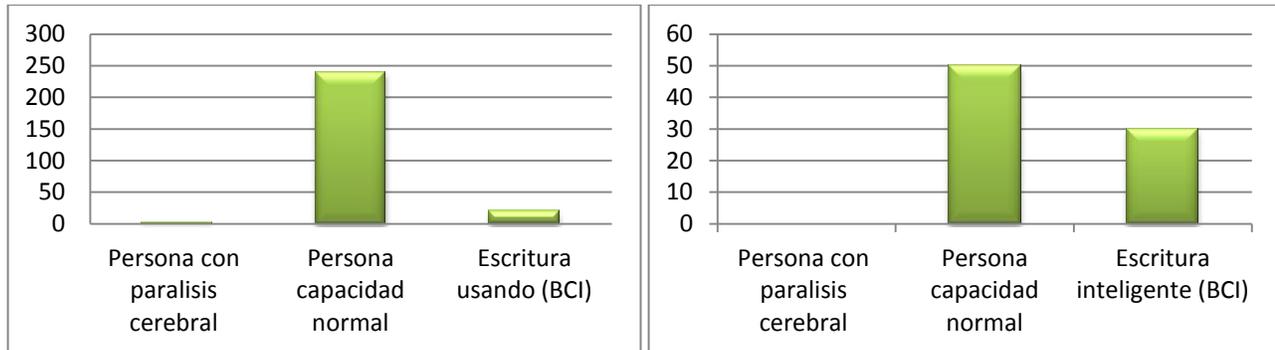


Figura 6. (a)

Figura 6. (b)

Figura 6. (a) Número de caracteres escritos en un minuto (b) Número de palabras escritas en un minuto

Aunque la diferencia entre la cantidad de caracteres que se logran escribir con la BCI y la cantidad de caracteres que logra escribir una persona con facultades normales cubre un rango muy alto, la capacidad de escritura por caracteres aumenta aproximadamente 7 veces para un individuo con parálisis cerebral que usa la BCI.

El análisis de la **Figura 6 (b)** muestra que con la escritura inteligente de la BCI se alcanza aproximadamente un 60% de la capacidad que tiene una persona con facultades normales de escribir en un computador, esto implica un avance realmente significativo para alguien con parálisis cerebral que a pesar de su esfuerzo no logra escribir una palabra en un minuto.

Gracias a la estrategia de programación usada y a las herramientas brindadas por LabVIEW se obtuvo un alto desempeño en el protocolo de comunicación realizado para el Emotiv EPOC. Se encontraron tiempos de respuesta realmente bajos, y la sincronización del programa con el dispositivo se desarrollo de manera eficiente, incluso se logró obtener los rangos de sensibilidad con los que el dispositivo detecta los gestos. Con el análisis de estos eventos, se puede deducir que los movimientos gestuales procesados por el EmoEngine se pueden clasificar en dos diferentes grupos: gestos que pueden generarse dentro de un rango de intensidad, cuyos registros se encuentran en un intervalo entre 0 y 1. Y por otro lado gestos que se ejecutan de manera instantánea que el sistema registra de manera sencilla como evento realizado y evento sin realizar.

La posibilidad de obtener registros de la intensidad con la que se ejecuta un evento, ofrece la posibilidad de definir estrategias de programación como el movimiento continuo a través de la interfaz, en lugar de navegar tecla a tecla. Incluso se permite navegar entre las tablas de texto predefinido y pictogramas auxiliares de una manera sencilla y veloz. Se debe tener en cuenta que la precisión es una variable de gran importancia en la eficiencia de la interfaz. De ella se ramifican una gran cantidad de situaciones adversas en las que se tengan que usar movimientos adicionales como puede ser la acción de volver a realizar un recorrido atreves del teclado para buscar de nuevo la tecla especifica, o tener que acceder a la opción de borrar para eliminar texto escrito por accidente. Lo anterior también se aplica para el uso de los textos e imágenes predefinidas. Se debe tener en cuenta que este tipo de eventos afectan de manera crucial el comportamiento de la BCI.

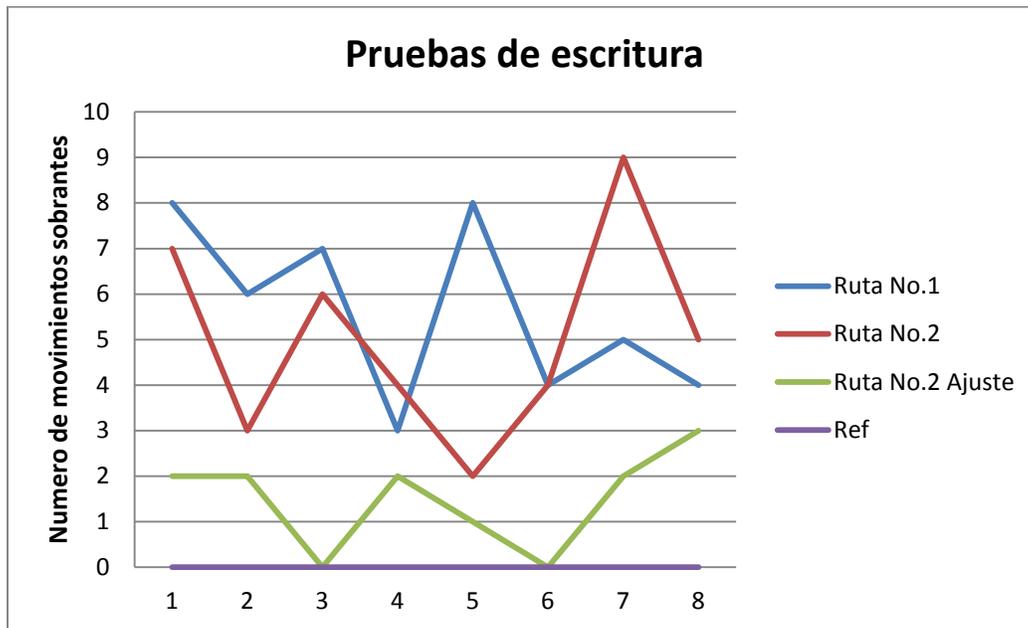


Figura 7. Prueba de escritura con la BCI

En la **Figura 7** se puede encontrar el resultado de los estudios de precisión que afectan los tiempos de redacción con la BCI. La grafica confronta los resultados obtenidos al escribir la misma palabra durante varios intentos, a partir de una referencia de escritura completamente normal para la comparación de estadísticas; usando dos trayectorias (rutas) diferentes a través de la BCI para llegar hasta las teclas virtuales correspondientes. Luego se repitió la prueba con el ajuste de la sensibilidad de los parámetros para personalizar un perfil de usuario que se ajustaba a las habilidades del paciente.

El comportamiento de la *Ruta No.2 Ajuste* muestra una precisión 2.5 veces mayor a la mostrada en el comportamiento de la *Ruta No.2* que contemplan la misma cantidad de movimientos necesarios para escribir la palabra. Es importante resaltar que la eficiencia en la escritura se ve altamente afectada por la ruta que trace el usuario sobre el teclado para llegar hasta cada una de las teclas virtuales. Sin embargo la eficiencia de la navegación a través de la BCI se puede optimizar al definir la sensibilidad de respuesta para el perfil de habilidades de cada paciente.

CONCLUSIONES

- Un paciente con parálisis cerebral que anteriormente no podía comunicarse ni operar un computador, por medio del sistema de comunicación puede escribir en un procesador de texto. La eficiencia en el protocolo de comunicación y el desplazamiento estratégico a través de la interfaz hacen que el paciente pueda tener aproximadamente el 60% de escritura de una persona con capacidades normales.
- Una interfaz cerebro computadora BCI requiere la disponibilidad de ajustes que hagan personalizable su uso. Fue necesario posibilitar al usuario la opción de realizar modificaciones directas de los parámetros principales sobre los que se fundamenta el desenvolvimiento de la interfaz. El ajuste de dichos parámetros y el desplazamiento inteligente sobre el teclado en pantalla caracteriza la interfaz como un sistema totalmente moldeable para cada necesidad. Esta característica del programa permite un manejo casi 3 veces más preciso comparado con el uso de una interfaz con una personalización simple.

- Es necesaria la implementación de la rutina de entrenamiento donde se pueda ejecutar un perfil que se ajuste a las habilidades de cada usuario, esto aumentará la precisión de la navegación a través del teclado virtual. De igual manera se espera para la siguiente etapa del proyecto poder controlar dispositivos mecánicos y electrónicos que puedan realizar tareas motoras que los pacientes no pueden realizar por si solos.

AUTORIZACIÓN Y RENUNCIA

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el documento en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables por el contenido o las implicaciones de lo que se expresa en este documento.

REFERENCIAS

- [1] Junoy, M. (1999) *Discapacidad motora. Intervención: sistemas alternativos y/o aumentativos de comunicación*. Cap.29 Pp. 490-503 En J.N. García (coord.). *Intervención psicopedagógica en los trastornos del desarrollo*. Madrid: pirámide.
- [2] Emotiv EPOC Software Development Kit, Available at: [<http://www.emotiv.com/store/hardware/299/>].
- [3] Brain- Computer Interfaces for Communication and Control, J.R.wolpaw, D.J.McFarland, and M.Vaughan, et al, *Clinical Neurophysiology* 113(2002) 767-791.
- [4] *Independent component Approach to the analysis of EEG and MEG Recordings*, Richard, Vigario, et al, *IEEE Transaction on Biomedical Engineering*, Vol.47, No.5, May 2000.
- [5] *EEG-based discrimination between imagination of right and left hand movement*, G Pfurtscheller, Ch Neuper et al, *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 103 (1997), 642-651.
- [6] e. a. Boor, R, Combined spike-related functional MRI and multiple source analysis in the non-invasive spike localization of benign rolandic epilepsy. *Clinical Neurophysiology*. Número 118. pp. 901 , 909., 2007.