

# Interfaz Cerebro Ordenador (**Brain Computer Interface**)

## Retos en la actualidad (*challenges today*)

Daniel Carvajal Patiño  
Ingeniería de Sistemas  
UIS  
Bucaramanga - Santander  
geminisda@gmail.com

Deyby Stevenson Bonza Márquez  
Ingeniería de Sistemas  
UIS  
Bucaramanga - Santander  
desbomarquez@gmail.com

**Resumen**— Se desea dar a conocer la tecnología referente a Interfaces cerebro ordenador (Brain Computer Interface). Se explicaría en que consiste esta tecnología y cuáles son los propósitos por la que fue creada. Se mostrará como a través del tiempo muchas personas han aportado en cosas que aparentar ser pequeñas, pero para las interfaces cerebro computador son cosas muy importantes, también se dará a conocer el estado del desarrollo de dicha tecnología en la actualidad, todo esto para poder abordar el tema de los retos que presenta esta tecnología en la actualidad tanto en software como en hardware, ya que, el fin de este artículo o es más que discutir que problemáticas se presentan ante el desarrollo que se gustaría tener en esta tecnología.

**Palabras clave**— *Interfaz cerebro ordenador; software; hardware; desafío; desarrollo;*

**Abstract**— *hey want to make know Referring to the brain computer interfaces (Brain Computer Interface) technology. What is the son this technology, and what the purposes for which it was created is explained. Many personalities have contributed in Things appear to be small will show how over time, but for interfaces brain computer are very important things, also give you a know the state of development of this technology today, all address para Power theme the challenges of this Technology for Today is therefore with the software on the hardware, since, the end of this article or more to discuss issues that do present before the development is like to have in this f technology.*

**Keywords**—*Brain computer interface; software; hardware; challenge; development;*

### I. INTRODUCCIÓN

En este documento, que será entregado para la materia arquitectura de computadores de ingeniería de sistemas, de la Universidad Industrial de Santander; se abordarán temas referentes a la Interfaz Cerebro Computador (ICC) también conocida como Brain Computer Interface (BCI), qué busca y cuáles son los propósitos de estos sistemas en la actualidad, definiendo conceptos y mostrando hasta donde ha llegado dicha tecnología hoy en día. Dichos sistemas, presentan desafíos tanto de Hardware como de Software, para que puedan ser desarrollados por completo y cumplir el propósito con el que fueron planteados. Definir dichos desafíos es el objetivo principal del presente trabajo, esto será llevado a cabo gracias a lecturas e investigaciones realizadas por los autores.

### II. MARCO TEÓRICO

El cerebro es uno, de los órganos más importantes que poseen los animales, gracias a él muchas especies han logrado sobrevivir y evolucionar a través del tiempo, en especial el ser humano, una especie que ha cambiado desde su alimentación, hasta su forma de vivir, logrando obtener muchas capacidades que la han hecho llegar hasta donde está, entre ellas la curiosidad, las ansias de conocer, saber el porqué de las cosas y su origen.

Es esta curiosidad y deseo de aprender lo que ha llevado al hombre a preguntarse por el funcionamiento de muchas cosas, lo que lo ha llevado a realizar grandes descubrimientos y explicaciones del mundo. De esta manera varias personas a través del tiempo se han preguntado por el cerebro, su funcionamiento, sus características, etc. creando un mar de conocimientos que generó una gran cantidad de distintas ramas del conocimiento, es en una de estas ramas donde nace el concepto de Interfaz Cerebro Computador, el cual consiste en “un dispositivo que lee los cambios voluntarios en la actividad cerebral, luego traduce estas señales en un mensaje o comando en tiempo real.”<sup>1</sup>.

Estos dispositivos son muy usados en el campo de la medicina, como apoyo a pacientes con cierto tipo de discapacidad, como hablar o escribir. El uso de estos dispositivos les ayuda a comunicarse con las personas, cosa que se les dificulta en el día a día. También son utilizados con pacientes a quienes les falta alguno de sus miembros, utilizando prótesis mecánicas o sillas de ruedas mediante señales cerebrales.

---

1. Guger, C. Muller-Putz, G. Allison B. (2015) *Brain-Computer Interface Research: A State-of-the-Art Summary 4*. Editorial Springer. P. 1.



Fig. 1. Ejemplo del uso de BCI

Otro uso de estos dispositivos es en el campo de los videojuegos, generando grandes y distintas forma de interactuar en un mundo virtual o realizar varias acciones con objetos de la vida real.

Todos los BCI tienen la misma estructura de funcionamiento, la cual los conforman 4 principales procedimientos o bloques, en la figura 1 se puede observar dicha estructura, como primer paso se realiza la obtención de la señal, en el segundo el procesamiento de dichas señales, para generar mensajes o instrucciones que serán utilizadas de alguna manera en el tercer bloque, el de aplicación, el cual convierte dichas instrucciones en acciones de algún dispositivo o aplicación. Existe un bloque el cual consiste en las configuraciones de interacción entre el dispositivo y el usuario.

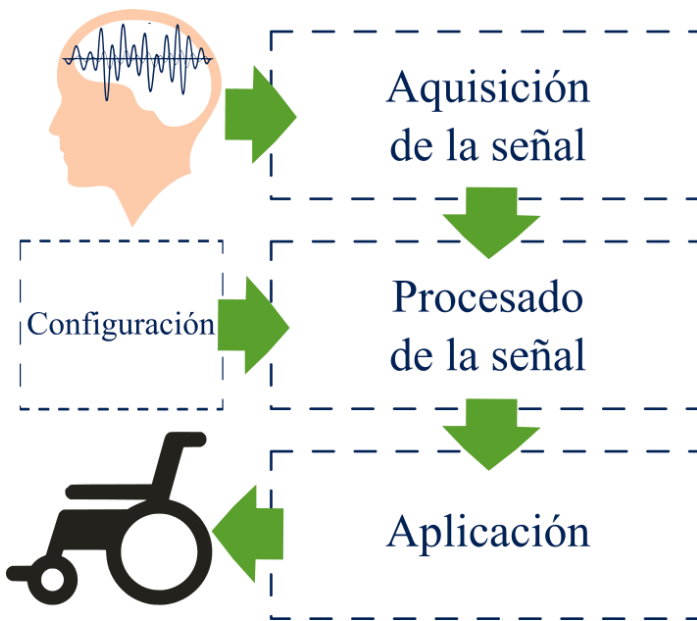


Fig. 2. Modelo Funcional Genérico de un BCI

### A. Adquisición de la señal.

A grandes rasgos consiste en utilizar sensores para captar las señales generadas por el cerebro. Estas señales analógicas se convierten en señales digitales y son enviadas al software que hará el debido procesamiento de los datos. Existen dos tipos de adquisición de las señales, la invasiva y la no invasiva.

La Adquisición invasiva consiste en tomar las señales directamente del cerebro, lo que implica realizar una intervención quirúrgica para poder colocar los sensores. Este tipo de adquisición presenta señales de mayor calidad y permite realizar toma de datos de neuronas o zonas del cerebro más específicas. Debido al riesgo de las cirugías y a razones morales, este tipo de adquisición no se aplica en seres humanos. Un ejemplo de este tipo de adquisición es la Electrocorticografía (ECoG). En la mayoría de experimentos e investigaciones este método se usa en animales.

El registro del ECoG se realiza mediante electrodos colocados en la corteza expuesta. Para acceder a la corteza, un cirujano debe realizar una craneotomía, la eliminación de una parte del cráneo para exponer la superficie del cerebro. Este procedimiento se puede realizar con anestesia general o bajo anestesia local, si la interacción del paciente es necesaria para el mapeo cortical funcional. Los electrodos son entonces implantados quirúrgicamente en la superficie de la corteza, con la colocación guiada por los resultados del EEG preoperatorio y la resonancia magnética (RM).

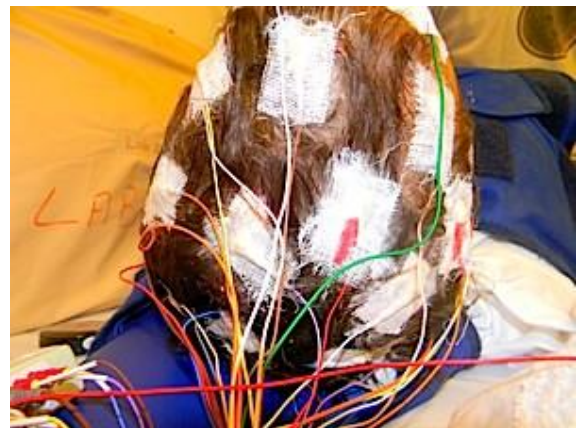


Fig. 3. EEG Invasiva.

La adquisición no invasiva consiste en tomar las señales del cerebro colocando sensores sobre el cuero cabelludo, lo que implica no realizar intervenciones quirúrgicas. Al no realizar cirugías, el sensor capta una mayor cantidad de señales, de distintas zonas del cerebro, generando ruido sobre las señales que se pretenden estudiar, dificultando de esta manera el procesamiento de los datos. Debido a que este método no presenta peligro para las personas, es abiertamente utilizado en experimentos e investigaciones sobre seres humanos. Ejemplos de este tipo de adquisición son la electroencefalografía (EEG), la magnetoencefalografía (MEG), la tomografía por emisión de positrones (PET), a imagen por resonancia magnética funcional (fMRI) y la imagen óptica cercana al infrarrojo (fNRI). La gran mayoría de Interfaces cerebro computador usan EEG para la

toma de datos, ya que las demás técnicas tienen un costo alto y requieren de mayor preparación.

#### B. Procesado de la señal.

Una vez capturadas las señales, estas son llevadas a un software para que las procese, a grandes rasgos lo que el software realiza es traducir estas señales en instrucciones para un dispositivo en específico, como se mencionó anteriormente puede ser para mover una silla de ruedas, una prótesis mecánica o un personaje en un mundo virtual. Existen en la actualidad varios software que realizan estas tareas, por ejemplo OpenVibe y OpenBCI, ambos software de código abierto. El software en general funciona de la siguiente manera:

Si el proceso de adquisición se realizó de forma no invasiva, el software debe filtrar la señal que se requiere, ya que al tomar los datos de esta manera se reciben señales de muchas partes del cerebro, habrá señales que no se necesitan para el objetivo del BCI. Si el proceso de adquisición se realizó de forma intrusiva no abra necesidad de realizar un filtrado, ya que se captura en específico la señal que se requiere.

Una vez se tenga la señal que se quiere procesare, esta se convierte en un vector de características asociada al evento o fenómeno relacionado a la señal, es decir, de la señal que se filtró se obtienen ciertos valores y se almacenan en un vector cuyos campos tienen cierto significado para el funcionamiento más adelante de la aplicación.

Cuando se han obtenido todos los valores que el vector de características necesita, se procede a traducir dichos valores a instrucciones luego estas son enviadas a la aplicación o dispositivo con el que se quiera interactuar.

#### C. Aplicación.

El software de procesado de señal envía las instrucciones a la aplicación o dispositivo, este las recibe y realiza la acción que se ordene en las instrucciones, como bien podría ser moverse en un entorno virtual, mover un robot, escribir un mensaje o hablar, como se mencionó existen varias aplicaciones y dispositivos en los que se utiliza interfaces cerebro computador, pero están más orientadas al tratamiento o ayuda de personas algún tipo de discapacidad.

Otro campo donde los BCI están siendo desarrollados, es en aplicaciones militares, pero en general se realizan las mismas tareas, como manejar robots, entre otras.

#### D. Configuración.

Permite que el usuario configure de cierta manera el comportamiento del software para obtener resultados diferentes en la aplicación, como bien podría ser la sensibilidad del dispositivo a la señal, entre otras muchas configuraciones que cambian con el tipo de mecanismo con que se quiere trabajar.

### III. ESTADO DEL ARTE

Las Interfaces Cerebro Computador, no son una tecnología de hoy en día, ni mucho menos una idea loca sacada de la guerra de las galaxias, es una idea o concepto que se ha venido formando a lo largo del tiempo, gracias a diversas

investigaciones y descubrimientos hechos por muchas personas, motivadas por descubrir el funcionamiento del cerebro, pero no solo eso, la creatividad e ingenio humanos le han dado un camino a esos estudios, en ocasiones para mal, pero otras para bien.

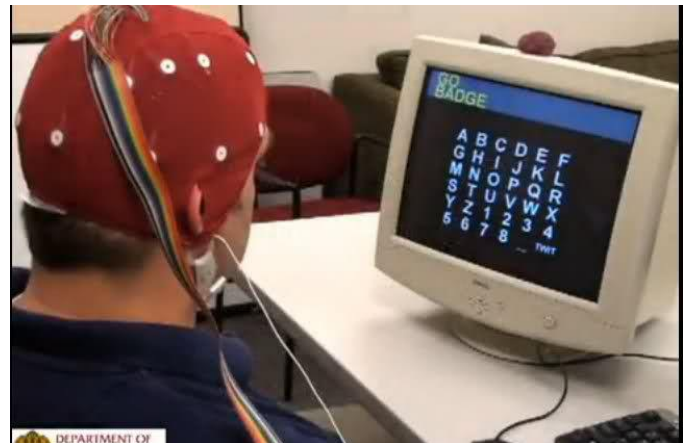


Fig. 4. Adquisición de señales no invasivo.

BCI pudo desarrollarse, gracias a los aportes y estudios realizados por dos personas en particular, quienes fueron los pioneros y quienes sembraron las bases de esta tecnología, el primero fue Richard Birmick Carton, quien en 1875 presento sus hallazgos relacionados a fenómenos bioeléctricos, en los cerebros de ratones y monos. En 1924 Hans Verger se realiza una pregunta, basados en sus estudios y conocimientos de la época, ¿Sí existe actividad eléctrica en el cerebro, puede esta medirse?, empeñado a contestarse realizo un experimento, sobre el cuero cabelludo de una persona coloco varios electrodos conectados a un galvanómetro, para su sorpresa, este reaccionó, indicando que existían fenómenos eléctricos en el cerebro humano. Después de esto, se generaron grandes estudios para entender la naturaleza de dichos fenómenos.

Hans Verger creo y sentó las bases de uno de los métodos de adquisición más usados en la actualidad, pero ¿es EEG el único método?, y si no es el único método, ¿por qué es tan popular? Como se nombró anteriormente, EEG no es el único método existente para adquisición no invasiva, existen varios como la magnetoencefalografía (MEG), la tomografía por emisión de positrones (PET), a imagen por resonancia magnética funcional (fMRI) y la imagen óptica cercana al infrarrojo (fNRI).

El EEG (Electroencefalograma): Es una técnica que permite registrar la actividad eléctrica cerebral, mediante electrodos colocados de manera estándar en la superficie del cuero cabelludo. La actividad eléctrica se genera a través del flujo iónico que tiene lugar a través de las membranas de las neuronas de la corteza cerebral. Este flujo iónico puede desencadenar una corriente eléctrica (o potencial de acción) que recorre los axones de las neuronas hasta su parte terminal.

La MEG es una técnica de imagen funcional no invasiva. Recoge los pequeños campos magnéticos asociados a la actividad eléctrica cerebral espontánea o evocada desde la superficie craneal, permitiendo calcular la localización de los generadores neuronales responsables de la actividad registrada y así monitorizar cambios en la actividad cerebral. La fusión de esta información funcional sobre las imágenes estructurales de Resonancia Magnética Craneal permite proporcionar una imagen funcional del cerebro. El elemento diferencial de la MEG es que aporta una medida directa de la actividad electromagnética neuronal, combinando una resolución temporal de milisegundos (en tiempo real) con una resolución espacial de milímetros. La MEG es la única tecnología que supera las limitaciones de otras pruebas de diagnóstico funcional, todo ello desde la máxima inocuidad, ya que no es necesario siquiera la aplicación de electrodos, ni inyección de marcadores en el paciente.

La tomografía por emisión de positrones (PET): utiliza una sustancia radio nuclear que irradia partículas atómicas (positrones), la cual es ingerida, inhalada o inyectada. La radiación de partículas atómicas es medida por cientos de detectores que rodean al individuo. La radiación medible de partículas dura sólo un breve tiempo, por lo tanto, deben ser creadas de manera cercana (no pueden almacenarse). Esto requiere equipos especiales de muy alto costo. Puede haber hasta 15 anillos de detectores en el scanner, permitiendo la tomografía simultánea de múltiples cortes transaxiales.

La resonancia magnetica funcional (RFM o RMFI): Permite que los scanners de MRI mapeen los cambios en la hemodinamia cerebral, que se corresponden con las operaciones mentales. Realiza una evaluación dinámica, pero no invasiva. Las altas velocidades de procesamiento de las computadoras actuales permiten que el equipamiento responda a la actividad neuronal. Genera imágenes de mayor resolución que el PET, con tiempos de exposición breves, y sin inhalación o inyección de radionucleótidos.

Se puede comprobar la popularidad de EEG, a pesar de ser la técnica con menos precisión, es la más barata y cuyos resultados al fin y al cabo no son malos, pues se han logrado muchas cosas con esta técnica, tampoco requiere de procesos que puedan ser peligrosos para el usuario, como si lo hacen las otras.

Como se puede observar en la figura 5. La actividad bioeléctrica se puede representar en forma de onda. Es la interpretación de los distintos parámetros de la onda, lo que le da significado a BCI. Ya que, como se mencionó anteriormente, son estos parámetros los que son procesados para generar acciones sobre un dispositivo.



Fig. 5. Monitoreo de un fenómeno bioeléctrico usando EEG.

Se han logrado muchas cosas con tecnologías BCI, pero aún le falta mucho desarrollo y aun presenta muchos obstáculos tanto en software como en hardware. BCI es una tecnología que aún no es del todo comercial y los desarrollos que se han llevado a cabo en laboratorios aún son poco precisos o realizan tareas muy simples, que podrían traducirse en decir, si o no, como por ejemplo, prender o apagar un dispositivo, mover adelante o atrás un personaje., entre otros.

Existen varios ejemplos de dispositivo en campo de los video juegos, como lo son Mindball, el cual consiste en mover una pelotica mediante la detección de relajación en el usuario; un dispositivo compatible con Second Life, permitiendo el desplazamiento del avatar por el mundo de este juego y el Emotiv EPOC, el cual permite la conexión con otros dispositivos y con una gran cantidad de aplicaciones.

#### IV. CONTENIDO

Todo parte de una necesidad, aquellas sociedades que presentan una comunidad más envejecida, con distintos problemas físicos, con distintas discapacidades físicas, entre otros, requieren soluciones para asistir a dichas personas, que se ven limitadas en sus capacidades. De esta manera los sistemas BCI permiten que dichas personas puedan ser asistidas e interactuar con los diferentes dispositivos presentes en su entorno habitual. Y es aquí donde se empiezan a encontrar retos y desafíos para el desarrollo de dicha tecnología.

Uno de los retos consiste en el desarrollo de sistemas que combinen la selección de letras con la navegación por internet. A partir de una señal enviada por el cerebro de querer digitar una letra en el teclado. Surgen algunas falencias ya que en estos momentos no conocemos en profundidad el

funcionamiento del cerebro, así que es difícil encontrar con exactitud dicha señal.



Fig. 6. persona con discapacidad visual usando una BCI.

Ya que se quiere ayudar a la mayor cantidad de personas en la sociedad, se debe tener en cuenta su capacidad monetaria para poder acceder a esta tecnología, y esto es un problema. Hoy en día vemos, sobre todo en nuestro país, que muchas personas no tienen la capacidad monetaria de obtener una silla de ruedas o incluso un par de muletas. Pensar en obtener prótesis de alta tecnología que funcionen con BCI aún está muy lejos de ser realidad, y no solo por las capacidades financieras de las personas, de por si este tipo de dispositivos son muy costosos, debido a la complejidad de su estructura y a la cantidad de piezas mecánicas y tecnología que ellos conllevan, incluso los materiales con que están hechas las prótesis de este tipo son costosos, ya que deben ser materiales ligeros y muy resistentes.

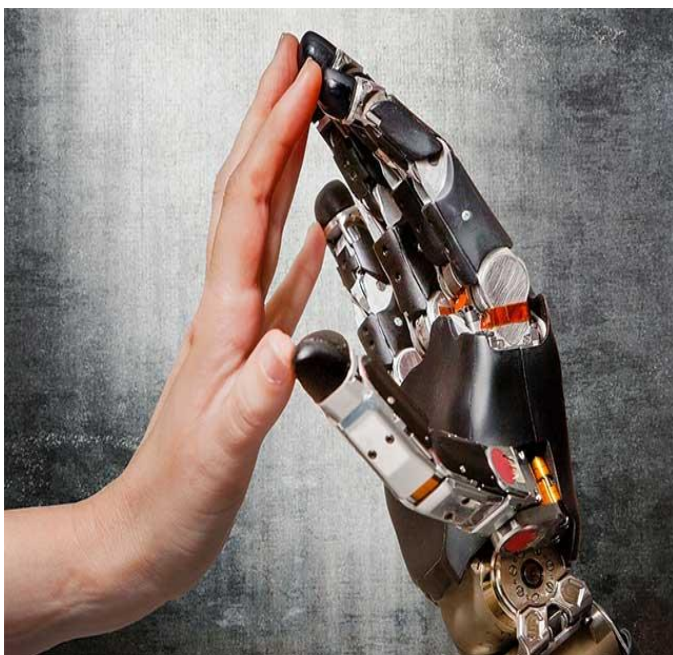


Fig. 8 Prótesis con tecnología BCI.

Un dispositivo BCI podría costar 300 dólares o más, un precio para muchas personas asequible, pero esto es solo el aparato que va en la cabeza, el que lee las señales, hay que agregar muchos más dispositivos, accesorios incluso software, lo que incrementa bastante el costo, sin tener en cuenta la reciente alza en el valor del dólar. Una ventaja es que la mayoría de software y aplicaciones realizadas para estos aparatos es de código abierto, así que por cuestiones de software no abrían que pensar mucho en los costos, a menos que se quiera algo muy específico o algo que aún no se halla implementado, ya que como se mencionó, el desarrollo en software que se tiene hasta el momento es muy básico y repetitivo. La empresa Emotiv presenta bastantes aplicaciones gratis y opensource, y a realizado llamativos experimentos, por ejemplo usando BCI han logrado mover un automóvil, más específicamente un Tesla, como se puede observar en su página web, pero a nivel de software BCI, esto no deja de ser, un si o un no, un mover adelante o mover atrás.

Debido a que el sistema BCI depende de ondas cerebrales más que de músculos para producir acciones, los desarrolladores del sistema se están embarcando a un mundo aún sin conocer, pues aún no se ha logrado decodificar el funcionamiento del cerebro, en parte debido a su gran complejidad. Uno de los principales retos en desarrollo de software para BCI es que sea lo suficientemente flexible para adaptarse a las señales individuales del cerebro. Es pertinente, a su vez, que el cerebro tenga una preparación para que este en capacidad de producir diferentes señales en cierto orden, y de esta forma poder alcanzar la acción deseada. Debido a que el cerebro es tan volátil, es decir en milésimas de segundo puede pensar en muchas cosas y puede enviar cantidad de señales, es óptimo tener un entrenamiento previo para empezar a usar esta tecnología. A medida que se envían menos señales será más fácil codificarlas. Ya que aún no se cuenta con la tecnología precisa para procesar muchas señales en lapsos de tiempo muy cortos y con una reacción casi inmediata.

Entre las discapacidades que se han estado nombrando, no se descarta una discapacidad visual, aunque este tipo de discapacidad presenta un mayor reto para las interfaces maquina computador, ya que requieren de una gran precisión y entrenamiento del paciente, debido a que tendría que existir una comunicación mutua entre el dispositivo y el usuario, hasta el momento solo se planteaba darle órdenes a un dispositivo, pero una persona con esta discapacidad no sería capaz de percibir de forma sencilla si la acción se realizó con éxito o no, lo que conlleva a plantear algún tipo de respuesta del dispositivo al usuario, que le dé la certeza de que algo ocurrió. Aquí existe un reto y es primero buscar de qué manera los sistemas BCI podrían ayudar a personas con este tipo de discapacidad, ya sea, ayudándolos en su orientación, en busca de obstáculos en el camino, etc. segundo sería plantear la comunicación dispositivo-cerebro.

Existen muchas cosas que se “podrían” realizar con BCI, pero debido al poco conocimiento que se tiene sobre el

funcionamiento del cerebro y del significado de los impulsos eléctricos se quedan en la fantasía y la ciencia ficción. EEG también es usado para monitoreo del comportamiento del cerebro cuando la persona se encuentra en un estado de reposo, se han hecho varios estudios del comportamiento del cerebro mientras las personas duermen, y si se conociera el funcionamiento de cerebro en su totalidad, no sería difícil convertir esas señales que maneja el cerebro cuando se está dormido en video, para que al despertar podamos ver y analizar que acabamos de soñar.



Fig. 9 Lugares donde se producen algunas señales del cerebro.

Se sabe que el mayor reto de las Interfaces Cerebro Computador, es superar el poco conocimiento que se tiene respecto al funcionamiento del cerebro,. Grandes y reconocidas personas en el ámbito de los estudios en el cerebro, no solamente orientado a leer las ondas que este produce, si no en distintos campos como la cirugía, están de acuerdo en que aún falta mucho tiempo para que se comprenda el funcionamiento del cerebro en su totalidad. Como asegura el neurocirujano Henry Marsh “conocemos más de la luna que del cerebro”, pues aún existen muchas preguntas sin responder, ¿De dónde nace la conciencia?, ¿Cómo se genera el pensamiento?, ¿Es la materia, la química o la electricidad lo fundamental del cerebro? , son preguntas que en cada cirugía que realiza el neurocirujano, no deja de preguntarse.

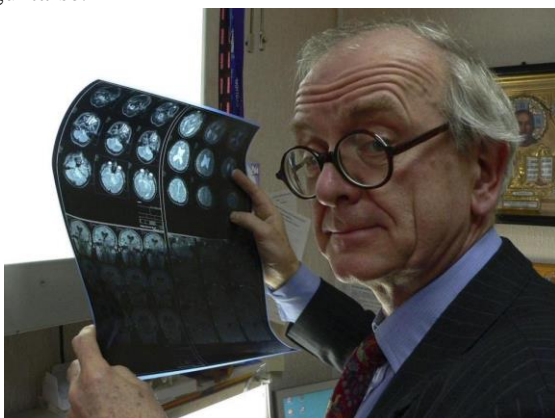


Fig. 10 Neurocirujano Henry Marsh.

Para este tipo de problemas, que se sabe no podrán ser resueltos en un largo periodo de tiempo, deben buscarse soluciones alternativas a otros problemas que amortigüen estos problemas que no se pueden resolver, que la tecnología presenta. En el caso de interfaces Cerebro Computador, como se ha mencionado, es darle prioridad a problemas como, los altos costo, la calidad de los electrodos, la cantidad y calidad de software, el mejoramiento en las técnicas de adquisición de señales, ya que al no poderse utilizar la adquisición invasiva, se recurre a la adquisición no invasiva y esta presenta, como se mencionó al comienzo del trabajo, grandes desventajas frente a la adquisición invasiva.

Una idea podría ser el mejoramiento de los electrodos con los que se realizan los EEG, ya que en la actualidad el montaje de un EEG, es muy incómodo y complicado para el uso en la vida diaria, ya que esto es lo que se pretende, este montaje requiere de una gran cantidad de electrodos puestos por toda la cabeza, además estos electrodos requieren de un gel especial para que puedan ser adheridos con facilidad y para que puedan captar las señales con mayor facilidad. El problema del uso de aquellos electrodos no invasivos y el uso constante del gel que es necesario aplicar y que una vez es aplicado no puede volver a usarse , conlleva a tener un gasto adicional el cual no es muy económico para comprarlo seguido . Por estos mínimos detalles que faltan por implementar a la tecnología Dry y disminuir el costo utilizado por las gels actualmente y que dicha tecnología funcione perfectamente.



Fig. 11. Electrodos usados en EEG.

Otro aspecto muy importante y para realizar un énfasis más profundo anteriormente ya hablado sobre la inmersión la manipulación de una esfera o incluso controlar un avatar es algo que realmente cambiaría el rumbo de los juegos y la metodología que emplean. Esto consiste en que las señales que el cerebro envía a la espina dorsal las cambia de modo que el jugador pueda controlar su avatar en esos mundos. Es tipo de tecnología BCI que usa diodos no invasivos capaces de controlar pequeñas señales que son enviadas por el cerebro y estas son conducidas a producir un movimiento virtual.

Esta idea es tomada principalmente por las películas de ciencia ficción que presentan una idea general de lo que se podría llegar a alcanzar con la implementación de la ciencia y que sería muy útil, como por ejemplo la película Avatar que es una muy exitosa película y que se caracteriza por la inmersión total de una persona invalida que a través de su cerebro está en condiciones de controlar un avatar.

El hardware necesario para crear una experiencia de inmersión total sigue siendo un costo prohibitivo. El valor total de la maquinaria para crear un sistema de RV sigue siendo equivalente al precio de un auto nuevo, alrededor de US\$20,000. La tecnología para tal experiencia es aún nueva y experimental, existe una discusión bastante fuerte con este tipo de tecnología ya que se pretende que una persona pueda entrar en un mundo el cual no es verdadero por lo tanto es necesario tomar medidas preventivas antes de implementar este tipo de artefactos, sabemos que toda tecnología tiene contras y pros y en muchas ocasiones existen más contras, ya que habrán personas que hacen ver la tecnología mala ya sea por el mal uso de esta o incluso simplemente por difamar y hacer que fracase. Pero la idea es que si contamos con dicha inmersión total tengamos un límite y no perder la razón ya que el ser humano está en condiciones de crear cualquier cosa que queramos, pero es importante reconocer que implementando la tecnología "Brain Computer Interface" se trata del órgano más poderoso del ser humano y si logramos entender cómo funciona a la perfección y sacarle el máximo provecho espero que no sea perjudicial y dañino para la sociedad.

## V. CONCLUSIONES

- El principal problema que existe en el desarrollo de Interfaces Cerebro Computador son los conocimientos del funcionamiento del cerebro. Es verdad que ha habido grandes avances en el estudio del cerebro, pero estos no han sido los suficientes para generar un gran desarrollo de BCI.
- Las Interfaces Cerebro Computador proporcionan una gran ayuda para personas con algún tipo de discapacidad, mejorando su calidad de vida y haciendo más ameno su día a día. por ende debe impulsarse el desarrollo de esta tecnología.
- BCI es una tecnología que aún le falta mucho camino por recorrer, y aun son muchas las cosas que se podrían lograr con esta, cuando se pueda comprender y dividir en totalidad las señales eléctricas del cerebro se podrán realizar bastantes cosas, ya que el convertir señales en cualquier tipo de información es algo que ya se hace.
- A pesar de los retos que presenta la tecnología BCI, se han hecho avances y creado entornos muy útiles y agradables, debido al creciente incremento del Internet de las cosas y dispositivos inteligentes. Así solo sean señales de apagar y encender, se lograrían muchas cosas con esto, por ejemplo toda la tecnología empezó con 1's y 0's.
- Sería ideal que las Interfaces Cerebro Computador, fueran lo menos intrusas posibles, de manera que garantice la integridad y salud de las personas. Sin que exista una pérdida de rendimiento en el dispositivo que esta persona utiliza.
- A pesar de tener un conocimiento muy limitado acerca del funcionamiento del cerebro, existen varios problemas que se podrían solucionar y presentar un avance para los BCI, como lo serian el mejoramiento en la adquisición de señales con métodos no invasivos, podría ser mejorar la calidad o la tecnología de los electrodos, los cuales realizan una captación de poca calidad y con bastante ruido
- La mayor parte de avances tecnológicos son inspirados en películas de ciencia ficción por lo tanto conocemos que existen gran cantidad de ellas, que se basan en el control de máquinas o avatares por medio del cerebro y esto ayuda a que la personas se vean motivadas a investigar y a implementar estas nuevas tecnologías, con el fin de lograr cosas similares a las que aparecen allí. Ya se ha visto que hemos conseguido mucho inspirado por aquella clase de películas.
- En varias ocasiones el descubrimiento de nuevas tecnologías hace que la humanidad pierda un poco la razón y el sentido de ser humano, ya que se pierde contacto personal y aislamiento por algunas personas.
- Conocer un Límite al momento de contar con el control total de la herramienta más poderosa del ser humano que es el cerebro y usarla en una tecnología que no sea destructiva.
- BCI debe seguir el enfoque que ha llevado desde sus primeras implementaciones, una tecnología que lo que busca es mejorar la calidad de vida muchas personas, sobre todo personas con algún tipo de discapacidad, pero este dispositivo debe ser muy accesible y cómodo para el usuario, seria engorroso cargar de arriba abajo con un casco con sensores conectados a un pc, que tendría que estar siendo transportado por el usuario, o seria peligroso andar con cables saliendo desde el cerebro y tenerlo prácticamente al aire libre debido a la cirugía y a la adquisición invasiva, así un computador
- Cuando se hallan descubiertos los secretos del cerebro, podremos empezar a hacer realidad muchas cosas con las que ha soñado la humanidad, cosas al puro estilo del viaje a las estrellas.

## VI. REFERENCIAS

- [1] C. Arboleda, E. García, A. Posada and R. Torres. (2009) "Diseño y construcción de un prototipo de interfaz cerebro-computador para facilitar la comunicación de personas con discapacidad motora". *Revista EIA ISSN 1794-1237, Numero* (11). p. 105-115.
- [2] García, E. Gentiletti, G.G. (2008) Interfaz cerebro computador (ICC) basada en el potencial relacionado con eventos P300: análisis del efecto de la dimensión de la matriz de estímulo sobre desempeño. *Revista Ingeniería Biomedica ISSN 1909-9762, volumen* (2), *numero* (4). p. 26-33.
- [3] Guger, C. Muller-Putz, G. Allison B. (2015) *Brain-Computer Interface Research: A State-of-the-Art Summary 4*. Editorial Springer.
- [4] Hornero R., Corralejo R. Álvarez D. Brain-Computer Interface (BCI) aplicado al entrenamiento cognitivo y control domótico para prevenir los efectos del envejecimiento [online] [citado el 17 de Agosto de 2016]. Disponible en: [http://www.fgcsic.es/lychnos/es\\_es/articulos/Brain-Computer-Interface-aplicado-al-entrenamiento-cognitivo](http://www.fgcsic.es/lychnos/es_es/articulos/Brain-Computer-Interface-aplicado-al-entrenamiento-cognitivo)
- [5] (2009) Atrapa una Onda Cerebral y Enséñale a Comunicarse, En: National Institutes of Health [online], [citado: 17 de Agosto de 2016] Disponible en: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/ciencia-highlights/atrapa-una-onda-cerebral-y-ens%C3%A9%C3%B1ale-comunicarse>
- [6] Fresneda C. (2016) Henry Marsh: "Sabemos más de la Luna que del cerebro" [online] [citado: 19 Agosto 2016]. Disponible en: <http://www.elmundo.es/cultura/2016/01/18/569b84f4268e3e235a8b45cf.html>
- [7] ¿Cuáles son las técnicas de investigación utilizadas en neuropsicología? [online], [citado: 19 Agosto 2016] Disponible en: <http://mentevpsicologia.blogspot.com.co/2010/11/cuales-son-las-tecnicas-de.html>
- [8] Warren B. , ventajas y desventajas de Inmersión total: [citado: 19 Agosto 2016] Disponible en: [http://www.ehowenespanol.com/ventajas-desventajas-realidad-virtual-info\\_89195/](http://www.ehowenespanol.com/ventajas-desventajas-realidad-virtual-info_89195/)
- [9] Fernando L. Alonso J. Brain Comouter Interface a Review, (2012) [citado: 19 agosto 2016], Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3304110/>