

Videojuegos basados en BCI (Interface cerebro computadora): Revisión Sistemática Literaria

BCI Video games, Sismatic Literature Review

José Alberto Vela Dávila , Jesús Velazquez Macías, Manuel Veyna Lamas
Docentes programa Educativo de ISC
Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo / Universidad Politécnica de Zacatecas
Fresnillo, Zacatecas, México
veladavila@gmail.com, vlzqznet@hotmail.com, manuelvl2003@yahoo.com

Dirección de autor de correspondencia : Calle Santa Martha #2 Fracc. San Javier, Colonia las Américas
C.P. 99088 . Fresnillo, Zacatecas , México.
Email: veladavila@gmail.com

PALABRAS CLAVE:

interfaces cerebro computadora, juegos,
videojuegos, juegos BCI.

RESUMEN

Este estudio es una revisión literaria de 50 artículos relacionados a videojuegos BCI, es decir videojuegos combinados con interfaces cerebro computadora, BCI por sus siglas en ingles. La idea es encontrar los problemas y dificultades para diseñar, desarrollar y utilizar juegos con dispositivos de lectura de actividad cerebral, con el objetivo de analizar que es lo que existe ya desarrollado en esta área y en base a esto plantear nuevos retos de investigación.

KEYWORDS:

Brain computer interface, games,
videogames, BCI games.

ABSTRACT

This study is a literature review of 50 papers related to BCI video games, this topic is related to the combination of video games with brain computer interfaces, BCI for its acronym. the aim is to find the problems and difficulties designing, developing and using games with reading devices brain activity in order to analyze what already exists in this area and propose new research challenges

Recibido: 30 de octubre de 2015 Aceptado: 20 agosto de 2016 Publicado: 30 junio de 2017

1 INTRODUCCIÓN

Interfaz “es un dispositivo que permite la comunicación entre dos sistemas, definiendo conexiones y uso de dispositivos que hacen posible la comunicación entre los sistemas. Una interfaz es la parte visible que es mostrada a los usuarios para que interactúen con la maquina. Implicando la presencia de monitores o pantallas en las cuales se muestra un menú e iconos que presentan las opciones que el usuario puede elegir dentro del sistema” [1]. Los esfuerzos del presente trabajo de investigación se centran en investigar las aplicaciones de las interfaces neuronales. Una interfaz neuronal “consiste en la comunicación del cerebro con un dispositivo externo. Las cuáles se clasifican en tres tipos: invasivas, parcialmente invasivas y no invasivas” [2]. Las interfaces no invasivas son las que el total de los dispositivos se encuentran apoyadas por la cabeza, es decir, captan las ondas cerebrales desde la parte externa sin necesidad de cirugía de implantación [2]. La diadema EEG (Electroencefalograma) es un ejemplo de interfaces no invasivas para medir la actividad cerebral.

Desde que en 1992 Hans Berger aplicó por primera vez la técnica de la electroencefalografía (EEG), esta ha sido utilizada por médicos y científicos para la investigación del cerebro. En la actualidad las investigaciones aplicadas a través de EEG se están enfocando a la Interfaz cerebro computadora (BCI, Brain-Computer Interface [3][12]. BCI es un sistema de comunicación en donde se monitorea la actividad cerebral, es una tecnología basada en la adquisición de ondas cerebrales que luego son procesadas e interpretadas mediante una computadora. Se mide la actividad de las neuronas para obtener la señal que será procesada mediante métodos, los cuales son invasivos y no invasivos[3].

Los sistemas BCI se pueden clasificar en endógenos y exógenos según la naturaleza y las tareas de control de entrada de la señal. En los sistemas BCI endógenos el usuario voluntariamente desempeña una tarea mental como un movimiento imaginado para crear cambios en la señal u ondas cerebrales que puedan ser detectadas por un dispositivo BCI. Estas respuestas endógenas no requieren de un estímulo, sin embargo se utilizan algunas claves para mejorar las características de la respuesta. Otra característica de estos sistemas es que requieren un entrenamiento largo[3].

El presente trabajo se enfoca en el estudio del pro-

cedimiento de EEG (electroencefalograma). EEG es una técnica que permite registrar la actividad eléctrica cerebral, esto es mediante electrodos que son colocados en el cuero cabelludo.

Se considera al videojuego como una actividad voluntaria, primordialmente social, en la que se está en relación con otros y se aprenden pautas de comportamiento, valores y la cultura. El juego es un medio fundamental para la estructuración del lenguaje y el pensamiento, actúa sistemáticamente sobre el equilibrio psicosomático; posibilita aprendizajes de fuerte significación; reduce la sensación de gravedad frente a errores y fracasos; invita a la participación activa por parte del jugador; desarrolla la creatividad, competencia intelectual, fortaleza emocional y estabilidad personal. Entre los diversos tipos de videojuegos se destaca la modalidad de videojuegos denominada: juegos serios, los cuales se caracterizan por estar diseñados especialmente con fines formativos (educativos, entrenamiento e información)[4].

Un elemento importante de atractibilidad de los videojuegos es el relacionado con los aspectos gráficos y el diseño, es decir, todos aquellos elementos destinados a estimular los sentidos y que es lo que se denomina gratificación sensorial [5]. teóricamente la relación entre emociones y aprendizajes se apoya en los aportes de la neurociencia y específicamente en el modelo de Cerebro Triuno, según el cual los aprendizajes se aceleran con la multiestimulación sensorial y la emocionalidad. El diseño de los videojuegos permite cumplir con estas condiciones, de allí que se quieran exponer algunos aprendizajes estimulados con el uso de los videojuegos[5].

Es importante medir la actividad cerebral debido a que a través de esta se pueden identificar las emociones de una persona sin necesidad de emitir ningún movimiento (emociones como, inmerso, interesado, contento, relajado, estresado, activo) [6], lo cual en la vida diaria puede traer enormes beneficios ya que puede ser utilizada en conjunto con un videojuego (recibe e interpreta las señales del EEG) como una neuro herramienta de rehabilitación para aquellas personas que sufren alguna enfermedad relacionada al sistema motor [7] como podrían ser : Distrofia Muscular, Lesión de médula, Parkinson, Esclerosis, parálisis cerebral y déficit de atención e hiperactividad[8][9][10]. Para las personas sanas podría representar un nuevo reto el jugar un videojuego que no contiene controles físicos, en el cual las instrucciones se envían a través de ondas cerebrales

utilizando una diadema lectora de electro encefalogramas EEG, el videojuego recibe estas señales ya procesadas, las interpreta y muestra una retroalimentación visual al usuario a través del videojuego, la cual puede ser el mover una imagen de dirección, el manipular una nave, el seleccionar una opción, el realizar un recorrido virtual, etc.

Este estudio se enfoca en las investigaciones para la mejora del aprendizaje y entrenamiento en personas a través del uso de BCI y videojuegos, así como en descubrir nuevos retos en el desarrollo de videojuegos basados en BCI, como lo son:

1. El manejo de recompensa en videojuegos educativos es el mejor factor de motivación ayuda a obtener mejores resultados en el aprendizaje. De acuerdo a estados emocionales y cognitivos de los usuarios se modifica el nivel de juego[11].

2. EEG y neurofeedback se considera “eficaz y específica” en evaluaciones de pre/post- tratamiento para personas con Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). Permite el aumento de las capacidades cognitivas y la memoria o la memoria visual induciendo cambios duraderos en personas con TDAH [12][7].

3. Experimentación en pacientes con Distrofia Muscular, Lesión de médula, Parkinson, Esclerosis, parálisis cerebral y déficit de atención e hiperactividad[8] [9][10] para validar la efectividad de las técnicas de BCI y los videojuegos.

4. Hace falta una validación real del aprendizaje basado en técnicas BCI y Videojuegos. Es decir, dicen que miden y mejoran la experiencia para el desempeño, pero no validan su correlación con el aprendizaje

5. Desarrollar videojuegos BCI que aseguren su uso comercial

Se decidió utilizar el método de revisión sistemática en este estudio, ya que identifica, evalúa, interpreta y sintetiza los estudios disponibles para responder a las preguntas de investigación y establece el estado de la evidencia. Este trabajo tiene un enfoque especial en el desarrollo de videojuegos basados en BCI con el uso de EEG, Se trata de encontrar los problemas y dificultades para diseñar, desarrollar y utilizar juegos con dispositivos de lectura de actividad cerebral

2 METODO DE INVESTIGACION

2.1 CONTEXTO Y ATRIBUTOS DE CALIDAD

Con la intención de delimitar el tema de esta in-

vestigación, así como de conocer los temas relacionados , el contexto de este estudio fue clasificado en 3 áreas generales que a su vez se dividen en otras áreas igualmente importantes, todas relacionadas con BCI y Videojuegos. Como se puede observar en la figura 1, las áreas generales son:

- a) señales (Ondas Cerebrales)
- b) áreas de Aplicación
- c) videojuegos

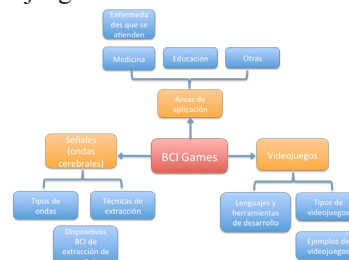


Figura 1. Contexto de Videojuegos BCI.

2.1.1 Señales (Ondas Cerebrales)

El tema señales es bastante amplio además de ser básico para entender y trabajar con BCI. A continuación se describen las áreas relacionadas con ondas cerebrales :

1. Técnicas de extracción de señal:

Los sistemas BCI pueden ser clasificados en tres tipos de técnicas dependiendo de el origen de la señal adquirida: los no invasivos, parcialmente invasivos e invasivos [13]. Los invasivos son implantados directamente dentro del cerebro en la materia gris, a través de una neurocirugía y son los que producen la señal con mas alta calidad. Los dispositivos BCI parcialmente invasivos son implantados dentro del cráneo pero fuera del cerebro y al igual que los invasivos, tienen gran calidad de señal, aunque con el tiempo esta se degrada debido a la acumulación de tejido sobre el dispositivo [3]. Los dispositivos no invasivos, tienen la ventaja que no se necesita intervención quirúrgica para la implantación, la desventaja es que la señal no tiene la misma calidad de las técnicas antes mencionadas [3].

Electroencefalograma (EEG por sus siglas en inglés) es la técnica no invasiva para el registro de señales cerebrales más ampliamente utilizada , obtiene la señal a través de la colocación de electrodos sobre el cuero cabelludo, Esta técnica nos da una manera fácil y portátil para monitorear las actividades del cerebro con la ayuda de algoritmos de procesamiento y clasificación de señal adecuados[14]. Los investigadores prefieren esta técnica porque es segura, económica y fácil de implementar[3], existen otras técnicas no invasivas para medir la actividad cerebral :

Magneto encefalografía(MEG)[3] , Espectroscopia de Infrarrojo Cercano(fNIRS) y la Resonancia Magnética Funcional(fMRI) [3], sin embargo la más ampliamente utilizada es el electroencefalograma (EEG)[14].

Algunos ejemplos de paradigmas o neuro técnicas para extraer señales de EEG son:

1. Endógenas:

los basados en el estado mental(concentración y relajación, mental state) [15], imágenes motoras(motor imagery) o ritmos sensoriomotores (sensorimotor) [16] [17][18] y los potenciales corticales lentos (Slow Cortical PotentialS, SCP) [14].

2. Exógenos

Algunos de estos sistemas son los clasificados como potenciales relacionados con eventos (Event Related Potential,ERP), los cuales están compuestos por : los basados en potenciales evocados P300 (onda P300)[19] [20][18] y en potenciales evocados visuales de estado estable (Steady State Visual Evoked Potentials, SSVEP) [10][21][7].

2. Tipos de Ondas

Las señales EEG pueden estar en un rango de 4hz hasta 100 hz dependiendo de la actividad cerebral y del estado psicológico del sujeto, las señales u ondas cerebrales están divididas en 6 bandas de frecuencia: delta 1-4 hz, Theta 4-7 hz, Alpha 8-13 hz, Mu 8-13 hz, Beta 13-30 hz y gamma también llamado sensorimotor de 31-100hz [14]. Este documento se enfocará a señales EEG.

3. Dispositivos BCI de extracción de señal

Los dispositivos utilizados para la extracción de señal, se pueden clasificar en comerciales y no comerciales, los mas comúnmente utilizados son las diademas comerciales, basados en EEG no invasivos[14]:

- a. Emotiv Epoc [14].
- b. Neuro Sky MindSet [6]

2.1.2 Videojuegos

El área de videojuegos se debe considerar de forma especial, debido a que son juegos basados en BCI en los cuales no se encuentran los controles tradicionales, por tanto contienen características especiales. En este tipo de juegos, los comandos o instrucciones se reciben a través de señales de EEG utilizando como medio diademas como

las ya mencionadas anteriormente (Emotiv Epoc, Neuro Sky Mindset). Las áreas encontradas y relacionadas con videojuegos basados en BCI son las siguientes:

a) Tipos de Videojuegos

Los tipos de videojuegos basados en BCI se clasifican en :

- Multimodal : Son aquellos Videojuegos que permiten recibir comandos a través de ondas EEG , además de recibir comandos con algún control físico, como un Jostick, un volante, etc [22][23][24].
- Multiusuario : Se refiere a aquellos juegos que permiten la interacción y socialización con otros jugadores, esto le permite al usuario competir con otros jugadores[15] [25][26].
- Modal y monousuario : Son aquellos juegos que solo permiten la interacción con un solo jugador y los comandos son recibidos a través de ondas cerebrales EEG [15][25][26].

b) Lenguajes y Herramientas de desarrollo de Videojuegos

Es importante el uso adecuado de los Lenguajes y herramientas necesarias para desarrollar un videojuego basado en BCI. Algunas de las herramientas encontradas en los artículos revisados son las siguientes: BCI 200 [27][28], Visual C++ [27][29], Open Vibe [30][31], Unity 3D [32], MathLab [27], Direct X [33], Microsoft XNA y Simulink [16].

c) Ejemplos de Videojuegos

En la revisión de artículos , se encontró una lista grande de juegos basados en BCI, que manejan diversas temáticas, algunos son juegos con temas inéditos y algunos otros son videojuegos que ya existen comercialmente, pero adaptados a BCI, algunos ejemplos son los siguientes: mind the sheep [22], Bacterian Hunt [22], World of WarCraft [26], affective pacman [22], Tetris [34][17], Maze game [3][9], defensa de las torres[20], asteroides y nave espacial [35], carrera de autos con obstáculos [33].

2.1.3 Áreas de Aplicación de BCI

El área de aplicación de los videojuegos es muy amplia y diversa, sin embargo el área de aplicación de videojuegos basados en BCI no es tan amplia, actualmente se está enfocando principalmente en dos áreas:

- **Medicina**: en esta área es donde principalmente se han aplicado los videojuegos basados en BCI como una forma de poder ayudar a comunicarse con el mundo exterior a personas aisladas discapacitadas que no pueden expresarse de forma física[36], se utiliza también como terapias de neuro estimulación, se han utilizado por ejemplo para personas con desorden de atención, especialmente en niños para evitar los medicamentos ya que estos pueden tener efectos secundarios[8], Sesiones continuas utilizando Videojuegos basados en BCI pueden mejorar los niveles de atención[17]. Actualmente también se está utilizando juegos BCI para rehabilitación y entrenamiento de enfermos que padecen alguna de las enfermedades mencionadas a continuación [8].

- **Enfermedades que se atienden**: Las enfermedades más comunes que se atienden con Videojuegos basados en BCI son: Distrofia Muscular, Lesión de médula, Parkinson, Esclerosis, parálisis cerebral y déficit de atención e hiperactividad[8][9][10].

- **Educación**: es un área en la que ya hay aplicaciones BCI; sin embargo, aun es el inicio, este es un campo amplio de desarrollo[4][13]. Actualmente existen videojuegos basados en BCI que consisten en recorridos virtuales a través de ciudades históricas como roma[37], algunos juegos que permiten resolver crucigramas como el maze game y algunos memoramas[3][9][38].

- **Otros**: algunas otras áreas en las que podría incursionar BCI y aun no lo ha hecho son: las áreas militares, de negocios, de gobierno, etc. [13].

2.1.4 Atributos de Calidad

En el presente SLR se tienen definidos los atributos de calidad llamados: tiempo de latencia, fortaleza de la señal, precisión de la señal, libre de ruido, interface configurable, capacitación en el uso, tiempo de aprendizaje y experiencia del Usuario (UX) dentro del cual comprenden: socialización, satisfacción, facilidad de aprendizaje, eficacia, inmersión, motivación, concentración y frustración. Los atributos de calidad son de utilidad para ser analizados en cada estudio encontrado dentro del contexto de videojuegos basados en BCI.

El Tiempo de Latencia mide el tiempo de respuesta de una interface, mide los tiempos de inactividad [39]; Fortaleza de la señal Este atributo mide la intensidad con la que llega una señal generada, a través de una interface[40]; precisión de la señal Este atributo mide la claridad con la que se puede leer e interpretar una señal, se refiere a la nitidez de la señal, lo legible que es[41]; Libre de ruido se refiere a la eliminación de señales adicionales, ajenas a la emoción que queremos medir e interpretar. Por ejemplo elimina señales de músculos o parpadeo de ojos[24]; Interfaz Configurable: Se refiere a poder adaptar las características a un usuario específico, es decir el poder personalizar la interface[42]; tiempo de aprendizaje y experiencia del Usuario este atributo mide la facilidad que presenta la interface de tal manera que un usuario pueda manejar o utilizar la interface de forma adecuada en el menor tiempo posible [40]. Dentro de las UX se encuentra: la socialización la cual es vista como la integración de las personas en la comunidad en la que formamos parte asimilando habilidades, adquiriendo conocimientos, aumentando vínculos afectivos y moldeando conductas [43]; satisfacción la cual es vista como el cumplimiento a ciertas exigencias premiando el mérito, causando un placer por un logro obtenido [43]; facilidad de aprendizaje es visto como la capacidad que tienen las personas para adquirir conocimientos y habilidades en temas en específico, por ejemplo un alumno tiene mayor facilidad de realizar las tareas en algunas asignaturas que otras; eficacia es visto como la capacidad de alcanzar el efecto esperado después de realizar una actividad [43]; inmersión la cual es vista como la introducción total en una actividad, en un ambiente [43]; motivación son estímulos que mueven a las personas a realizar determinadas actividades, es decir, es la voluntad para hacer un esfuerzo hasta alcanzar la meta [44]; concentración consiste en centrar toda la atención de la mente sobre un objetivo o actividad, es decir, fijar el pensamiento en algo sin distraerse [43], [45]; y la frustración se trata de un sentimiento desagradable que se produce cuando las expectativas de una persona no se ven satisfechas al no poder conseguir lo que se pretende [43].

2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Para comenzar con la revisión literaria sistemática se generaron las siguientes preguntas de investigación (RQ) en las cuales se realizó una delimitación con criterios a considerar para hacer la selección de artículos potencialmente relevantes para nuestra investigación. Tales como los beneficios obtenidos y las mejoras en los atributos de calidad.

RQ1 ¿Cuales son los problemas y/o dificultades al diseñar, desarrollar o utilizar juegos basados en medición de actividad cerebral?

Justificación: El responder a esta RQ1 puede ayudar a identificar cuales son los problemas reales a los que se enfrenta un equipo de trabajo que desea desarrollar un juego basado en BCI, debido a que se deben considerar varios factores por ejemplo identificar si existen factores específicos que afecten la concentración de un jugador de BCI, el saber que tan fácil es distraer a un jugador, cuáles son los distractores principales?, cual es la mejor forma de motivar a un jugador?. Otro aspecto importante es saber que tan confiables son las señales adquiridas desde los dispositivos comerciales, que problemas se presentan con la señal adquirida ?, cuales son las mejores técnicas de extracción de señal, que problemas presentan los algoritmos de extracción de señal actuales?, existen las herramientas adecuadas para cubrir las necesidades actuales de desarrollo de videojuegos basados en BCI ?, los juegos actuales cubren las necesidades para lo que fueron desarrollados?. El conocer cada uno de estos aspectos permitirá identificar los detalles a considerar para desarrollar nuevos juegos basados en BCI , así como explorar nuevas ideas, y nuevas áreas de oportunidad y desarrollo.

RQ2 ¿Qué atributos de calidad impactan en los estudios de juegos basados en BCI ?

Justificación: El responder a esta RQ2 puede ayudar al aumento en las mejoras de los atributos de calidad permitiendo incrementar de forma positiva la experiencia del jugador al desarrollar videojuegos basados en BCI, debido a que los estudios revisados presentan resultados objetivos sobre lo que funcionó y lo que no funcionó. Por otra parte permite conocer cuáles son los mejores dispositivos de extracción de señal , clasificar las técnicas de extracción y algoritmos de acuerdo a los atributos de calidad que potencian. Responder a esta pregunta permitirá

también conocer en donde hace falta más trabajo, mas estudio, mas investigación y a que nuevas áreas se puede incursionar, que atributos de calidad se han descuidado en los estudios actuales, pero que podrían ser utilizados y potenciados en nuevos proyectos.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Los criterios de inclusión y exclusión son considerados para la toma de decisiones en cuanto a aprobar o descartar los artículos que fueron encontrados en la SLR y que posteriormente serán seleccionados los artículos óptimos para nuestra investigación.

Los criterios de inclusión nos permiten aceptar los artículos encontrados en base a las palabras claves que fueron especificadas para iniciar el proceso de la SLR los cuales son los siguientes:

I1: El estudio esta relacionado con Videojuegos y BCI.

I2: I1 Aceptado y Estudios que contengan métodos, técnicas, mecanismos y procedimientos en las etapas pre-producción, producción y post-producción de videojuegos.

Los criterios de exclusión los cuales permitirá descartar los artículos innecesarios para investigación, es decir, los cuales no sean potencialmente relevantes para a investigación son los siguientes:

E1: Si dos estudios presentan la misma solución eliminar el menos maduro (Por el nivel de evidencia). En donde el nivel de evidencia se refiere a las demostraciones realizadas dentro de los estudios por medio de demostraciones, experimentos, opiniones de expertos y experimentos en laboratorio.

E2: si el estudio no presenta evidencia, eliminarlo.

PROCESO DE BÚSQUEDA

En el proceso de búsqueda se diseñó un protocolo SLR para guiar el proceso de búsqueda el cual se basó en la guía [46]. En este proceso se definen los términos de búsqueda, el periodo de tiempo de la búsqueda, las bases de datos electrónicas considerando sus tres fases: estrategia de búsqueda, verificación de artículos seleccionados y selección de artículos.

Los términos de la búsqueda se generaron en base a las palabras claves que se definieron previamente, la búsqueda se realizó en los recursos electrónicos ya mencionados con el propósito de encontrar el mayor número de artículos posible referentes al tema de la revisión sistemática con la finalidad de dar respuesta a las preguntas de investigación.

Uno de los criterios que fueron considerados para la selección de los artículos es el periodo de tiempo, en donde se especifica el año en el que fueron publicados los estudios. Para ésta SLR el periodo de tiempo que se consideró para hacer la selección de los artículos del año 2009 al 2014.

Las bases de datos electrónicas que fueron seleccionadas para ésta SLR fueron principalmente los recursos electrónicos que se muestran en la tabla 1.

Número	Recurso electrónico
1	IEEE Explore
2	Springer Link
3	Science Direct
4	Scopus
5	Scholar Google

Tabla 1. Bases de datos incluidas en esta SLR

Para realizar la búsqueda de los artículos en los recursos electrónicos mencionados, los hallazgos seleccionados fueron principalmente del tipo de fuente revistas, conferencias y workshops como se muestra en la tabla 2.

Los artículos que fueron encontrados en la SLR se seleccionaron de los recursos electrónicos (IEEE, Science Direct, Scopus, Scholar Google y Springer Link) y en base a la fecha de publicación. Para hacer la selección de los artículos que fueron considerados potencialmente relevantes para nuestra investigación se siguieron 3 fases: Estrategia de búsqueda, verificación de artículos potencialmente relevantes y selección de artículos.

Fase 1: Estrategia de búsqueda. Se inicia con la definición de las palabras claves para identificar posibles estudios primarios. Después se aplican los criterios de inclusión y exclusión al título con el fin de recabar el mayor número de artículos relacionados al área de estudio.

Los términos de la búsqueda se revisan de acuerdo al operador booleano “Y” que es utilizado para la formación de la cadena de búsqueda en los recursos electrónicos de la Tabla 1 que fueron consultados. Un ejemplo de búsqueda con las palabras claves que formaron la cadena es: “BCI AND VIDEOGAMES”.

Todos los resultados encontrados en los recursos electrónicos que fueron considerados potencialmente relevantes, fueron registrados en una hoja de cálculo utilizado como el protocolo de SLR de manera detallada para su análisis. Para cada artículo seleccionado se registró los siguientes campos presentados en la Tabla 4. Los

campos fueron llenados conforme al avance de las fases en el proceso de búsqueda, y en esta fase solo se utilizaron los criterios de inclusión, exclusión, el título y el año de publicación.

Fase 2: Verificación de artículos seleccionados. Al terminar con la fase 1 y registrar la información en la hoja de cálculo, se analiza por artículo el resumen e introducción para los seleccionados en la fase 2 discutiendo los desacuerdos acerca de los resultados. En el caso de no resolver un desacuerdo sobre un estudio que fue seleccionado en la fase actual se pasa a la siguiente fase de selección para un análisis más detallado.

Fase 3: Selección de artículos. Una vez seleccionados los artículos potencialmente relevantes de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión, se analiza cuidadosamente cada uno de los artículos con ayuda de otro investigador y se descartan los considerados innecesarios para ésta investigación, es decir, se decide si los trabajos serán finalmente incluidos o no. Para decidir si son incluidos o no, se aplica un enfoque basado en la contribución de los atributos de calidad y los beneficios esperados que se tendrán con videojuegos basados en BCI.

Los estudios fueron finalmente seleccionados después de realizar la revisión literaria en las bases de datos. Al iniciar con el proceso de búsqueda usando las palabras claves en los diferentes recursos electrónicos se obtuvo un total de 23,240 artículos seleccionados, al aplicar los criterios de inclusión y exclusión basados en el título se redujo el número de artículos a 230 en la fase 1 de la búsqueda. En la fase 2, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión en base al abstract e introducción reduciendo los artículos a un número de 164, una vez que fueron aprobados, el siguiente paso es seleccionarlos en base al contenido reduciéndose a 80 artículos. En la fase final del proceso de búsqueda, el total de artículos seleccionados en base al resumen, el contenido y su contribución a los atributos de calidad y beneficios esperados se obtuvo un total de 50 artículos.

Al final del proceso de la SLR se obtuvieron 50 artículos relevantes para nuestra investigación. Los artículos fueron seleccionados de Journal como se muestra en la tabla 2 y Conference como se muestra en la tabla 3.

Num	Journal
J1	IEEE computer society
J2	International journal of education and information technologies
J3	Frontiers in human neuroscience
J4	Neural Networks
J5	Advanced Science and Technology Letters
J6	Journal of Medical and Biological Engineering
J7	International Journal of Psychophysiology
J8	Journal sensors
J9	Journal of Information Processing Systems,
J10	Journal of Medical and Biological Engineering
J11	IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics
J12	International journal of education and information technologies

Tabla 2 Journal

Número	Conference
C1	IEEE Conference Publications
C2	2008 Second IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning
C3	2013 IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)
C4	Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vols 1-8
C5	biosignals 2006: proceedings of the international conference on bio-inspired systems and signal processing
C6	International Conference on Cyberworld
C7	IEEE Symposium on Computational Intelligence in Healthcare and e-health (CICARE)
C8	Asia-Pacific Conference on Information Processing
C9	International Conference on Mechatronics and Automation August 4-7, 2010, Xian, China
C10	The 16th International Conference on Computer Games CGAMES 2011
C11	Annual International Conference of the IEEE EMBS Boston, Massachusetts USA,
C12	Biosignals and Birobotics Conference (BRC)

Tabla 3 Conference

EXTRACCIÓN DE DATOS

Los elementos extraídos para el análisis comienza con (D1) que es la especificación de la aceptación o rechazo del artículo, así como el motivo (D2) y descripción (D3) por el cual se le fue asignado el estado, el título (D5); el resumen (D6); año de publicación (D7); autores (D8); recurso electrónico (D4) tal como se puede ver en la tabla 1; nombre de revista o conferencia (D9); tipo de fuente (D10) especificando si se trata de journal, conferencia, workshop o capítulo de libro. En los artículos que fueron seleccionados se describió la problemática (D12); la descripción del estudio (D14); las reflexiones y comentarios (D15) sobre los resultados de los artículos. La selección de los artículos en sus primeras dos fases se realizó en base a los criterios de inclusión (I) y exclusión (E) (D17) los cuales son: I1: El estudio esta relacionado con Videojuegos y BCI ; I2: I1 Aceptado y estudios que contengan métodos, técnicas, mecanismos y procedimientos en las etapas de pre-producción, producción y post-producción; E1: si dos estudios presentan la misma solución eliminar el menos maduro (Por el nivel de evidencia); E2: si el estudio no presenta evidencia, eliminarlo.

Otro elemento importante que permite la selección del artículo es de acuerdo a los niveles de evidencia (D18) [47], dado que los niveles de evidencia en los experimentos realizados dentro de los estudios encontrados y seleccionados se empleo un nivel en el cual se clasifica

clasifica la evidencia comenzando de 0 hasta 5 con un peso asignado de 0.0 a 1.0, lo que permite la evaluación de las pruebas realizadas en cada estudio. Los niveles de evidencia comenzando del más débil al más fuerte son los siguientes:

L0 : No Evidencia (0.0)

L1 : Evidencia obtenida de demostraciones o ejemplos con juegos (0.2)

L2 : Evidencia obtenida de opiniones de expertos u observaciones (0.4)

L3: Evidencia obtenida de estudios académicos (laboratorio experimental) (0.6)

L4: Evidencia obtenida de estudios industriales (casos de estudio) (0.8)

L5: Evidencia obtenida de prácticas industriales (sector industrial) (1.0)

Tales niveles de evidencia son definidos mediante puntuaciones con los cuales permite agregar un valor a dichos estudios permitiendo cuantificar los niveles de evidencia.

El elemento correspondiente a la clasificación (D19) se especifica a el área de la neurociencia correspondiente .

El elemento en el cual se especifica la evaluación de la calidad de los estudios (D20) se responden una serie de preguntas a las cuales se les asigna un valor que permite cuantificar los resultados, las preguntas son las siguientes:

Q1: ¿Cuál es el nivel de evidencia del estudio?;

Q2: ¿Es claro el beneficio en este estudio?
Si(1),no(0),parcial(0.5);

Q3: ¿Se utiliza claramente BCI en este estudio?
Si(1),no(0),parcial(0.5);

Q4: ¿Es clara la mejora del QA(s) en el estudio?
Si(1),no(0),parcial(0.5);

Q5: ¿Son discutidas explícitamente las limitaciones en el estudio? Si(1),no(0),parcial(0.5).

En los paréntesis se determina el valor que se podrá asignar a cada respuesta según los resultados obtenidos en los estudios.

Y por último, el elemento que pertenece a los beneficios (D21) esperados ofrecido por cada estudio se puede clasificar en:

- B1: Mejora del aprendizaje;
- B2: Mejora de emociones;
- B3: Mejora de interfaz.
- B4: Mejora de experiencia del jugador
- B5: Mejora de la señal

Datos	Nombre del elemento	Descripción
D1	Artículo aceptado/ rechazado	Especificar estado del artículo si es aceptado o rechazado
D2	Rechazado o aceptado por:	Motivo por el cual se especifica el estado, por título /abstract/introducción/conclusiones/contenido.
D3	Descripción del rechazo	Especifica descripción del rechazo o aceptación tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión.
D4	Recurso electrónico	Recurso donde se encontró la publicación del artículo
D5	Título	Título del artículo
D6	Resumen o abstract	Resumen o abstract del artículo seleccionado en la SLR
D7	Año	Año de publicación del artículo
D8	Autores	Escritores del artículo
D9	Nombre de la revista	Nombre de la revista donde es publicado el estudio.
D10	Tipo de fuente	Tipo de fuente al que pertenece el estudio.
D11	Aserciones	Descripción del artículo en el que se afirma en base al estudio realizado.
D12	Problema	Descripción sobre el problema al cual se centra el estudio para dar solución mostrando mejoras en los resultados iniciales.
D13	Elemento del artículo	Elementos principales en los que se centra la investigación del estudio.
D14	Descripción del estudio	Explicación sobre la propuesta que los autores exponen en el estudio para dar solución al problema.
D15	Reflexiones y comentarios	Observaciones relevantes sobre los resultados obtenidos en los estudios.
D16	Respuestas a preguntas de investigación	Beneficios obtenidos después de realizar experimentos mejorando los atributos de calidad o potencializándolos
D17	Criterios de inclusión y exclusión	Elementos considerados para aceptar o rechazar artículos
Datos	Nombre del elemento	Descripción
D18	Niveles de evidencia	Clasificación del nivel de evidencia permitiendo la evaluación de las pruebas realizadas en cada estudio
D19	Clasificación de la propuesta	Categoría a la que pertenece la selección de artículos de acuerdo a las técnicas y métodos BCI que aplica.
D20	Evaluación de calidad de los estudios	Clasificación correspondiente para valorar el grado de aceptación o importancia de modo cuantificable.
D21	Beneficios	Beneficios obtenidos al usar Videojuegos basados en BCI

TABLA 4 ELEMENTOS EXTRAIDOS PARA CADA ESTUDIO SELECCIONADO

3 RESULTADOS

3.1 RESUMEN DE RESULTADOS

El objetivo de esta revisión sistemática es entender los problemas y dificultades que existen para el diseño y desarrollo de videojuegos con lectura de actividad cerebral, para ello se debe entender el contexto, revisar y analizar los estudios que ya existen de esta área con el objetivo de encontrar nuevas áreas de oportunidad y de aplicación de esta tecnología.

En estos estudios se puede encontrar una variedad de contribuciones sobre el uso y aplicación de videojuegos basados en BCI . Esta revisión se centro en las técnicas de extracción de ondas cerebrales, los tipos de algoritmos par procesar señales, los dispositivos BCI comerciales mas utilizados, los tipos de videojuegos ,así como los lenguajes y herramientas para desarrollarlos, finalmente las áreas en las cuáles se esta aplicando esta tecnología.

RQ1 ¿Cuales son los problemas y/o dificultades al diseñar, desarrollar o utilizar juegos basados en medición de actividad cerebral?

Al realizar el análisis de los estudios de la revisión sistemática, se pudieron observar y evidenciar varios problemas y dificultades que se tienen para desarrollar videojuegos basados en BCI, los problemas y dificultades se encuentran relacionados con las interfaces, los métodos de extracción, los algoritmos, los dispositivos físicos, en la jugabilidad y experiencia del usuario. A continuación se muestran los resultados:

- Las ondas cerebrales no presentan un patrón de conducta y pueden variar de acuerdo al individuo, por tanto los dispositivos de extracción de señal deben ser configurables.
- Al desarrollar videojuegos educativos no existe un método para balancear entre diversión y entrenamiento(aprendizaje)
- Selección del método de extracción de señal adecuado a las necesidades del videojuego a desarrollar
- Como evitar las distracciones de los usuarios al momento de jugar y lograr la concentración para poder interactuar con el juego BCI.
- El proceso de adaptación de un nuevo jugador a un dispositivo EEG, es decir al control de juego, generalmente requiere entrenamiento y es un proceso largo.
- Las recompensas, la retroalimentación y la socialización del juego es decir la competencia con otros usuarios son elementos que permiten al usuario motivarse y engancharse con el videojuego.
- Algunos juegos BCI son agotadores para el usuario, causando desmotivación y abandono.
- Existen problemas de latencia en algunos dispositivos BCI
- A ciertos usuarios les parece lento la velocidad de retroalimentación desde el momento en que se envía una señal cerebral, el dispositivo BCI la lee , se envía al videojuego, y finalmente este retroalimenta de forma visual al usuario.
- ¿como controlo o interpreto las señales débiles del cerebro, tomado en cuenta que estas están rodeadas de ruido y ambientes magnéticos?
- como diferencié las ondas cerebrales del sujeto relacionadas al tema en cuestión con las ondas generadas por algún músculo o por el parpadeo de un ojo, tomando en cuenta que estas son en ocasiones mas fuertes?

- uno de los problema que siguen apareciendo es el feedback o retroalimentación, evitar distracciones y lograr concentración.

- Algo que no queda muy claro es cuantos electrodos son los recomendados para leer de forma mas clara las señales EEG y en que parte de la cabeza es la ubicación ideal, existen algunas guías, pero cada autor define de acuerdo a sus estudios.

- un problema que se menciona y que no logró resolverse por completo, es la medición o clasificación de niveles de aburrimiento del usuario.

- La configuración del dispositivo BCI para un usuario específico , así como el tiempo y dificultad en el entrenamiento , siguen siendo un problema en el uso de aplicaciones basadas en BCI.

- BCI es una tecnología de reconocimiento imperfecto debido a que no existen directrices, para generar determinada actividad mental.

- un problema y limitación en uso de BCI para el diseño de Videojuegos es la naturaleza poco confiable de las señales del cerebro.

- existen diferentes técnicas para obtener datos, algunas aun probadas de forma académica, con un gran potencial por descubrir.

RQ2 ¿Qué atributos de calidad impactan en los estudios de juegos basados en BCI ?

Analizando los estudios de la revisión sistemática, se pudo observar que existen diversos videojuegos y cada uno de ellos potencializa o le da más importancia a uno o varios atributos de calidad específicamente, es difícil encontrar un solo videojuego basado en BCI que permita incrementar el nivel de todos los atributos descritos en este artículo en la sección de atributos de calidad. A continuación se muestran los atributos que más se impactan tanto de la interface, como de la experiencia del jugador.

Atributos de Interface

Los atributos que más se impactan en lo que respecta a la interface son : mejora de la fuerza de la señal, configuración de la interface, eliminación de latencia, eliminación del ruido en la señal, mejora de la precisión de la señal,

Atributos relacionados con la experiencia del jugador

Los atributos que más se impactan con relación a la experiencia del jugador son: inmersión y concentración, aumento de la motivación, aumenta la satisfacción, mejora la efectividad, mejora la socialización, solo un artículo detecta frustración, algunos estudios afectan la relajación, se mejora el aprendizaje

3 TRABAJO FUTURO

Una vez que se concluyó con la revisión sistemática, queda claro el panorama de los videojuegos basados en BCI, se sabe cuales son los estudios actuales, que aplicaciones existen, en que áreas se están aplicando. Esto da a pie a generar nuevos retos que contribuyan al crecimiento y buen uso de esta tecnología.

Algunos de los trabajos que se realizarán en un futuro son los siguientes:

a) estudio e investigación para desarrollar videojuegos basados en BCI aplicados a la industria del entretenimiento.

b) Diseñar y Desarrollar videojuegos BCI educativos que apoyen en el aprendizaje de las matemáticas, basándose en las emociones detectadas a través de las ondas EEG que genera el usuario al ver algún componente en la pantalla, si este resulta atractivo, se registra y puede ser reutilizado en otros videojuegos, o experimentar con contenido o imágenes hasta que el usuario genere una emoción.

c) Diseñar, algún algoritmo o técnica que permita probar videojuegos, a través de las emociones detectadas con las ondas EEG así de esta manera se puede detectar si el juego es divertido y asegurar su éxito comercial.

4 CONCLUSIONES

Finalmente se puede concluir que el área de Videojuegos basados en BCI es muy amplia y aun existen muchos retos por superar es un área relativamente nueva, aun hay bastantes cuestiones por resolver tales como retrasos en las señales EEG, dispositivos de lectura de señales lentas, malos índices de reconocimiento de tareas mentales, tiempos largos de entrenamiento en el hardware. Videojuegos cansados y tediosos, con pobre usabilidad y poca experiencia agradable para el jugador.

Un detalle que se puede observar es que no se presenta información sobre el proceso de desarrollo de los videojuegos o problemas con el desarrollo de estos, en los estudios solo se menciona los lenguajes y/o herramientas utilizadas para su creación, por tanto existe un vacío de información en esta área.

Se puede observar en los estudios analizados que se ha aplicado el uso de videojuegos BCI casi exclusivamente en el área médica con enfermos, sin embargo la experimentación ha sido solo con pacientes sanos, lo cual no garantiza que los resultados vayan a ser los mismos con personas enfermas. Otra de las áreas en las que se empieza a utilizar esta tecnología es en la educación la cual presenta un área potencialmente explotable.

Algunos estudios mencionan también que los videojuegos BCI podrían ser explotados por la industria del entretenimiento ya que para los aficionados a los juegos representaría todo un reto esta nueva forma de control del videojuego a través de ondas cerebrales.

Se considera que esta tecnología va a seguir creciendo en los próximos años y muy pronto estará siendo utilizada en áreas muy diversas como: el área de negocios, el área gubernamental y las áreas de entretenimiento. Por lo pronto resulta de gran importancia el aporte que se esta haciendo en medicina.

REFERENCIAS

1. C. L. Lapuente and M. J. L. Lapuente, "La interfaz gráfica." Lamarca Lapuente.
2. [2] "Brain computer interface." Oct-2006.
3. [3] S. Bordoloi, U. Sharmah, and S. M. Hazarika, "Motor imagery based BCI for a maze game," 2012 4th Int. Conf. Intell. Hum. Comput. Interact., pp. 1–6, Dec. 2012.
4. [4] "Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información," vol. 9, pp. 93–107, 2008.
5. [5] "Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información," vol. 7, pp. 128–140, 2006.
6. [6] H. Yoon, S. Park, Y. Lee, and J. Jang, "Emotion recognition of serious game players using a simple brain computer interface," 2013 Int. Conf. ICT Converg., pp. 783–786, Oct. 2013.
7. [7] R. Parafita, G. Pires, U. Nunes, and M. Castelo-Branco, "A spacecraft game controlled with a brain-computer interface using SSVEP with phase tagging," 2013 IEEE 2nd Int. Conf. Serious Games Appl. Heal., pp. 1–6, May 2013.
8. [8] L. Jiang, C. Guan, H. Zhang, C. Wang, and B. Jiang, "Brain computer interface based 3D game for attention training and rehabilitation," 2011 6th IEEE Conf. Ind. Electron. Appl., pp. 124–127, Jun. 2011.
9. [9] N. Chumerin, N. V. Manyakov, M. Van Vliet, A. Robben, A. Combaz, M. M. Van Hulle, and S. Member, "Steady-State Visual Evoked Potential-Based Computer Gaming on a Consumer-Grade EEG Device," vol. 5, no. 2, pp. 100–110, 2013.
10. [10] J. Muñoz, O. Henao, J. F. López, and J. F. Villada, "BKI: Brain Kinect Interface, a new hybrid BCI for rehabilitation," 2013.
11. [11] B. Forstner, L. Szegetes, R. Angeli, and A. Fekete, "A general framework for innovative mobile biofeedback based educational games," 2013 IEEE 4th Int. Conf. Cogn. Infocommunications, pp. 775–778, Dec. 2013.
12. [12] J. Y. Kim and J. H. Bae, "A Study on Serious Game Technology Based on BCI for ADHD Treatment Typical Types of Serious Games," vol. 46, pp. 208–211, 2014.
13. [13] P. Raif, D. Ph, and A. T. B. Interface, "A Brain-Computer Interface Test-Bench Based on EEG Signals for Research and Student Training," pp. 46–50, 2013.
14. [14] Q. Wang, O. Sourina, and M. K. Nguyen, "EEG-Based 'Serious' Games Design for Medical Applications," 2010 Int. Conf. Cyberworlds, pp. 270–276, Oct. 2010.
15. [15] H. Gürkök, A. Nijholt, M. Poel, and M. Obbink, "Evaluating a multi-player brain-computer interface game: Challenge versus co-experience," Entertain. Comput., vol. 4, no. 3, pp. 195–203, Aug. 2013.
16. [16] D. H. Coyle, G. Prasad, and K. a. McCreadie, "Sensorimotor-rhythm Modulation Feedback with 3D Vector-base Amplitude Panning - A Brain-computer Interface Pilot Study," IET Irish Signals Syst. Conf. (ISSC 2012), pp. 100–100, 2012.
17. [17] G. Pires, M. Torres, N. Casaleiro, U. Nunes, and M. Castelo-Branco, "Playing Tetris with non-invasive BCI," 2011 IEEE 1st Int. Conf. Serious Games Appl. Heal., pp. 1–6, Nov. 2011.
18. [18] D. Marshall, D. Coyle, S. Member, S. Wilson, and M. Callaghan, "Games , Gameplay , and BCI : The State of the Art," vol. 5, no. 2, pp. 82–99, 2013.
19. [19] C. Angeloni, D. Salter, V. Corbit, T. Lorence, Y.-C. Yu, and L. a. Gabel, "P300-based brain-computer interface memory game to improve motivation and performance," 2012 38th Annu. Northeast Bioeng. Conf., pp. 35–36, Mar. 2012.
20. [20] M. van Vliet, A. Robben, N. Chumerin, N. V. Manyakov, A. Combaz, and M. M. Van Hulle, "Designing a brain-computer interface controlled video-game using consumer grade EEG hardware," 2012 ISSNIP Biosignals Biorobotics Conf. Biosignals Robot. Better Safer Living, pp. 1–6, Jan. 2012.
21. [21] H. Gürkök, G. Hakvoort, and M. Poel, "Evaluating User Experience in a Selection Based Brain-Computer Interface Game," pp. 77–88, 2011.
22. [22] D. P.-O. Bos, B. Reuderink, B. van de Laar, H. Gurkok, C. Muhl, M. Poel, D. Heylen, and A. Nijholt, "Human-Computer Interaction for BCI Games: Usability and User Experience," 2010 Int. Conf. Cyberworlds, pp. 277–281, Oct. 2010.
23. [23] E. Tracking and W. Affordable, "Short Paper," vol. 5, no. 2, pp. 150–154, 2013.
24. [24] R. Leeb, M. Lancelle, V. Kaiser, D. W. Fellner, and G. Pfurtscheller, "Thinking Penguin: Multimodal Brain-Computer Interface Control of a VR Game," IEEE Trans. Comput. Intell. AI Games, vol. 5, no. 2, pp. 117–128, Jun. 2013.
25. [25] L. Bonnet, F. Lotte, L. Anatole, I. Rennes, and I. Bordeaux, "Two Brains , One Game : Design and Evaluation of a Multi-User BCI Video Game Based on Motor Imagery To cite this version : Two Brains , One Game : Design and Evaluation of a Multi-User BCI Video Game Based on Motor Imagery," 2013.
26. [26] D. P. Bos, M. Poel, and A. Nijholt, "A Study in User-Centered Design and Evaluation of Mental Tasks for BCI," pp. 122–134, 2011.
27. [27] D. Jiang and J. Yin, "Research of Auxiliary Game Platform Based on BCI Technology," 2009 Asia-Pacific Conf. Inf. Process., pp. 424–428, Jul. 2009.
28. [28] Y.-S. Sung, K.-G. Cho, and K.-H. Um, "A Framework for Processing Brain Waves Used in a Brain-computer Interface," J. Inf. Process. Syst., vol. 8, no. 2, pp. 315–330, Jun. 2012.
29. [29] G. U. Navalayal and R. D. Gavas, "A dynamic attention assessment and enhancement tool using computer graphics," Human-centric Comput. Inf. Sci., vol. 4, no. 1, p. 11, 2014.

- [30] C. L. Lapuente and M. J. L. Lapuente, “La interfaz gráfica.” Lamarca Lapuente.
- [31] “Brain computer interface.” Oct-2006.
- [32] S. Bordoloi, U. Sharmah, and S. M. Hazarika, “Motor imagery based BCI for a maze game,” 2012 4th Int. Conf. Intell. Hum. Comput. Interact., pp. 1–6, Dec. 2012.
- [33] “Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información,” vol. 9, pp. 93–107, 2008.
- [34] “Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información,” vol. 7, pp. 128–140, 2006.
- [35] H. Yoon, S. Park, Y. Lee, and J. Jang, “Emotion recognition of serious game players using a simple brain computer interface,” 2013 Int. Conf. ICT Converg., pp. 783–786, Oct. 2013.
- [36] R. Parafita, G. Pires, U. Nunes, and M. Castelo-Branco, “A spacecraft game controlled with a brain-computer interface using SSVEP with phase tagging,” 2013 IEEE 2nd Int. Conf. Serious Games Appl. Heal., pp. 1–6, May 2013.
- [37] L. Jiang, C. Guan, H. Zhang, C. Wang, and B. Jiang, “Brain computer interface based 3D game for attention training and rehabilitation,” 2011 6th IEEE Conf. Ind. Electron. Appl., pp. 124–127, Jun. 2011.
- [38] N. Chumerin, N. V Manyakov, M. Van Vliet, A. Robben, A. Combaz, M. M. Van Hulle, and S. Member, “Steady-State Visual Evoked Potential-Based Computer Gaming on a Consumer-Grade EEG Device,” vol. 5, no. 2, pp. 100–110, 2013.
- [39] J. Muñoz, O. Henao, J. F. López, and J. F. Villada, “BKI: Brain Kinect Interface, a new hybrid BCI for rehabilitation,” 2013.
- [40] B. Forstner, L. Szegletes, R. Angeli, and A. Fekete, “A general framework for innovative mobile biofeedback based educational games,” 2013 IEEE 4th Int. Conf. Cogn. Infocommunications, pp. 775–778, Dec. 2013.
- [41] J. Y. Kim and J. H. Bae, “A Study on Serious Game Technology Based on BCI for ADHD Treatment Typical Types of Serious Games,” vol. 46, pp. 208–211, 2014.
- [42] P. Raif, D. Ph, and A. T. B. Interface, “A Brain-Computer Interface Test-Bench Based on EEG Signals for Research and Student Training,” pp. 46–50, 2013.
- [43] Q. Wang, O. Sourina, and M. K. Nguyen, “EEG-Based ‘Serious’ Games Design for Medical Applications,” 2010 Int. Conf. Cyberworlds, pp. 270–276,

Acerca de los autores



JOSÉ ALBERTO VELA DÁVILA

Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería de Software por parte del Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT) campus Zacatecas en el año 2008. Su trabajo de investigación fue “Ambientes de Desarrollo de Software basado en componentes”. Actualmente es aspirante al Doctorado en Ciencias Computacionales del CIMAT, en la línea de investigación de Human Computer Interaction (HCI).

Se desempeña como docente del programa Educativo de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo y la Universidad Politécnica de Zacatecas ambas instituciones ubicadas en la ciudad de Fresnillo, Zacatecas, México.

Sus áreas de interés son : Brain Computer Interface , Ingeniería de Software , Redes y Cómputo paralelo.