

*Ingeniería colaborativa aplicaciones y usos desde la perspectiva de la
Interacción Humano Computador
IV Jornadas Iberoamericanas de HCI*

*Ingeniería colaborativa aplicaciones y usos desde la perspectiva de la
Interacción Humano Computador*

Jose Luis Jurado

Cesar Alberto Collazos

Luis Fredy Muñoz

2019

Universidad de San Buenaventura
IV Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano Computador: 2017

Universidad del Cauca, 2017

Incluye referencias bibliográficas
ISBN: 978-958-8414-57-9

1. Educación y Juegos 2. Tendencias y aplicaciones HCI

371.621 (CDD 23)
U588

Colección Bibliográfica
IV Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano Computador, 2017

Coeditores:

© Universidad de San Buenaventura, Cali
© Universidad del Cauca, Popayán
© Fundación Universitaria de Popayán, Popayán

© Autores: Nathaly Betancour, Isabella Sanchez, Andres Solano, Sandra Cano, Mateo Hernández Sánchez, Julián Moreno Cadavid, Sandra Milena Carvajal Quinchao, Gustavo Eduardo Constain Moreno, Camilo Andrés Ramírez, Cristian Alejandro Trujillo, Cristian Andrés Olivares, Juan Vicente Pradilla, Allan Hortis, Enrique O. Cury.

Grupos de investigación:

Universidad de San Buenaventura, Cali, Grupo de Investigación LIDIS
Universidad del Cauca, Popayán, Grupo de Investigación IDIS

© Editorial Bonaventuriana, 2019
Universidad de San Buenaventura, Cali
Coordinación Editorial, Cali
Carrera 56c #51-110 (Cali)
PBX: 57 (4) 5145600
editorial.bonaventuriana@usb.edu.co
www.usbmed.edu.co - www.editorialbonaventuriana.usb.edu.co

Coordinador editorial: Jose Luis Jurado, Universidad de San Buenaventura, Cali
Coeditores: Cesar Collazos, Universidad del Cauca, Popayán, Fredy Muñoz, Fundación Universitaria de Popayán
Corrección de estilo: Caludio Valencia
Diseño y diagramación: Diego Alejandro Soto C.
Impresión: DGP EDITORES S.A.S

Libro de investigación basado en el proyecto: Colaboratorio de Innovación Educativa

Los contenidos de esta publicación se encuentran protegidos por las normas de derechos de autor. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio sin permiso escrito de la Editorial Bonaventuriana.

ISBN digital: 978-958-8414-57-9

Cumplido el depósito legal (Ley 44 de 1993, Decreto 460 de 1995 y Decreto 358 del 2000)
Impreso en Colombia - Printed in Colombia
Octubre del 2019

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA NO-INVASIVO Y MULTIUSUARIO PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE ATENCIÓN EN PERSONAS

Alfredo García Suárez¹
 Juan Manuel Gonzalez C²,
 Amparo Dora Palomino Merino³

Abstract

The level of attention in people is associated with efficiency in their intellectual activities, in their level of understanding and in the development of their creative ability. It is essential to know the behavior of the biometric variables involved in this process, whith these variables the states of attention of a person can be determined with greater precision. Using this information, a person can have feedback on their cognitive activity and thus raise attention on the activity performed and consequently improve their cognitive performance. A common problem is the complexity of recovering the data by means of sensors since they are usually invasive and difficult to calibrate, they are usually single-user.

So the signals can contain noise and generate an error in the diagnosis. In this work we propose the implementation of a a non-invasive multi-user

-
1. Doctorado en Ingeniería del Lenguaje y del Conocimiento, Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México, Correo: alfredo_amigo18@hotmail.com
 2. Doctorado en Ingeniería del Lenguaje y del Conocimiento, Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México, Correo: jumagoca78@gmail.com
 3. Maestría en Ciencias de la Electrónica Opción en Automatización, Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México, Correo: ampalomino@gmail.com

system, for the identification of the level of attention in people, based on at least two physiological variables of the user to determine it, as well as obtaining a better performance in reading the physiological variables, in the delivery of the final diagnosis and in the control of the level of attention of the people to improve their cognitive performance.

Keywords: attention level; biometric variables; brain waves; no-invasive; wearable devices; automatic feedback.

Introducción

Existen diversos trastornos que afectan el nivel de atención de las personas tanto en su edad infantil como en su edad adulta.

Uno de los trastornos más reconocidos es el trastorno por déficit de atención / hiperactividad (TDAH) y generalmente se diagnostica por primera vez en la infancia, y los síntomas persisten en la adolescencia y la edad adulta [1].

El TDAH se caracteriza por falta de atención, impulsividad e hiperactividad. Recientemente se ha estimado que afecta al 3.5% de los niños en edad escolar en todo el mundo y se dice que es uno de los trastornos psiquiátricos más comunes entre los jóvenes. El mayor desafío para los adultos con trastorno por déficit de atención hiperactividad (TDAH) es la gestión de la información y las tareas [2].

Para conocer el grado de afectación que el TDAH produce en las personas, es necesario contar con herramientas que puedan proporcionar una retroalimentación del porcentaje de atención que tiene el usuario al momento de ejecutar una tarea en específico.

Actualmente existe una variedad de dispositivos comerciales que proporcionan de forma cuantitativa el nivel de concentración, meditación, relajación y atención del usuario, pero en algunos casos se consiguen de forma invasiva, afectando la respuesta del usuario y en consecuencia el dictamen del diagnóstico final.

Los sistemas de entrenamiento de bio-retroalimentación fomentan un estado mental o físico específico en un usuario a través de un ciclo cerrado de bio-retroalimentación. Estos sistemas reúnen el estado fisiológico de una persona a través de la detección de hardware, integran este estado en un sistema interactivo basado en computadora y presentan los comentarios para que el usuario pueda trabajar para ajustar su estado [2, 3].

En este trabajo de investigación se propone implementar un sistema para medir el nivel de atención en personas, generando una retroalimentación en forma de lazo cerrado para ejecutar alguna acción que ayude a restablecer el nivel de atención del usuario.

Este sistema será una herramienta utilizada como base en diferentes áreas para el análisis de información requerida del usuario basado en 2 variables biométricas inicialmente: ondas cerebrales y postura corporal.

Se implementará un sistema tipo multi-usuario, disminuyendo el retardo en la respuesta del sistema, utilizando una comunicación inalámbrica y con la característica de ser no invasivo y de fácil manejo, con fines de obtener un diagnóstico final que describa fiablemente el nivel de atención del usuario.

La interfaz humano computadora

La interacción humano computadora (HCI por sus siglas en inglés), es el estudio de la relación que existe entre los usuarios humanos y los sistemas de cómputo que usan para realizar diversas tareas. El propósito de la interacción humano computadora es entender los procesos, capacidades y predilecciones que pueden asociarse a las actividades que desempeñan los usuarios, involucrar entendimiento y conocimiento de cosas como la memoria, visión, cognición, oído, tacto y habilidades motrices [4, 5,6].

Ambientes virtuales

Los ambientes virtuales son espacios generados artificialmente que simulan un entorno con apariencia de realidad –realista o no– en el que el usuario puede interactuar. Una de las características más definitorias de estos ambientes es que otorgan al usuario la sensación de estar presente en el espacio virtual.

B. Sensores no-invasivos

Los sensores portátiles han cosechado considerable interés reciente debido a su tremenda promesa para una gran cantidad de aplicaciones. Sin embargo, la ausencia de sensores químicos no invasivos confiables ha obstaculizado en gran medida el progreso en el área de la detección en el cuerpo. Los sensores electroquímicos ofrecen una gran promesa como sensores químicos portátiles que son adecuados para diversas aplicaciones debido a su alto rendimiento, miniaturización inherente y bajo costo.

La relación entre estados de ánimo y nivel de atención

Las emociones condicionan la interpretación de los mensajes que recibimos y el proceso de enseñanza-aprendizaje y desarrollo, tanto en la comunicación presencial como a través de las redes de datos (entornos virtuales de aprendizaje o redes sociales) [7].

Los sentimientos son el resultado de las emociones y significan un estado de ánimo afectivo que se presenta en una persona, las emociones son expresiones psico-fisiológicas, biológicas y de estados mentales, también se pueden definir como adaptaciones del individuo a estímulos provocados por el entorno, se ha demostrado que las emociones afectan en la mayoría de las actividades humanas entre las cuales están la creatividad, la toma de decisiones y la comunicación [8].

El rol del reconocimiento automático de emociones está creciendo de forma continua actualmente. Esto se debe a que se ha aceptado la importancia que tiene la reacción a los estados afectivos del usuario en la interacción persona-computador. A medida que los computadores se vuelven más y más sofisticadas, ya sea a nivel profesional o social, se vuelve más importante que estas sean capaz de interactuar de forma natural, o sea, de forma similar a como se interactúa con otros agentes humanos. La característica más importante de la interacción humana que garantiza que el proceso se haga de forma natural, es el proceso por el cual podemos inferir el estado emocional de otros. Esto permite ajustar los patrones de comportamiento y respuestas, optimizando el proceso interactivo humano-computador [9].

Las ondas cerebrales como variable biométrica del nivel de atención

La electroencefalografía fue descubierta por Hans Berger en 1924 (Haas, 2003), y consiste en obtener una señal eléctrica del funcionamiento del cerebro. Se divide en dos grupos:

- La invasiva, donde se implantan electrodos dentro del cráneo del paciente, que, a pesar de las complicaciones naturales relacionadas, tiene a favor el hecho de que se puede focalizar la señal, distinguiendo una zona específica del cerebro.
- La no invasiva, que graban potenciales eléctricos desde el cuero cabelludo, a través de pares de electrodos conductores de plata, que se utilizan para leer las señales eléctricas. Las pequeñas diferencias de voltaje entre electrodos suelen registrar valores de entre 30 y 100 μV por lo que normalmente deben ser amplificadas. La actividad eléctrica, se produce cuando las neuronas se comunican [10].

A. Clasificación de las señales de un EEG:

Las señales obtenidas a través de un EEG, se pueden descomponer en 5 ondas con diferentes características [3]: Delta: Estas ondas van de 0,5 a 4 Hz. Son las ondas más lentas y están presentes mientras una persona duerme. La producción de estas ondas en el estado de vigilia, se relaciona con los defectos físicos en el cerebro.

El movimiento físico puede causar ondas delta artificial, pero con un análisis instantáneo, solo por observación de los registros EEG primarios esto puede ser verificado o descartado.

Theta: Fluctúa entre 4 y 7,5 Hz, están vinculados a la ineficiencia y el soñar despierto. Además, suelen relacionarse con el acceso a material inconsciente del cerebro y estados de profunda meditación. Las ondas de frecuencias más bajas de theta representan la delgada línea entre estar despierto o en estado de sueño. Theta surge de la tensión emocional, especialmente de la frustración o la decepción. Los altos niveles de theta se consideran anormales en los adultos, y además se las relaciona con el trastorno por déficit de atención con hiperactividad.

Alfa: Oscilan de 8 a 13 Hz, son más lentas y asociadas con la relajación y desconexión. Pensar en algo pacífico con los ojos cerrados da un aumento de la actividad alfa.

De alguna manera, las ondas alfa indican un estado relajado de conciencia, sin atención o concentración.

Beta: Están en la gama de frecuencias de entre 14 y 26 Hz, pero a menudo se las divide en beta bajo y beta alto para conseguir un análisis más específico. Las ondas son pequeñas y rápidas, asociadas con la concentración enfocada. Cuando se resiste o suprime el movimiento, o al resolver una tarea matemática existe un aumento de la actividad de las ondas beta. Un estado de pánico también puede provocar el incremento en el nivel de las ondas beta.

Gamma: Estas ondas están en el rango de frecuencias mayores a 30 Hz. Su amplitud es muy pequeña, y su ocurrencia es rara, por lo que se las relaciona con ciertas enfermedades del cerebro. Se cree que refleja el mecanismo de la conciencia. Las ondas beta y gamma juntas han sido asociadas con la atención, la percepción y la cognición.

B. Dispositivos comerciales para medir nivel de atención

Existen diversos dispositivos comerciales actualmente cuya función específica es determinar el nivel de atención de las personas, a través de una interfaz gráfica en la mayoría de los casos obteniendo la medición de una variable biométrica. La variable biométrica más utilizada para medir el nivel de atención en personas son las ondas cerebrales, estas son obtenidas a través de diademas con sensores algunos ejemplos son los siguientes:

MindWave: Desarrollado por el fabricante Neurosky (www.neurosky.com), permite la obtención de señales EEG a través de una interface tipo diadema que se coloca en la cabeza y se alimenta mediante una pila de 1,5 V tipo AAA. Utiliza una interface inalámbrica para comunicarse con el computador y adquiere las señales a través de biosensores pasivos conectados a un electrodo que hace contacto con la frente. Además, cuenta con un terminal de referencia se conecta con el lóbulo de la oreja. Esta característica se utiliza para determinar el origen de una señal. En los interfaces cerebro-computador, la localización de los electrodos permite obtener diferentes representaciones del EEG. El dispositivo MindWave dispone únicamente de un solo terminal colocado en la frente del sujeto, en lo que se conoce formalmente como zona pre-frontal. La Fig. 1 muestra la forma en la que se utiliza el dispositivo [11].



Fig. 1. Colocación correcta de la diadema MindWave de Neurosky.

2) 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 auricular se encarga de recibir, cifrar y enviar las señales a través del puerto de comunicación para su pos-procesamiento, valiéndose de un protocolo de abstracción lógica denominada Emo-Engine. Para acceder a los registros de las señales en el equipo se recurre a las herramientas SDK proporcionadas por Emotiv-Systems.

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. La Fig. 2 muestra la forma en la que se utiliza el dispositivo [12,13,14].



Fig. 2. Colocación correcta de la diadema Emotiv Epoc de Emotiv-Systems.

C. Instrumentos de validación

Para evaluar la validez de la intervención, se deben utilizar cuestionarios y escalas validadas. Estas técnicas de medición deben estar disponibles en el idioma de los participantes y deben medir los aspectos clave de la rehabilitación cognitiva. Por ejemplo, para evaluar las mejoras de la atención en estudios longitudinales, se podrían utilizar las siguientes escalas y cuestionarios: Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test (IVA), Test of Variable Attention (TOVA), entre otros [20].

D. Sistemas electrónicos para la retroalimentación

Los estudios relacionados con el aula mostraron que los factores ambientales, como la tecnología de asistencia cognitiva (TAC) y los sistemas de localización externa, pueden ayudar a las personas con discapacidades cognitivas [15].

Un ejemplo es la batería del sistema de entrenamiento de atención. Este sistema de costo de respuesta generado electrónicamente se coloca en el

escritorio de un estudiante y se maneja con un control remoto que se le da al maestro. Está diseñado para enviar comentarios con el fin de aumentar los niveles de atención relacionados con las tareas. Se encontró que este sistema era más efectivo en comparación con un programa preexistente de administración del aula que utilizaba el refuerzo de fichas [16].

Otro ejemplo es el Watchminder, un reloj de pulsera vibratorio. Este dispositivo de automonitorización tiene como objetivo aumentar el comportamiento en la tarea de los niños de escuela primaria. Los resultados de este estudio probaron ser efectivos para dos de cada tres participantes.

Los robots socialmente expresivos usan gestos y otras formas de comunicación no verbal para expresar estados internos y pueden usarse para proporcionar una expresión afectiva de información digital [17]. Las personas tienden a percibir los robots como actores sociales y les atribuyen rasgos similares a los humanos, incluidos los estados mentales. Esto puede contribuir al hecho de que las instrucciones provenientes de robots físicos son más confiables que las de los agentes en pantalla y que los robots pueden ser más persuasivos que los agentes en pantalla cuando se trata de decisiones en el mundo físico [18].

Los objetos de aprendizaje (LOs) son recursos de información importantes que respaldan los métodos de aprendizaje tradicionales. Para evaluar el impacto, la efectividad y la utilidad de los objetos de aprendizaje, es necesaria una herramienta de evaluación teórica, confiable y válida. Una herramienta de evaluación propuesta en la literatura consiste en una métrica de entropía cruzada para comparar el diseño de LO que utiliza la información proporcionada por las fijaciones visuales medidas a partir de un pequeño grupo de enfoque [19].

Estado del arte de los sistemas de medición del nivel de atención en personas

La investigación llevada a cabo sobre la implementación de un sistema no-invasivo y multiusuario, para identificar el nivel de atención en personas está compuesta por el estudio de varias etapas:

- Tipos de sensores no invasivos utilizados actualmente.
- Tipos de variables biométricas utilizadas para medir estados de atención.
- Dispositivos comerciales implementados para medir estados de atención.
- Velocidad de adquisición de datos de las variables biométricas (tiempo de muestreo).
- Software utilizado para el procesamiento de datos.

Técnica aplicada para obtener la adquisición de datos.

- Técnicas de retroalimentación.

La figura 3 ilustra el diagrama de los elementos del sistema de reconocimiento de nivel de atención utilizando la técnica de control en lazo cerrado.

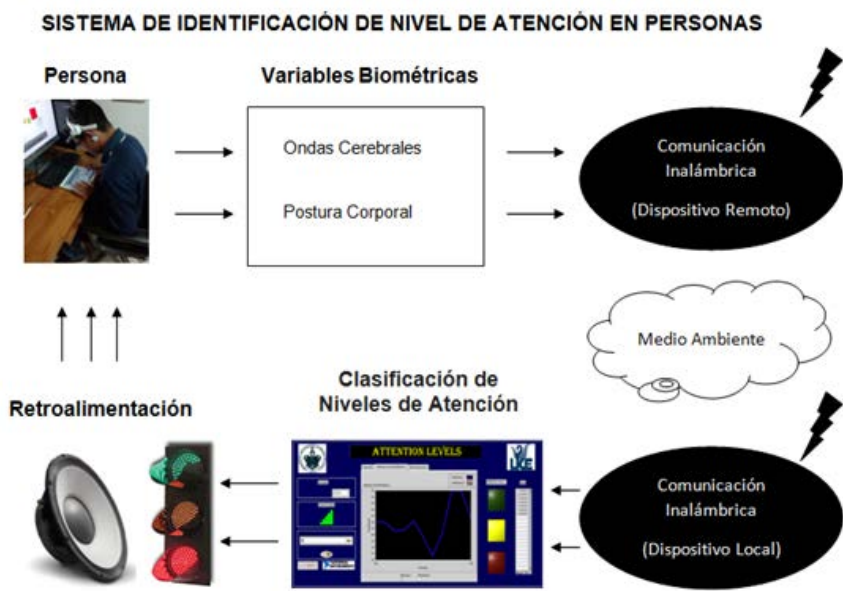


Fig. 3. Sistema de identificación de nivel de atención en personas.

En la tabla I se realiza una comparativa de las variables fisiológicas, técnicas aplicadas e impacto con los niveles de atención obtenidos de diversas fuentes y artículos científicos.

TABLA I. TABLA COMPARATIVA DE VARIABLES FISIOLÓGICAS, TÉCNICAS APLICADAS E IMPACTO EN LOS NIVELES DE ATENCIÓN.

REF	VARIABLE FISIOLÓGICA UTILIZADA	TÉCNICA APLICADA	RELACIÓN E IMPACTO CON LOS NIVELES DE ATENCIÓN
1	Gesticulación facial	Procesamiento digital de imágenes.	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona
2	Ondas binaurales (ondas auditivas)	Modificación del rango de frecuencias de las ondas incidentes	Las ondas binaurales ocasionan un impacto positivo en los estados mentales como concentración activa y visualización creativa.
3	Ondas cerebrales (Alfa, Beta, Delta, Theta y Gamma)	Transformada de wavelet	Uso de la diadema de Mindwave para la lectura de las señales cerebrales, que se clasifiquen en niveles de atención.
4	Ondas cerebrales producidas por gestos faciales	Suites de EmotivEpoc: *Affective *Expressiv *Cognitiv	Uso de la diadema de EmotivEpoc para la lectura de las señales cerebrales, que se clasifiquen en niveles de atención.
5	Ondas cerebrales (Alfa, Beta, Delta, Theta y Gamma)	Clasificación de ondas cerebrales en emociones a través de sus variaciones de frecuencias	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona
6	Ondas cerebrales (Alfa, Beta, Delta, Theta y Gamma)	Clasificación bayesiana y algoritmo de búsqueda Hill Climbing	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona
7	Gesticulación facial	Procesamiento digital de imágenes	La retroalimentación automática puede mejorar los niveles de atención de una persona.

8	Gesticulación facial Movimientos corporales	Procesamiento digital de imágenes Movimiento de mouse	Aplicación de tareas que requieren procesos cognitivos como atención, memoria y razonamiento.
9	Ondas cerebrales Ondas del corazón	Clasificación de ondas cerebrales y del corazón en emociones a través de sus variaciones de frecuencias	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona
10	Texto	E-learning (Identificación de emociones a través de la forma de escribir un texto)	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona

En la tabla II se realiza una comparativa de los dispositivos, software, tiempo de muestreo y efectividad de los sistemas utilizados actualmente para la medir el nivel de atención en personas.

TABLA II. TABLA COMPARATIVA DE DISPOSITIVOS, SOFTWARE, TIEMPOS DE MUESTREO Y EFECTIVIDAD DE TÉCNICAS PARA MEDIR NIVELES DE ATENCIÓN

DISPOSITIVO EMPLEADO	SOFTWARE	TIEMPO DE MUESTREO	EFFECTIVIDAD
Web Cam Logitech C170 USB 2.0	Open CV Cmake	1 frame cada 64.93 milisegundos	Tasa de detección promedio: 84%
Auriculares forma diadema	Visual Studio C++	No especificado	Eficiencia de sonidos binaurales: 80%
Bluetooth RFCOMM6 Diadema Mindwave	Matlab	Frecuencia de muestreo: 512Hz Tiempo por muestra	No especificado
		analizada: 2 segundos	
Diadema EmotivEpoC	Labview 2010	No especificado	Eficiencia de escritura del 60% usando la BCI (BrainComputer Interface)
Arduino Uno Casco de electrodos	JAVA C#	No especificado	No especificado
Diadema EmotivEpoC	WEKA Wizard	2048 Hz 56 datos / imagen	Estancias correctamente clasificadas: 53.7879%
WEB CAM de PC utilizada para experimento	JAVA WEB PHP	No especificado	Precisión en el sistema de recomendación: 5.757%
WEB CAM de PC utilizada para la medición	Face Tracking SDK Kinect for Windows.	No especificado	No especificado
Electroencefalografía Electrocardiograma Tarjeta de adquisición de datos prototipada Tablet Smartphone	Software prototipado	No especificado	No especificado

PC utilizada para la medición (variable)	Word NET Word NET Affect	No especificado	No especificado
--	--------------------------------	-----------------	-----------------

Pruebas experimentales

Se realizaron pruebas experimentales utilizando el dispositivo comercial MindWave de la compañía Neurosky, para detectar el nivel de atención en estudiantes de primer semestre de la licenciatura de computación de la BUAP.

Se utilizó una muestra de 22 estudiantes cuyas edades se encuentran entre los 17 a 22 años.

La prueba consistió en un test para identificar colores, el cual fue obtenido de los demos de la compañía Brain HQ (<https://www.brainhq.com/why-brainhq/about-the-brainhq-exercises/attention>), cuya interfaz se ilustra en la fig. 4.

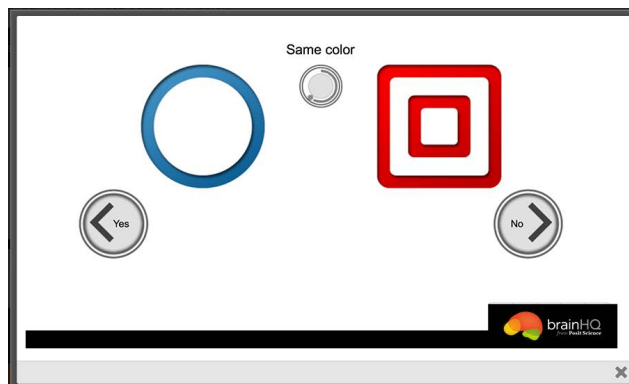


Fig. 4. Interfaz del test “same color” de la compañía Brain HQ.

Para obtener los datos de las señales cerebrales se implementó una interfaz gráfica, utilizando el software LABVIEW, En la fig. 5 se ilustra la interfaz gráfica donde puede observar el comportamiento de las señales cerebrales, un semáforo como retroalimentación, un vector donde se almacenan los datos muestreados y la variación del nivel de atención del usuario.

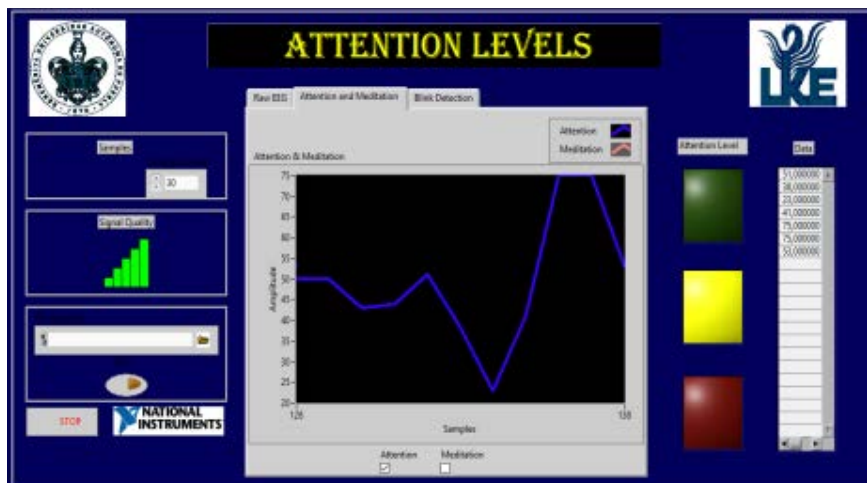


Fig. 5. Interfaz gráfica implementada en LABVIEW.

La prueba se realizó en dos modalidades: con tablet y con computadora de escritorio. El desarrollo práctico se muestra en la fig. 6.



Fig. 6. Desarrollo práctico de la prueba experimental.

Resultados

En el desarrollo del experimento se toman 60 muestras por cada prueba y se obtiene el nivel de atención de cada estudiante tanto en la tablet como en la computadora. En la tabla III se muestran los resultados individuales.

TABLA III. TABLA DE RESULTADOS INDIVIDUALES.

Nombre	Edad	Tablet	PC	Nivel de atención en tablet	Nivel de atención en PC
Omar	18	2 estrellas	2 estrellas	51.681818	61.3035714
Héctor	18	2 estrellas	2 estrellas	55	45.8653846
Fernando	22	3 estrellas	2 estrellas	41.982758	55.046875
Luis David	18	2 estrellas	2 estrellas	67.4	60.6949153
Saúl	19	2 estrellas	2 estrellas	37.406779	40.3538462
Luis	19	3 estrellas	2 estrellas	54.444444	54.8070175
Fernando	21	3 estrellas	3 estrellas	55.732142	49.2972973
Lluvia Naomi	21	3 estrellas	2 estrellas	75.173076	64.745098

Martin	18	2 estrellas	2 estrellas	45.129629	53.8490566
Abraham	18	3 estrellas	2 estrellas	45.927272	65.6346154
Jorge	19	3 estrellas	2 estrellas	35	46.7407407
Miguel	19	2 estrellas	2 estrellas	67.034482	57.5344828
Noé	19	2 estrellas	2 estrellas	61.413793	60.1489362
Guillermo	18	2 estrellas	2 estrellas	64.857142	57.2372881
Omar	18	2 estrellas	2 estrellas	73.509434	41.8793103
Jesús Alexis	17	2 estrellas	2 estrellas	66.879310	77.8518519
Ángel Ricardo	19	2 estrellas	2 estrellas	40.634615	51.2857143
Luis Roland	18	2 estrellas	2 estrellas	57.265306	60.3584906
Lizet	18	3 estrellas	2 estrellas	71.565217	54.9107143
Jesús Bryan	21	2 estrellas	2 estrellas	75.5	63.9791667
Emiliano	18	3 estrellas	2 estrellas	56.303571	41.7818182
Raymundo	18	2 estrellas	2 estrellas	70.767857	75.9047619

Con los datos obtenidos se realiza un análisis reflejado en las gráficas de las figs. 7, 8, y 9; las cuales muestran el porcentaje de atención por dispositivo, el porcentaje de atención individual y el porcentaje de atención por aciertos respectivamente.



Fig. 7. Porcentaje de atención por dispositivo.

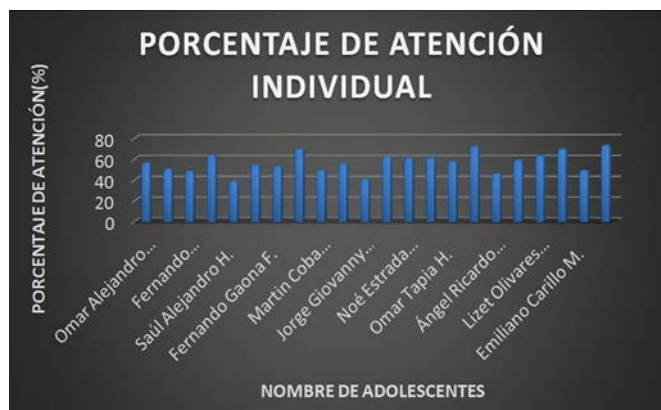


Fig. 8. Porcentaje de atención individual.



Fig. 9. Porcentaje de atención por aciertos.

La experimentación se llevó a cabo en un ambiente controlado como se muestra en la fig. 10, ya que cualquier factor del contexto puede influir directamente en el resultado de la prueba.



Fig. 10. Experimentación en un ambiente controlado.

Conclusiones

Al realizar la experimentación y la toma de muestras, el dispositivo MindWave requería un tiempo de sincronización de aproximadamente 5 minutos, lo que retardaba la aplicación del test “same color”.

Al colocarse la diadema el usuario tenía dificultades para que reconociera sus señales cerebrales, ya que, en ocasiones, no hacía buen contacto con los sensores, se resbalaba o se perdía la comunicación con la interfaz gráfica, lo que provocaba reiniciar todo el sistema de adquisición de datos.

Los resultados obtenidos nos reflejan mayor concentración alcanzada por los usuarios al manipular una tablet que manipulando el mouse de una computadora de escritorio, lo cual indica que influye como distractor al ejecutar una tarea en específico.

En el presente trabajo se busca generar un dispositivo más eficaz en cuanto a tiempo de respuesta, fácil manejo, y con mayor robustez en su desempeño.

Referencias

- [1] Marín E. J.. (2014). “Detección de emociones del usuario”. Chile: En Tesis Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, volumen 1, pp. 1- 67.
- [2] Domínguez C.. (2015, febrero 15). “Las Ondas Binaurales y sus Efectos”. Ciudad Cooperativa Cruz Azul: En Tesis de Investigación Experimental volumen 1, pp.1- 22.
- [3] Torres F., Sánchez C. & Palacio B.. (2014, octubre 17). “Adquisición y análisis de señales cerebrales utilizando el dispositivo MindWave”. En MASKANA, I+D+ingeniería 2014, volumen 1, pp.1- 11.

- [4] Rojas S., Garzón J., Martínez D., Escobar M. & Robayo C.. (2012, Julio 23). "Lector de ondas cerebrales para implementar un sistema alternativo y aumentativo de comunicación". En 10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, volumen 10, pp. 1- 9.
- [5] Campazzo E., Martínez M., Guzmán A. & Agüero A.. (2013). "Desarrollo de interface de detección de emociones para su utilización en redes sociales y entornos virtuales de aprendizaje". Paraná: En XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, volumen 1, pp. 1-5.
- [6] García A. E.. (2015). "Análisis de ondas cerebrales para determinar emociones a partir de estímulos visuales". Xalapa, Veracruz, México: En Universidad Veracruzana Facultad de Estadística e Informática, volumen 1, pp. 1-137.
- [7] Hernández A., Vásquez R., Olivares B. A., Cortes G. & López I.. (2016, Febrero 29). "Sistema de detección de emociones para la recomendación de recursos educativos". Orizaba México: En Programación Matemática y Software (2016) 8(1): 58-66., ISSN: 2007-3283, pp. 58-66.
- [8] Saneiro M. M.. (2015, Noviembre 15). "Apoyo psico-educativo y afectivo en entornos virtuales de aprendizaje". Badajoz, España: En International Journal of Developmental and Educational Psychology, volumen 1, numero 2, pp. 233-241. 11 Octubre 2015, De INFAD Base de datos.
- [9] Campazzo E., Martinez M., Guzmán A. E. & Agüero A.. (2014). "Entornos Virtuales de Aprendizaje integrado a tecnología móvil y detección de emociones". La Rioja: En Secretaría de Ciencia y Tecnología/Departamento de Ciencias Exactas Físicas y Naturales/Universidad Nacional de La Rioja, volumen 1, pp. 1- 5.
- [10] Aballay L., Aciar S. & Reategui E.. (2015). "Propuesta de un Método para Detección de Emociones en E-Learning". Porto Alegre, Brasil: En ASAI 2015, 16º Simposio Argentino de Inteligencia Artificial., ISSN: 2451-7585, pp. 121-128.
- [11] Garcia A., Muñoz M. & Suarez C.. (2008). "Gestión de emociones en espacios virtuales de formación". Salamanca, España: En Investigación Educativa, volumen 12, Numero 21, pp. 45 - 65.

- [12] Aymerich-franch L.. (2012). "Los juegos en entornos virtuales como herramientas de aprendizaje: estudio de la respuesta emocional de los participantes. Murcia, España: En SPHERA PÚBLICA Revista de Ciencias Sociales y de la Comunicación Número 12, volumen 12, pp. 183-197.
- [13] Garcia C.. (2002). "Técnicas educativas para estudiantes con discapacidad visual". Libro en Instituto de Educación de Aguascalientes. Aguascalientes, México: Pp. 1-90.
- [14] Hernández A. M.. (2015). "Aprendizaje Electrónico Afectivo: un modelo Innovador para Desarrollar una Acción Tutorial Virtual de Naturaleza Inclusiva". Granada, España: En Formación Universitaria Volumen 8(2), pp.19-26.
- [15] Desney S. T. & Nijholt A.. (2010). "Brain-computer interfaces". New York, USA: En ISSN 1571-5035 Springer London Dordrecht Heidelberg, volumen 1, pp. 1- 275.
- [16] Ravichandran S. & Huang J.. (2009, abril 22). "Motivating children with attention deficiency disorder using certain behavior modification strategies". Singapur: En 13th International Conference on Biomedical Engineering. IFMBE Proceedings, volumen 23. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1057 -1062.
- [17] Anuradha J., Tisha B., Ramachandran V., Arulalan K. V. & Tripath B. K.. (2014, mayo 20). "Diagnosis of ADHD using svm algorithm". Bangalore, Karnataka, India: En Pervasive Health '14 Proceedings of the 8th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, volumen 1, pp. 321-324.
- [18] Huh J. & Ackerman M. S.. (2010, abril 15). "Exploring social dimensions of personal information management with adults with AD/HD". Atlanta, Georgia, USA: En CHI EA '10 CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, volumen 1, pp. 3715-3720.
- [19] Regan L. M., Shane D., Kalyn R. M., Bertram P. C., Gaetz M., Doucette A., Taylor B. A., Orr A. P. & Keiver K.. (2013, Junio 24). "Games as

neurofeedback training for children with FASD”. New York, USA: En IDC '13 Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children, volumen 1, pp. 165-172.