"2015, año de José María Morelos y Pavón"

14 de septiembre de 2015.

ING. ROCÍO GUADALUPE MARTÍNEZ BIBIANO
Presente

En atención a su solicitud relativa al trabajo de investigación para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Computación, nos es grato transcribirle el tema aprobado por esta Dirección, propuesto y dirigido por el director **Dr. Fernando Martínez Reyes**, para que lo desarrolle como tesis de grado, con el título: **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE COMPUTACIONAL PARA ESTUDIAR LAS HABILIDADES DE ATENCIÓN, MEMORIA, RAZONAMIENTO Y PROCESO VISO ESPACIAL EN NIÑOS CON TDAH"**.

Índice

Capítulo 1: Introducción
- 1.1 ANTECEDENTES
- 1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN
- 1.3 OBJETIVO

Capítulo 2: Metodología
- 2.1 DISEÑO DEL ESTUDIO DE CASO
  - 2.1.1 Diseño de KAPEAN
  - 2.1.2 Selección de participantes
  - 2.1.3 Entorno y recursos
- 2.2 PROTOCOLO DE LA EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO CON LOS NIÑOS
  - 2.2.1 Entrenamiento de la BCI
  - 2.2.2 Jugando con KAPEAN
- 2.3 ANÁLISIS DE DATOS
  - 2.3.1 Análisis de Estados Afectivos
  - 2.3.2 Análisis del desempeño con base en la puntuación obtenida en el juego
  - 2.3.3 Análisis de las encuestas de salida para medir la percepción del participante en cuanto la atención y satisfacción de un juego
  - 2.3.4 Análisis de la preferencia del participante entre Juegos Digitales e Impresos

Capítulo 3: Resultados
- 3.1 OBSERVACIÓN DE ESTADOS AFECTIVOS DURANTE LA INTERACCIÓN CON KAPEAN
  - 3.1.1 Jugando con el módulo viso espacial usando el Leap Motion. Estados afectivos entusiasmo, frustración, inmersión / aburrimiento
  - 3.1.2 Jugando con el módulo de Atención con el ratón. Estados afectivos de concentración y distracción

Facultad de Ingeniería
Circuito No.1, Campus Universitario 2
Chihuahua, Chih. C.P. 31125
Tel. (614) 442-95-00 www.fing.uach.mx

"2015, año de José María Morelos y Pavón"

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
Facultad de Ingeniería

3.2 OBSERVACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS NIÑOS CON TDAH AL UTILIZAR DOS MEDIOS DE INTERACCIÓN EN UNA MISMA ACTIVIDAD. JUGANDO CON EL MÓDULO DE MEMORIA UTILIZANDO EL RATÓN Y EL DISPOSITIVO LEAP MOTION
3.3 ANÁLISIS DE PREFERENCIA ENTRE MATERIAL DIGITAL E IMPRESO
3.3.1 Test de Wilcoxon para analizar preferencia de los participantes

Capítulo 4: Conclusiones y trabajo futuro
Referencias
Apéndice 1
BCI EMOTIV EPOC
Apéndice 2

Solicitamos a Usted tomar nota de que el título del trabajo se imprima en lugar visible de los ejemplares de las tesis.

A T E N T A M E N T E
"naturam subiecit aliis"

EL DIRECTOR

M.I. RICARDO RAMÓN TORRES KNIGHT

FACULTAD DE INGENIERÍA U.A.CH.
CHIHUAHUA
Facultad de Ingeniería
DIRECCION

EL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

DR. MARIO CÉSAR RODRÍGUEZ RAMÍREZ

Facultad de Ingeniería
Circuito No.1, Campus Universitario 2
Chihuahua, Chih. C.P. 31125
Tel. (614) 442-95-00 www.fing.uach.mx

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE COMPUTACIONAL PARA ESTUDIAR LAS HABILIDADES DE ATENCIÓN, MEMORIA, RAZONAMIENTO Y PROCESO VISO ESPACIAL EN NIÑOS CON TDAH

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

PRESENTA

ING. ROCÍO GUADALUPE MARTÍNEZ BIBIANO

CHIHUAHUA, CHIH. SEPTIEMBRE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE COMPUTACIONAL PARA ESTUDIAR LAS HABILIDADES DE ATENCIÓN, MEMORIA, RAZONAMIENTO Y PROCESO VISO ESPACIAL EN NIÑOS CON TDAH

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO EN MAESTRO DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

APROBADO:

Dr. Fernando Martínez Reyes, director

Dra. Vania Carolina Álvarez Olivas sinodal

Dr. Luis Carlos González Gurrola sinodal

SEPTIEMBRE 2015

CHIHUAHUA, CHIH.

Derechos reservados

© Rocio Guadalupe Martínez Bibiano

Monte Rico 11722, Quintas Carolinas C.P. 31146

El año de presentación 2015

Copyright ©

por
Rocio Guadalupe Martínez Bibiano
2015

Resumen

En esta investigación, se pretende evaluar los estados afectivos que genera la ejecución de un juego cognitivo llamado KAPEAN en su modalidad digital o impresa en un niño con TDAH. Los estados afectivos, abordados en esta investigación son satisfacción, atención, frustración, inmersión/aburrimiento y entusiasmo. KAPEAN está formado por cuatro módulos que estimulan la atención, el proceso viso espacial, la memoria y el razonamiento. Se parte de una muestra de alumnos del Instituto José David diagnosticados con problemas de aprendizaje comórbidos al TDAH, con edades entre los 7 y 12 años. Las aportaciones prácticas de esta investigación son evidenciar la necesidad de evaluar y tratar los estados **afectivos** en niños con TDAH, además dar la pauta para el diseño de interfaces de adaptación, tomando en cuenta los estados afectivos de los niños con TDAH. Se concluye que en el desarrollo de una actividad que es agradable a los niños como lo es KAPEAN, se pueden lograr niveles adecuados de concentración , también se percibe que los niños con TDAH les es más grato trabajar con juegos digitales que manuales, es posible además inferir que un participante interactuando con Leap Motion va a presentar niveles altos de frustración durante una actividad y finalmente que el entusiasmo que ponen por terminar la tarea encomendada y la satisfacción que le genera usar la tecnología novedosa le permite tener un buen desempeño en su sesión de juego.

Palabras clave: TDAH, estados afectivos, Leap Motion, atención, memoria, proceso viso espacial, razonamiento.

Índice

Resumen vi

Índice vii

Índice de Figuras viii

Índice de Tablas ix

Índice de Gráficas x

Capítulo 1: Introducción 11

1.1 ANTECEDENTES 12

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 17

1.3 OBJETIVO 18

Capítulo 2: Metodología 19

2.1 DISEÑO DEL ESTUDIO DE CASO 19

2.1.1 Diseño de KAPEAN 19

2.1.2 Selección de participantes 27

2.1.3 Entorno y recursos 28

2.2 PROTOCOLO DE LA EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO CON LOS NIÑOS 31

2.2.1 Entrenamiento de la BCI 31

2.2.2 Jugando con KAPEAN 32

2.3 ANÁLISIS DE DATOS 33

2.3.1 Análisis de Estados Afectivos 33

2.3.2 Análisis del desempeño con base en la puntuación obtenida en el juego 37

2.3.3 Análisis de las encuestas de salida para medir la percepción del participante en cuanto la atención y satisfacción de un juego 38

2.3.4 Análisis de la preferencia del participante entre Juegos Digitales e Impresos 39

Capítulo 3: Resultados 44

3.1 OBSERVACIÓN DE ESTADOS AFECTIVOS DURANTE LA INTERACCIÓN CON KAPEAN 45

3.1.1 Jugando con el módulo viso espacial usando el Leap Motion. Estados afectivos entusiasmo, frustración, inmersión / aburrimiento 45

3.1.2 Jugando con el módulo de Atención con el ratón. Estados afectivos de concentración y distracción 51

3.2 OBSERVACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS NIÑOS CON TDAH AL UTILIZAR DOS MEDIOS DE INTERACCIÓN EN UNA MISMA ACTIVIDAD. JUGANDO CON EL

MÓDULO DE MEMORIA UTILIZANDO EL RATÓN Y EL DISPOSITIVO LEAP MOTION 56

3.3 ANÁLISIS DE PREFERENCIA ENTRE MATERIAL DIGITAL E IMPRESO 58

3.3.1 Test de Wilcoxon para analizar preferencia de los participantes 59

Capítulo 4: Conclusiones y trabajo futuro 63

Referencias 65

Apéndice 1 71

BCI EMOTIV EPOC 71

Apéndice 2 72

Índice de Figuras

Figura 1. Cuadro contextual de los problemas de aprendizaje. 18

Figura 2. Conexiones y relaciones de dependencia entre las funciones cognitivas (Costa, 1999). 22

Figura 3. Módulos de atención, memoria, proceso viso espacial y razonamiento de KAPEAN. 27

Figura 4. Cámara de Gesell en el Instituto José David. 29

Figura 5. BCI Emotiv EPOC de 16 electrodos. 29

Figura 6. Uno de los niños participantes interactúa con KAPEAN utilizando el Leap Motion. El jugador lleva la diadema Emotiv EPOC. 33

Figura 7. Muestra de un ejercicio de análisis psicológico de un video. 34

Figura 8. Secuencia grabada de la Suite Afectiva. 35

Figura 9. Muestra de la bitácora llenada al analizar la Suite Afectiva. 36

Figura 10. Pantalla del registro del juego viso espacial. 38

Figura 11. Diagrama de caja de las variables del experimento. 40

Figura 12. Ubicación de los electrodos según el sistema 10-20 para EEG. 71

Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de los módulos que integran KAPEAN. 25

Tabla 2. Estados que percibe el psicólogo. 34

Tabla 3. Valor numérico para las aseveraciones de la encuesta. 38

Tabla 4. Resultados estadísticos respecto a los datos FM y FD. 41

Tabla 5. Tabla de frecuencia para FM. 41

Tabla 6. Frecuencia para FD. 41

Tabla 7. Diferencias calculadas para FM y FD. 42

Tabla 8. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra. 42

Tabla 9. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. 42

Tabla 10. Estadísticos de contraste[a] 43

Tabla 11. Análisis de la Suite Afectiva, bitácoras de observación psicológica y puntuación registrada de los niños jugando el módulo viso espacial de KAPEAN con el Leap Motion. 49

Tabla 12.Porcentajes de concentración y distracción durante el juego de Atención con ratón. 55

Tabla 13. Puntuación para el juego de memoria, en base al medio de interacción Leap Motion. 56

Tabla 14. Puntuación para el juego de memoria, en base al medio de interacción ratón. 57

Tabla 15. Comparativa de rendimiento entre los dos medios de interacción Leap Motion y ratón. 57

Tabla 16. Resultados de la recopilación de datos obtenidos. 59

Tabla 17. Valores de la media para cada variable. 60

Tabla 18. Valores del Test de Wilcoxon para validar hipótesis de FM y FD. 61

Tabla 19. Valores del Test de Wilcoxon para validar hipótesis de EM y ED. 61

Tabla 20. Suites de detección del software de Emotiv EPOC Control panel. 71

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Porcentaje de tiempo en que el participante presentó los estados de concentración y distracción durante una actividad educativa. 37

Gráfica 2. El participante N001 no muestra cambios emocionales a lo largo del juego. Él juega con un nivel "muy alto" de entusiasmo y parece estar conectado con el juego. 45

Grafica 3. El participante N002 mostró diferentes cambios emocionales a lo largo del juego. Él juega sin entusiasmo y a veces parece estar desconectado del juego. 46

Grafica 4. El sujeto N007 muestra un alto nivel de Inmersión durante toda la actividad. 46

Grafica 5. El participante N008 observo en un nivel medio en sus estados afectivos. 47

Grafica 6. El participante N009 muestra durante los 10 minutos un "alto" nivel de Entusiasmo. 47

Grafica 7. En el participante N013, se puede observar del minuto 4 al 10 como la Entusiasmo y la Frustración se comporta de la misma forma. 48

Grafica 8. El participante N016 muestra en general un nivel "medio" de Entusiasmo.48

Gráfica 9. Periodos de concentración y distracción que el participante N002 presento durante la actividad de Atención con ratón. 52

Gráfica 10. Periodos de concentración y distracción que el participante N007 presento durante la actividad de Atención con ratón. 52

Gráfica 11. Periodos de concentración y distracción que el participante N008 presento durante la actividad de Atención con ratón. 53

Gráfica 12. Periodos de concentración y distracción que el participante N009 presento durante la actividad de Atención con ratón. 53

Gráfica 13. Periodos de concentración y distracción que el participante N013 presento durante la actividad de Atención con ratón. 54

Gráfica 14. Periodos de concentración y distracción que el participante N016 presento durante la actividad de Atención con ratón. 54

Gráfica 15. Periodos de concentración y distracción que el participante N017 presento durante la actividad de Atención con ratón. 55

Gráfica 16. Comparación del tiempo que utiliza para hacer un "clic" con el ratón o el Leap Motion al jugar el juego de memoria. Para N002, por ejemplo, se tardó más de un minuto para realizar una selección con el Leap Motion. 58

Capítulo 1: Introducción

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es uno de los problemas de salud mental que con más frecuencia se presentan en la población. Según la Encuesta Nacional de Epidemiología Psiquiátrica entre el 5% y el 6% de la población entre 6 y 16 años padecen TDAH.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010), alrededor de un millón 600 mil niñas y niños mexicanos tienen TDAH, de los cuáles sólo el 8% está diagnosticado y tratado. Estas cifras revelan al TDAH como un problema de salud pública. La falta de diagnóstico y tratamiento adecuados del TDAH aumenta la posibilidad de accidentes, delincuencia, violencia intrafamiliar, abuso de sustancias y bajo rendimiento escolar.

Una de las cuestiones que más preocupa a padres de niños con TDAH radica en su rendimiento escolar, ya que por su dificultad para poner atención, problemas de autocontrol, memoria verbal y no verbal (Barkley, 1994, 1997), pueden presentar un menor rendimiento académico, problemas en el inicio de trabajo y del interés (Benson, 1981; Harris, 1995; Grodzinski & Diamond, 1992; Pineda, 1996; Stuss & Benson, 1984, 1986).

Los psiquiatras de niños indican que los problemas del aprendizaje se pueden tratar. Si no se detectan y se les da tratamiento a tiempo, sus efectos pueden ir aumentando y agravándose como una bola de nieve al rodar. Por ejemplo, un(una) niño(a) que no aprende a sumar en la escuela primaria no podrá entender el álgebra en la escuela secundaria. El(la) niño(a), al esforzarse tanto por aprender, se frustra más y más y desarrolla problemas emocionales, tales como una baja autoestima ante tantos fracasos.

Algunos niños con problemas de aprendizaje se portan mal en la escuela porque prefieren que los crean "malos" a que los crean "estúpidos", así bien la experiencia de la escuela para niños con TDAH es un gran reto. A este respecto algunos esfuerzos se han enfocado a la utilización de las tecnologías digitales como el medio para crear una experiencia de aprendizaje mejor aceptada, en algunos casos, por ejemplo, la tecnología digital ha sido vista como un recurso que puede ayudar a los profesores para entregar el contenido del curso de una mejor manera .

El software desarrollado como parte de este trabajo de tesis denominado KAPEAN plantea apoyar el desarrollo de habilidades de atención, memoria, razonamiento y proceso viso espacial en niños con problemas de aprendizaje derivados del TDAH. KAPEAN utiliza igualmente un entorno basado en la tecnología para que el(la) niño(a) juegue con recursos educativos. Mientras el(la) niño(a) está jugando practica algunas de sus habilidades de memoria, atención, proceso viso espacial y razonamiento. Además, KAPEAN recoge información sobre los estados afectivos que están presentes durante el juego educativo, ya que tiene como objetivo tener en cuenta las emociones de los niños para los futuros diseños de herramientas de tutoría de adaptación. Esta es una aportación novedosa respecto a otros estudios encontrados en la literatura, puesto que no se han abordado los estados afectivos de los niños con TDAH a la hora de ejecutar una tarea educativa.

En la primera sección encontraremos una revisión de la literatura que indica el interés de desarrollar herramientas de aprendizaje para coadyuvar a problemas de aprendizaje, así como las herramientas tecnológicas encaminadas a la tutoría de adaptación. A continuación se describe la metodología seguida para el diseño del estudio de caso. Enseguida se presenta la discusión de los resultados de jugar con KAPEAN. Finalmente, las conclusiones y el trabajo futuro para KAPEAN.

1.1 ANTECEDENTES

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación en las aulas se ha ido implementando paulatinamente y en la actualidad constituyen herramientas con habitual

presencia en la enseñanza (Gomez, & Traina, 2012). Así bien tenemos que el ámbito en el aprendizaje varía rápidamente gracias a las TICs, y con ello tenemos nuevas formas de acceder, generar y transmitir información a los educandos (Torres, 2011).

Las estrategias intervencionistas en la escuela para niños con dificultades de aprendizaje (en adelante DA) como la dislexia, discalculía, disortografía y disgrafía se concentran en la utilización de técnicas de estrategias cognoscitivas. El propósito de estas técnicas es enseñar a los estudiantes estrategias o recursos prácticos dirigidos a superar deficiencias específicas. También conocemos en base a estudios que un tercio de los niños con DA presentan a su vez algún subtipo de Trastorno por déficit de Atención e Hiperactividad (en adelante TDAH) (Tabassam y Grainger, 2002), además se estima que entre el 19% y el 26% de personas con TDAH tienen algún tipo de DA. Todo ello evidencia el papel de los problemas atencionales en el ámbito escolar (Shalev y Tsal, 2003). En general, se considera que estos problemas, afectan a la función ejecutiva más que al factor de inteligencia, aspecto que no se ve influenciado por el TDAH. Por lo tanto se estima que el TDAH más que un problema de capacidad, es un problema de activación y ejecución (Schuck y Crinella, 2005).

Es importante mencionar que todas las áreas cognitivas deben mantenerse activas, para lograr un mejor aprendizaje, casi todos los eventos del mundo real y del tiempo real se pueden manejar mejor si se ponen en juego una variedad de habilidades intelectuales y no solo una. Por ejemplo, para calcular el impuesto y la propina en una cuenta de restaurante, necesitas tanto de habilidades matemáticas como la fuerza de la memoria de corto plazo, con el fin de poder tener acceso a todos los números mientras realizas cálculos mentales. El hecho de que el alumno active habilidades intelectuales como la memoria, la atención, razonamiento y el proceso viso espacial, puede influenciar en otros campos de adquisición de conocimientos dentro del aula. Una habilidad que se utiliza en un campo de acción determinado, puede influenciar a otro de manera significativa.

En los últimos años han surgido investigaciones, donde el objetivo primordial es desarrollar y demostrar la eficacia de herramientas computacionales en el área de estimulación

del proceso cognitivo, de la atención y del proceso viso espacial de los individuos; a continuación mencionamos algunas de estas:

1. Una interface "*Brain-Computer*" basada en el entrenamiento de la atención para tratar el TDAH. En esta investigación se demuestra que las aplicaciones pueden mejorar la memoria de trabajo en niños con trastorno por déficit de atención. El juego utilizado para este análisis se llama *CogoLand*, que es un videojuego en 3D, específicamente diseñado para el entrenamiento de la atención, en el que cada participante controla un avatar a través de las señales detectadas por los electrodos de electroencefalograma (EEG). La muestra para esta investigación fue de 20 niños (16 hombres y 4 mujeres), sin medicamento, con síntomas de TDAH combinado con subtipos de inatención e hiperactividad, la investigación consiste en poner a trabajar a estos niños en juego BCI, basado en un juego de entrenamiento. Este nuevo sistema monitorea la atención a través de una banda de sensores EEG en la cabeza, el cual fue usado para retroalimentar el video juego, siguiendo la intervención con los parámetros establecidos de inatención e impulsos hiperactivos en la escala TDAH se mostraron mejoras significativas (Lim & et al, 2012).

#2. Diseño de juegos digitales para mejorar la capacidad viso espacial. Los conceptos de la visualización espacial y cálculo geométrico son elementos importantes del desarrollo de inteligencia múltiples. En este estudio se investigó la posibilidad de desarrollar habilidades espaciales en niños de quinto y sexto año de educación primaria, con un juego de acción diseñado especialmente para la estimulación de habilidades espaciales, el juego utiliza herramientas de diseño en 3D con rotación libre, con un total de 10 niveles, los niveles 1, 2, 3 y 4 dedicados a la visualización y orientación espacial, y los 6 niveles restantes a los conceptos lógicos espaciales. El juego está construido en base a cinco grandes capacidades espaciales que permiten a los usuarios se enfrenten y comprendan los gráficos de las misiones espaciales. Al término de esta investigación se concluyó que este juego ayuda a los niños a desarrollar la habilidad del proceso viso espacial (Chuang & et al, 2010).

#3. Los elementos de un juego computarizado pueden mejorar la motivación y el rendimiento en la formación de memoria de trabajo en niños con TDAH. Para este análisis se

tomó una muestra total de 51 niños con TDAH de entre 7 y 12 años que fueron divididos al azar en dos grupos; en uno de ellos se trabajó con la formación de memoria de trabajo en un formato de juego computarizado y otra se trabajó de manera regular la memoria de trabajo (que no estaba en formato de juego). Los niños que utilizaron la versión de juego, mostraron una mayor motivación y mejor formación de memoria de trabajo, es decir más secuencias, menos errores y mejores puntuaciones que los niños con entrenamiento regular (sin formato de juego) (Prins & et al, 2011).

#4. Juegos cognitivos para niños con desafíos intelectuales. En este trabajo se presenta el diseño de 5 juegos educativos que se desarrollaron para los niños con desafíos intelectuales, en el diseño de estos juegos se toman en cuenta aspectos de la IHC para niños con desafíos intelectuales, estos juegos de entrenamiento educativo enseñan a los niños a mejorar sus habilidades de memorización y pro actividad. Estos juegos ayudan a los niños a tomar el aprendizaje de una manera más divertida y agradable. Se concluye que a estos niños prestan más interés por los juegos que contienen videoclips e imágenes en formato grande. A ellos les gustan los objetos animados y fáciles de reconocer (avatares de personajes con los que ya están familiarizados). Los niños también prefieren las pantallas touch para la manipulación del juego, en general estas características nos pueden dar pauta para el diseño de interfaces para niños con retos intelectuales (Saleh & et al, 2012).

#5. Los Programas REEDUCA. Esta aplicación está especialmente diseñada para entrenar la atención, memoria y el proceso viso-espacial en niños, actualmente está siendo utilizado en el Instituto José David A.C., en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México., con excelentes resultados como complemento de las terapias para niños con problemas de aprendizaje.

Como se puede observar en estos *softwares* es claro que el uso de la tecnología en dificultades de aprendizaje puede ser muy beneficioso, más sin embargo consideramos que el futuro está en los juegos afectivos, es decir juegos que serán capaces de adaptar su plan de juego según los estados afectivos del(de la) niño(a). Por ejemplo encontramos en la literatura

investigaciones donde se propone este tipo de adaptaciones, mismas que a continuación mencionamos.

#6. Intelligent Tutoring System with Affective Learning for Mathematics. En este trabajo se presenta un sistema tutorial inteligente con el aprendizaje afectivo, que se integra en una red social para aprender matemáticas. El sistema está diseñado para ayudar a los estudiantes del segundo grado de educación primaria para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. El sistema evalúa los aspectos cognitivos y afectivos del estudiante mediante el uso de una red neuronal y un sistema experto difuso para decidir el siguiente ejercicio a resolver por el alumno, lo que permite el aprendizaje personalizado (Cabada & et al, 2014).

#7. Adaptive Educational Games: Providing Non-invasive Personalised Learning Experiences. En esta investigación se aborda el beneficio proporcionado por los juegos educativos de adaptación, se propone un nuevo enfoque no invasivo para la adaptación de un juego y así permitir una experiencia de aprendizaje personalizado (Peirce & et al, 2008).

#8. Affective Gaming: A Comprehensive Survey. En este trabajo, se analizan juegos afectivos comerciales existentes, se procede a describir algunos de los problemas más importantes que tienen que ser abordados con el fin de crear interacciones más realistas y eficientes entre los jugadores y los juegos y ubicar los desafíos que estos sistemas deben superar (Kotsia & et al, 2013).

Así pues tenemos un importante campo de las Ciencias de la computación llamado "Realidad Virtual" que tiene destacadas aplicaciones en la educación, para con ello estimular el proceso de aprendizaje. La realidad virtual y amentada representa actualmente una potente herramienta que ha mostrado su versatilidad en el campo educativo donde puede presentar contenidos de forma atractiva y pedagógica. Partiendo de esto y aprovechando este tipo de tecnologías avanzadas para el control de la computadora, tales como el sensor "*Leap Motion Controller*"[1], dispositivo que permite traducir cualquier movimiento de los dedos y manos

[1] Vigente al 27 de Agosto del 2015 en: https://www.leapmotion.com/

(como apuntar, alcanzar y agarrar) en una acción concreta en la pantalla de la computadora o laptop.

En esta propuesta de tesis se plantea el uso de una herramienta computacional lúdica para niños con TDAH llamada KAPEAN que usa como medio de interacción el Leap Motion y el ratón. Es importante mencionar que KAPEAN ofrece actividades para el entrenamiento de los procesos de la atención, memoria, razonamiento y viso espacial; elementos que ayudan, facilitan y participan en todos los procesos cognitivos superiores (Ocampo, enero-junio 2009). Se propone asimismo el monitoreo de los estados afectivos tales como frustración, inmersión / aburrimiento y entusiasmo, mientras el(la) niño(a) juega. También se plantea evaluar la usabilidad de la tecnología Leap Motion como el medio de interacción entre el educando y el prototipo de software educativo KAPEAN.

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los problemas de aprendizaje o también llamados dificultades de aprendizaje (DA) comórbidos al TDAH (ver Figura 1) desafortunadamente generan en el individuo una situación escolar y cotidiana difícil.

Muchos de estos niños no llegan a recibir ayuda alguna y quedan sentenciados a ser de los rezagados en el mejor de los casos y posteriormente relegados, desgraciadamente esto puede incluso llevarlos a la delincuencia.

Figura 1. Cuadro contextual de los problemas de aprendizaje.

Este estudio está motivado por la necesidad de desarrollar e implementar tratamientos para ayudar al rendimiento escolar de niños con TDAH, especialmente los tratamientos basados en actividades cognitivas. Con esta finalidad se desarrollaron juegos en modalidad impresa y digital, con los que se pretende identificar las diferencias en los estados afectivos que el niño presenta durante la ejecución de cada uno de los juegos.

1.3 OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue evaluar los estados afectivos que genera la ejecución de un juego cognitivo en modalidad digital o impresa en un niño con TDAH. Dichos estados afectivos, para esta investigación son satisfacción, atención, frustración, inmersión/aburrimiento y entusiasmo.

Como perspectiva con los resultados obtenidos se pretende apoyar a docentes, psicólogos e investigadores que trabajan con estos niños, con herramientas que muestran los estados afectivos tanto positivos (satisfacción, atención, concentración, inmersión y entusiasmo) como negativos (frustración y aburrimiento) y utilizarlas de la manera más conveniente para lograr los retos cognitivos que se presentan en niños con TDAH.

Capítulo 2: Metodología

2.1 DISEÑO DEL ESTUDIO DE CASO

Hacer una investigación implica considerar diferentes métodos, técnicas e instrumentos para la construcción del conocimiento científico. Esto significa un compromiso con la calidad del tipo de conocimiento que se produce. Es por esto que en esta sección también se describe la metodología para el diseño de estudio de caso para KAPEAN.

Para esta investigación se optó por la metodología de estudio de caso ya que con esta técnica el investigador se enfrenta a la descripción de una situación específica que plantea un problema existente. Una investigación de estudio de caso trata exitosamente una situación específica en la cual hay muchas más variables de interés que datos observacionales; y para llegar al resultado considera múltiples fuentes de evidencia, con datos que deben converger y, también como resultado, se beneficia del desarrollo previo de proposiciones teóricas que guían la recolección y el análisis de datos (Yin, 1994).

Este trabajo se hizo con la participación de docentes y alumnos que prestaban su servicio social de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en conjunto con docentes y estudiantes de posgrado del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo del Tecnológico de Cuernavaca, Morelos (CENIDET), además con la invaluable participación del personal directivo y de servicio social del Instituto José David y de un psicólogo voluntario.

2.1.1 Diseño de KAPEAN

El desarrollo de software implementado en este proyecto al ser una herramienta que pretende tener aplicación dentro del contexto de un problema real, toma como metodología el

ciclo de vida para el desarrollo de software, la cual requiere llevar a cabo numerosas tareas agrupadas en etapas.

Las seis etapas (más comunes a casi todos los modelos de ciclo de vida del software) (James Senn, 1996) y que serán el pilar en el desarrollo de la aplicación de software que puede utilizarse como auxiliar al tratamiento de problemas de aprendizaje, son las siguientes:

1. Investigación Preliminar
2. Análisis y Requerimientos del Sistema
3. Diseño
4. Implementación
5. Pruebas
6. Documentación

Siguiendo este modelo de ciclo de vida del software, a continuación se presenta el desarrollo de estas etapas dentro del proyecto de investigación que aquí se presenta.

Investigación Preliminar

En esta etapa se desarrollaron las siguientes actividades:

- Estado del arte sobre software ya existente en el área de aprendizaje.
- Análisis de aplicaciones desarrolladas con Leap Motion.
- Estudio de librerías Leap Motion.
- Creación de aplicación base.
- Probar la aplicación.

En general, todo proceso de ingeniería debe comenzar por contestar las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el problema a resolver? Apoyar a niños con problemas de aprendizaje derivados del TDAH.
- ¿Cuáles son las características de la entidad que se utiliza para resolver el problema? La aplicación debe tener características que cumplan con el

objetivo, es decir, que el software este perfectamente orientado a sus usuarios con TDAH, para que de esta forma pueda ser aplicado al área problema.

- ¿Cómo se construirá la entidad? El software se realizaro bajo la siguiente plataforma:
  - Unity 3D para el desarrollo de la aplicación.
  - En el marco de interfaces avanzadas de usuarios, se utilizó el dispositivo Leap Motion para incrementar la interacción con el usuario, adicionalmente al tradicional uso del ratón. Con el Leap Motion se propicia una interacción más natural con los objetos aumentados al poder relacionarlos con movimientos físicos de la mano del usuario.
- ¿Cómo va a probarse la entidad? La aplicación fue probada por niños con problemas de aprendizaje para poder obtener retroalimentación y hacer las correcciones pertinentes.
- ¿Cómo se apoyará la entidad cuando los usuarios finales soliciten correcciones y adaptaciones a la entidad? El software está documentado para facilitar futuras adaptaciones a nuevas exigencias por parte de los usuarios finales.

Análisis y Requerimientos del Sistema

En esta etapa se analizaron los métodos tradicionales para el tratamiento de problemas de aprendizaje y con ello definir los requerimientos de la interface gráfica, a su vez se llevó a cabo un análisis de la interface de Interfaz Humano Computadora (IHC) con el Leap Motion, para sustentar los alcances de esta tecnología y cómo se comporta en la realidad virtual, es decir, que tan apegado está a la realidad y al manejo de gestos de la mano. También se trabajó conjuntamente con especialistas en el área, quienes proporcionaron los parámetros necesarios bajo los cuales la aplicación deberá desarrollarse:

- Psicóloga: Lic. Liliana Sáenz
- Neuróloga: Dra. Avril Molina
- Psiquiatra: Dr. Alonso Martínez

- Pedagoga y docente: Lic. Mariana Abundes

Diseño

Se especificaron los componentes del sistema así como la validación de contenidos por expertos en el área, además de la estructura de datos, es decir la arquitectura general del software.

Partiendo de este entendido KAPEAN propone estimular capacidades como la memoria de trabajo, la atención, el proceso viso espacial y el razonamiento, funciones mentales asociadas a la cognición humana (Parenré, 1996). Es importante mencionar que las fronteras entre estos procesos cognitivos básicos son bastante tenues, generándose situaciones de interdependencia entre estas funciones. Para ilustrar mejor estas relaciones se muestra un diagrama que ejemplifica las conexiones y relaciones de dependencia entre las funciones antes mencionadas (Figura 2). Así bien por razones metodológicas, prácticas y de comprensión por parte del individuo, la clasificación de juegos propuesta indica la principal habilidad que se desarrolla; pero no hay juegos puros. Nuestro cerebro funciona como un todo, por ejemplo, un juego de memoria desarrollará también la percepción. Cabe mencionar que KAPEAN maneja niveles, ya que encontrar la solución a un reto resulta altamente satisfactorio, ayuda a aumentar el ánimo y la autoestima, porque se pasa en un momento de la torpeza y el miedo inicial que se siente al enfrentarse a ellos por primera vez, a la habilidad para superarlos.

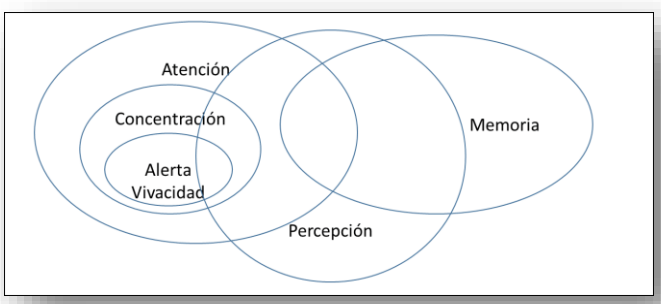


Figura 2. Conexiones y relaciones de dependencia entre las funciones cognitivas (Costa, 1999).

Así pues tenemos que la memoria de trabajo es un tipo de memoria a corto plazo (Baddeley, 1986), que nos permite almacenar temporalmente una información determinada (visual o auditiva) en la memoria inmediata para después procesarla, esta capacidad implica un proceso de atención, organización, almacenamiento y descartar la información o estímulos irrelevantes para atender la información importante (Tirapu-Ustárroz y Muñoz-Céspedes, 2005). Es aquí donde radica la importancia de KAPEAN al proponer la estimulación de la memoria en niños con TDAH, a través de una o varias imágenes que se muestran por un periodo corto de tiempo, luego desaparecen y después el usuario tendrá que encontrarlas incluidas entre otro grupo de figuras.

La atención es una condición previa para la ejecución eficaz de diversas tareas de la vida diaria. Diversos fracasos escolares o de otra naturaleza se atribuyen con frecuencia a dificultades de atención y concentración. En psicología cognitiva, la atención es considerada como un proceso primario que permite captar la información pertinente para poder procesarla enseguida (García-Ogueta, 2001; García-Sevilla, 1997).

El estudio de la flexibilidad de los procesos atencionales dependiendo del contexto ha sido estudiada desde la psicología cognitiva utilizando aquellos procedimientos que permiten estudiar el control cognitivo, tal como las Tareas de Flancos (Eriksen, 1974). Esta prueba muestra una latencia en la respuesta entre los ensayos congruentes e incongruentes, lo que ha sido denominado efecto de inferencia (efecto con distractores). En KAPEAN se propone estimular la atención a través de una adaptación de este procedimiento.

El razonamiento analógico se observa como un potente mecanismo de aprendizaje (Richland, Holyoak y Stigler, 2004), puesto que permite la interrelación natural de las diferentes materias de estudio y de los diferentes conocimientos y experiencias que el individuo obtiene. Tenemos pues que "un reforzamiento anticipado de una destreza tan fundamental como el razonamiento analógico, sería una estrategia valiosa tanto para el desarrollo cognoscitivo como para el creativo". (Lipman, 1989), es aquí donde radica la

importancia de estimular el razonamiento en niños con dificultades de aprendizaje derivados de su TDAH.

En KAPEAN se propone estimular el razonamiento por medio de una adaptación del efecto Stroop (Ridley-Stroop, 1935). Es una herramienta neuropsicológica extensamente utilizada en la detección de disfunciones cerebrales que afecta a la atención selectiva y a la distractibilidad en general. En términos básicos, evalúa la capacidad para clasificar información del entorno y reaccionar selectivamente a esa información, (Cohen, Dunbar y McClelland, 1990; MacLeod, 1991). Este efecto, es considerado como una útil herramienta para la psicología cognitiva, es una tarea susceptible de utilización en el estudio de diversos procesos psicológicos: memoria, atención y competencia lingüística (Risso, Rechea, Ponte y Suárez, 1990).

El proceso viso espacial está bajo el control del ejecutivo central y está especializada en la producción y manejo de imágenes mentales (Baddeley, 1986; Baddeley, Thomson y Buchanan, 1975; Baddeley-Lieberman, 1980; Logie, 1995). Este proceso participa en actividades de orientación espacial, en la comprensión de textos y en el cálculo mental (Jones y Morris, 1992). Este proceso es pues el que se encarga entre otras funciones, de trabajar la estructuración espacial de la escritura; es decir su forma, tamaño, posición, dirección y orientación espacial, así como la ortografía. KAPEAN propone la estimulación del proceso viso espacial en niños con TDAH por medio de una cuadricula donde se visualizan una o varias figuras por un tiempo determinado, luego desaparecen y hay que ubicarlas dentro de la cuadricula en el mismo lugar donde previamente se habían mostrado.

Las actividades de KAPEAN se basan en el número mágico de Miller (Miller, 1956). Miller conjetura que un individuo puede recordar simultáneamente 7 más menos dos elementos. Debido a lo anterior, las actividades de memoria y proceso viso espacial respetan estos límites.

Implementación

Fase de desarrollo de la aplicación integrando como medio de interacción con el usuario el Leap Motion y el ratón. En esta etapa se programó cada uno de los módulos integrados en KAPEAN.

A continuación se muestra en la Tabla 1, una descripción de cada actividad contenida en KAPEAN.

Tabla 1. Descripción de los módulos que integran KAPEAN.

Nombre	Descripción	Evaluación de errores
Memoria	Aparece un grupo de figuras geométricas (Shapes, 1996) por un máximo de 18 segundos. El tiempo varía dependiendo de la cantidad de figuras mostradas en pantalla y durante este tiempo el niño tratara de memorizarlas; luego desaparecen y el niño debe localizarlas dentro de un grupo más grande de figuras. Se manejan de 1 a 7 ítems a retener (número mágico 7±2 de Miller, 1956).	El juego tiene incluido un indicador que va mostrando continuamente la puntuación que se va logrando. Se ganan 100 puntos por cada acierto y se pierden 50 por cada error.
Atención	Este juego es una adaptación de lo que se conoce como la tarea de Flanker de la Psicología cognitiva. En esta tarea se ve una fila de flechas posicionadas sobre una línea horizontal que apuntan en distintas direcciones de la cual se debe centrar la atención en la flecha que se encuentra centro del grupo. En la misma pantalla se encuentran una segunda línea de flechas	El juego tiene incluido un indicador que va mostrando continuamente la puntuación que se va logrando. Se ganan 100 puntos por cada acierto y se pierden 50 por cada error.

	dentro de la cual se debe localizar la flecha en la que se enfocó la atención en la primera línea, es decir, la flecha del centro.	
Razonamiento	Este juego se basa en una adaptación del efecto Stroop. Se muestra una pantalla con el nombre de un color escrito con un diferente color de tinta que el que dice la palabra también aparen círculos de colores. El(la) niño(a) debe nombrar en voz alta la palabra escrita pero debe seleccionar el circulo correspondiente al color de la palabra.	El juego tiene incluido un indicador que va mostrando continuamente la puntuación que se va logrando. Se ganan 100 puntos por cada acierto y se pierden 50 por cada error. Cabe aclara que el puntaje se asigna únicamente por la interacción que el niño hace con el ratón o Leap Motion más no evalúa las palabras que está pronunciando.
Proceso viso espacial	Se muestra una cuadricula de 4 x 4 con una o varias imágenes, máximo 7 (número mágico 7±2 de Miller, 1956), luego desaparecen las figuras y se queda la cuadricula vacía, en la que el niño deberá ubicar en el mismo lugar las figuras mostradas previamente.	El juego tiene incluido un indicador que va mostrando continuamente la puntuación que se va logrando. Se ganan 100 puntos por cada acierto y se pierden 50 por cada error.

Enseguida se muestran las pantallas de los módulos de atención, memoria, proceso viso espacial y razonamiento de KAPEAN (Figura 3).

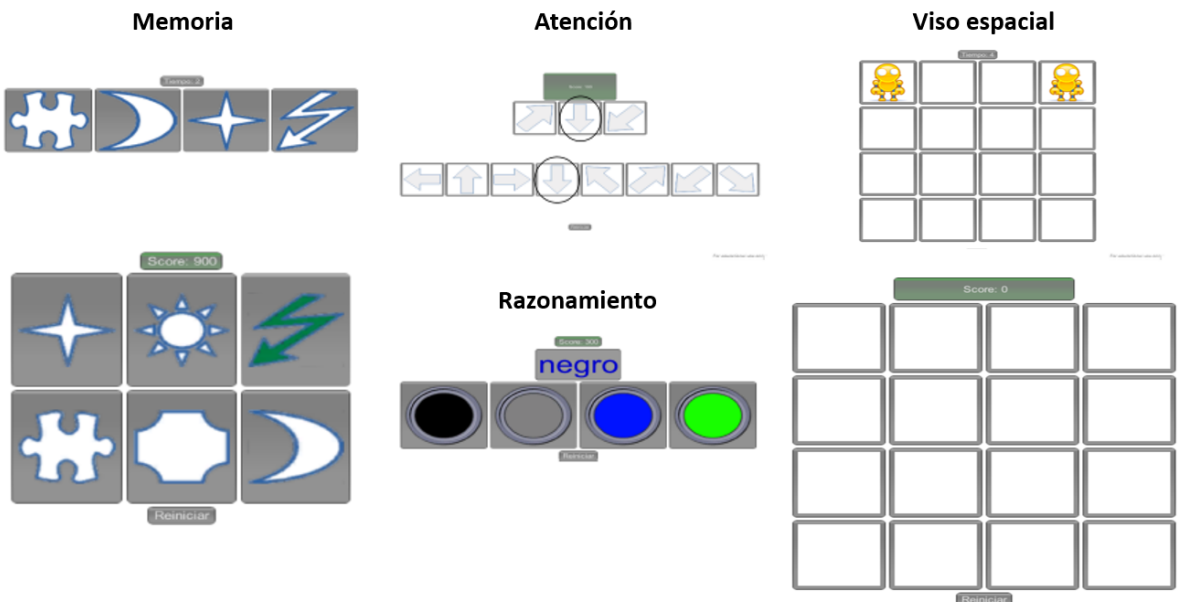


Figura 3. Módulos de atención, memoria, proceso viso espacial y razonamiento de KAPEAN.

Pruebas

Fase donde se prueba la interface desarrollada, para una retroalimentación por parte del usuario. En ella se programaron dos días de pruebas con 6 niños; en un escenario de prueba equipado con cámaras de video, para su posterior análisis.

Documentación

Esta fase estuvo presente durante todo el proyecto ya que se debe documentar cada etapa del desarrollo del software paralelo a la redacción de la tesis.

2.1.2 Selección de participantes

La muestra está formada por niños que reciben terapia de aprendizaje en el Instituto José David, ubicado en Chihuahua, Chihuahua. Como primer paso se invitó a los padres de familia para darles a conocer el proyecto, comentar los detalles y las características que deberían cumplir los niños para formar parte del grupo de prueba. Los niños seleccionados tienen entre 7 y 11 años de edad, se pueden comunicar verbalmente y están diagnosticados con TDAH. Al término de la reunión los papas interesados y dispuestos a que sus niños

participen firmaron una carta de autorización y conformidad para incluir a sus hijos en el experimento.

Fueron aceptados para participar en el proyecto una muestra de 15 niños (3 mujeres y 12 hombres), los cuales presentan algún tipo de trastorno de aprendizaje comórbido al TDAH.

Una vez seleccionados los participantes se procedió a realizar una programación de horarios, cada participante debería de asistir a sesiones de una hora, 2 veces a la semana.

2.1.3 Entorno y recursos

El Instituto José David A.C. es una institución educativa que brinda tratamiento a niños con problemas neurológicos. Dicho Instituto nos proporcionó una habitación de 3x3 metros cuadrados para ejecutar el experimento, así como también espacios contiguos que se utilizaron como sala de espera, almacén de equipos, oficina administrativa, etc. La habitación del experimento es una cámara de Gesell (concepto creado por Arnold Gesell), que tiene dos ventanas que permite observar desde el exterior sin afectar el desarrollo de las actividades que realiza el participante (Figura 4). En esta habitación se instalaron un escritorio y una silla secretarial desde donde el participante interactúa con el juego, una computadora de escritorio donde se encuentran instalados los juegos en su versión digital. Sobre el escritorio se colocó un ratón y el Leap Motion a través de los cuales el participante interactúa con el juego según la versión que se esté ejecutando. También se instaló un cañón para proyectar los videojuegos, una diadema para lectura de señales cerebrales Interfaz Cerebro Computadora (BCI) Emotiv EPOC (Figura 5 y apéndice 1), tres cámaras de video, dos de ellas para video grabar la gesticulación del niño durante el juego y una tercera que almacena la pantalla de juego proyectada por el cañón.

Adicionalmente en el exterior de la cámara de Gesell se instaló una laptop con un monitor adicional, para llevar a cabo el monitoreo del participante.

Figura 4. Cámara de Gesell en el Instituto José David.

Figura 5. BCI Emotiv EPOC de 16 electrodos.

En la computadora dentro de la cámara se instaló KAPEAN y Mudra (software para el manejo del Leap Motion).

En la computadora ubicada en el exterior se instalaron los siguientes paquetes computacionales.

- *Emotiv EPOC Control Panel*. Software comercial proporcionado por el fabricante de la diadema que permite registrar las señales de los estados afectivos de los niños mientras están jugando. Este software detecta la actividad cerebral

en los lóbulos frontales, parietales, occipitales y temporales que registra la diadema Emotiv Epoc. Todos los datos se almacenan en una tabla biométrica.

- *OpenVibe.* Software libre dedicado al diseño, pruebas y uso de interfaces cerebro computadora. Es un software para la neurociencia en tiempo real. Se puede utilizar para adquirir, filtrar, procesar, clasificar y visualizar las señales del cerebro. Se procedió a crear un modelo de adquisición de señales EEG en el software OpenVibe. Tenemos pues que se creó un modelo de adquisición de señales solo para los electrodos AF3, F7, F3, FC6, F4, F8 y AF4, ubicados en el lóbulo frontal. Se decidió monitorear únicamente los registros del lóbulo frontal puesto que se considera el sitio principal donde se manejan las funciones cognitivas como la atención, el lenguaje, los impulsos, el juicio, la memoria funcional (de trabajo, de corto plazo) y funciones motoras (Lázaro, J. C. F., & Ostrosky-Solís, F. 2008).
- *Clasificador de EEG Naive Bayes.* Este software fue proporcionado por el CENIDET, el cual se alimenta con los archivos .cvs generados por OpenVibe, y con ellos nos permitió clasificar en primera instancia dos estados afectivos presentados en los niños "concentración y distracción".
- *Camtasia Studio*. Es un conjunto de herramientas diseñadas para la grabación y edición de videos. El programa incluye diversas utilidades que posibilitan a sus usuarios desde la grabación de cualquier acontecimiento que suceda en nuestra pantalla, hasta la creación de atractivos menús para movernos a través del contenido de nuestros CD/DVD. Los videos capturados por Camtasia Studio se utilizaron para el análisis visual y detallado de las señales generadas por los estados afectivos de los niños, leídas a través de la diadema y su respectivo software *Emotiv EPOC Control Panel*.

Material Impreso. En las sesiones manuales se realizaron actividades impresas muy semejantes a la versión digital que maneja KAPEAN.

Encuestas. Adicionalmente se diseñó una encuesta que se aplicó a cada participante después de cada juego (apéndice 2), la cual contiene 9 preguntas que evalúan la atención y satisfacción del usuario. Las preguntas son declaraciones a las que los sujetos deben responder en una escala de Likert de 5 puntos que van desde "nunca" hasta "siempre".

2.2 PROTOCOLO DE LA EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO CON LOS NIÑOS

2.2.1 Entrenamiento de la BCI

Se requiere "entrenar" el software OpenVibe, para que identifique y almacene las señales EEG correspondientes a los estados afectivos de concentración y distracción en cada participante, para que posteriormente, pueda comparar estas señales con las generadas por los mismos niños durante la ejecución de todos los juegos en cada una de sus versiones. Dichas señales EEG serán analizadas por el clasificador Naive Bayes (proporcionado por CENIDET), donde se mostrará el porcentaje de tiempo que el participante dura concentrado o distraído.

En la actividad de entrenamiento se eligió el juego Tangram para identificar las señales que representan la concentración del participante debido a que este juego resultó ser muy atractivo, de mucho interés y lo mantiene concentrado y entretenido por un tiempo considerable. De esta forma se aseguran señales EGG confiables.

También dentro de la fase de entrenamiento del software se realizaron actividades para identificar las señales de distracción. Como primer paso el psicólogo trata de poner al participante en un estado de relajación. Después de 2 minutos se realiza una primera interrupción generando una distracción a través de un portazo inesperado, por lo que se genera el primer grupo de señales EEG que representan este estado afectivo. Después de esta primera distracción se dejan pasar 2 minutos adicionales de relajación para luego intervenir con una segunda interrupción en la que una persona ingresa a la habitación del experimento hablando por teléfono y nuevamente se registran este grupo de señales como una nueva distracción. Con la finalidad de generar una señal que represente más confiablemente la distracción, después de otros 2 minutos de que el niño permanece relajado se hace una tercera intervención que

consiste en hacer sonar un teléfono celular previamente colocado en el interior de la habitación. Con estas tres muestras de señales EEG se genera el patrón que representa el estado afectivo de distracción del participante.

2.2.2 Jugando con KAPEAN

Cuando el participante llega a la habitación del experimento la primera actividad es colocar la diadema Emotiv EPOC en la cabeza del participante asegurándose de que los electrodos de la diadema tengan un buen contacto con el cráneo. Seguido de esto el psicólogo pide al participante información sobre su estado de ánimo por ejemplo si se encuentra cansado, hambriento, enfermo, etc. y estado emocional que podría ser enojado, triste, alegre, etc. Esta información se tomará en cuenta al analizar el material de video que muestra la cara y gesticulación del participante al momento de jugar. Después de eso, se inicia la grabación de video en todas las cámaras, se ejecuta el software Emotiv EPOC Control Panel, OpenVibe, Camtasia, y KAPEAN y se inicia la sesión de juego (Figura 6). Durante toda la ejecución del juego el psicólogo realiza anotaciones referentes a los aspectos relevantes de la actividad del partcipante. Una vez que la sesión de juego expira se retira la diadema de la cabeza del participante y se aplica la encuesta de satisfacción correspondiente.

Hay tres tipos de sesiones orquestadas para interactuar con KAPEAN. El participante puede jugar con un recurso físico o con su versión digital en cuyo caso el dispositivo de interacción puede ser el ratón o el Leap Motion.

Si se juega con la versión impresa, un adulto toma el rol de guía durante el juego. Da al participante las indicaciones de como jugar y se encarga de darle seguimiento así como de supervisar todo el desarrollo del juego. Las habilidades departicipante para completar el juego definen el tiempo de la duración del mismo, que no puede ser más de 10 minutos.

Al jugar con la versión digital un colaborador del experimento le asigna el medio de interacción, que puede ser ratón o Leap Motion, le da instrucciones de como jugar y eparticipante se queda solo en la habitación realizando la actividad. Los juegos digitales están

programados para una duración de 10 minutos. Cabe recordar que toda la información que se genera durante la ejecución del juego está siendo almacenada para su posterior análisis.

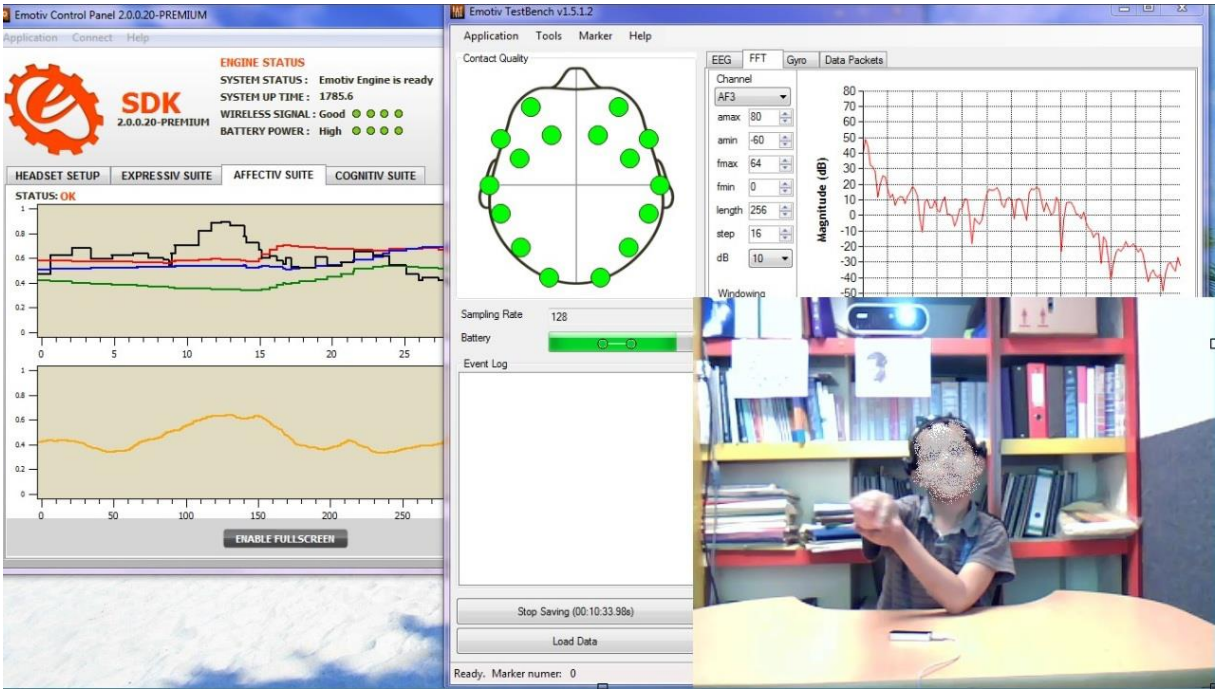


Figura 6. Uno de los niños participantes interactúa con KAPEAN utilizando el Leap Motion. El jugador lleva la diadema Emotiv EPOC.

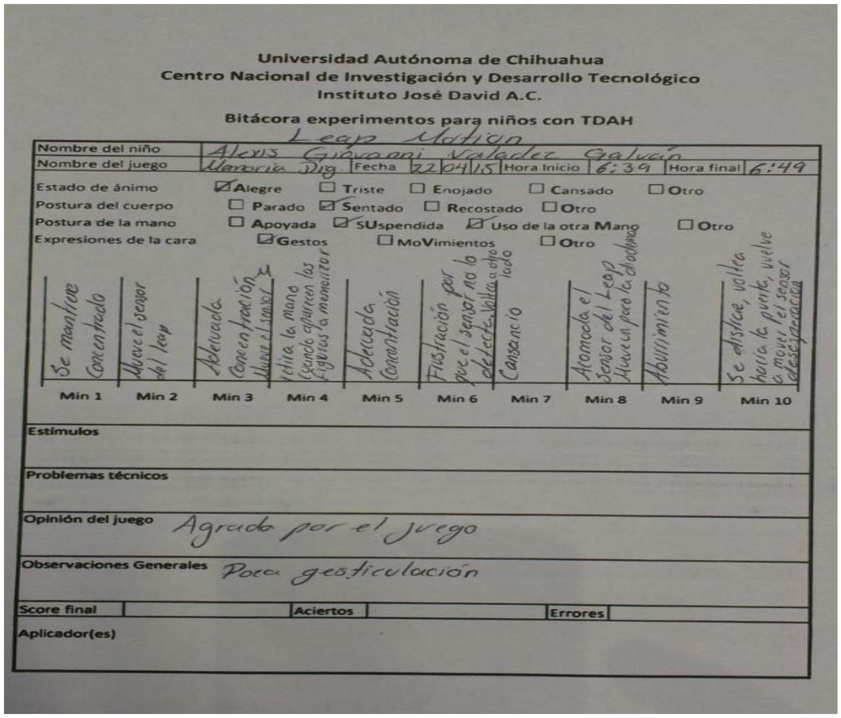
2.3 ANÁLISIS DE DATOS

2.3.1 Análisis de Estados Afectivos

#1. Observación psicológica de la gesticulación y movimientos corporales del participante durante la ejecución de un juego

Esta evaluación se llevó a cabo en tiempo real durante la ejecución del juego y se complementó con el análisis de los videos tomados durante la misma sesión. El psicólogo hace las anotaciones de los estados de ánimo, afectivos y movimientos corporales que realiza el participante y los va registrando en una bitácora (Figura 8). Con la finalidad de complementar lo registrado en la bitácora, de cada videograbación se hace una revisión de la gesticulación y movimientos corporales del participante minuto a minuto al igual de como se

hizo durante la sesión en tiempo real para identificar posibles datos relevantes que por diferentes circunstancias hayan sido omitidos.



Universidad Autónoma de Chihuahua
Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Instituto José David A.C.

Bitácora experimentos para niños con TDAH

Leap Motion

Nombre del niño	Alexis Giovanni Valadez Galván						
Nombre del juego	Memoria Dig.	Fecha	22 04 15	Hora Inicio	6:39	Hora final	6:49

Estado de ánimo: ☑ Alegre ☐ Triste ☐ Enojado ☐ Cansado ☐ Otro
Postura del cuerpo: ☐ Parado ☑ Sentado ☐ Recostado ☐ Otro
Postura de la mano: ☐ Apoyada ☑ SUspendida ☑ Uso de la otra Mano ☐ Otro
Expresiones de la cara: ☑ Gestos ☐ MoVimientos ☐ Otro

Min 1	Min 2	Min 3	Min 4	Min 5	Min 6	Min 7	Min 8	Min 9	Min 10
Se mantiene Concentrado	Mueve el sensor del leap	Adecuada Concentración y Mueve el sensor	retira la mano cuando aparecen las figuras a memorizar	Adecuada Concentración	Frustración por que el sensor no lo detecta. Voltea a otro lado	Cansancio	Acomoda el Sensor del Leap Mueve un poco la diadema	Aburrimiento	Se distrae, voltea hacia la puerta, vuelve a mover el sensor desesperación

Estímulos

Problemas técnicos

Opinión del juego: Agrado por el juego

Observaciones Generales: Poca gesticulación

Score final		Aciertos		Errores	

Aplicador(es)

Figura 7. Muestra de un ejercicio de análisis psicológico de un video.

Del análisis de cada bitácora se observaron principalmente los datos de la Tabla 2, que posteriormente fueron analizadas conjuntamente con la información obtenida de las señales de la suite afectiva generada por la Suite Afectiva.

Tabla 2. Estados que percibe el psicólogo.

Estado a observar	**Dato a registrar**
Estado de animo	Alegre Triste Cansado(a) Enojado(a)
Estado afectivo	Frustración Entusiasmo

	Aburrimiento Concentración Distracción

#2. Análisis de los Estados Afectivos a través del software Emotiv Control Panel durante la ejecución de un juego.

Durante cada sesión de juego se graban con Camtasia las gráficas que representan las señales leídas por la BCI a través del software Emotiv Control Panel dentro de la Suite Afectiva (Figura 8). El dispositivo Emotiv registra 128 muestras de EEG por segundo con una resolución de 16 bits para todos los canales. Las señales detectadas son utilizadas por el sistema de procesamiento de Emotiv para la clasificación y la detección de los estados afectivos. La Suite Afectiva convierte estas señales en representaciones gráficas que facilitan la interpretación de los estados afectivos.

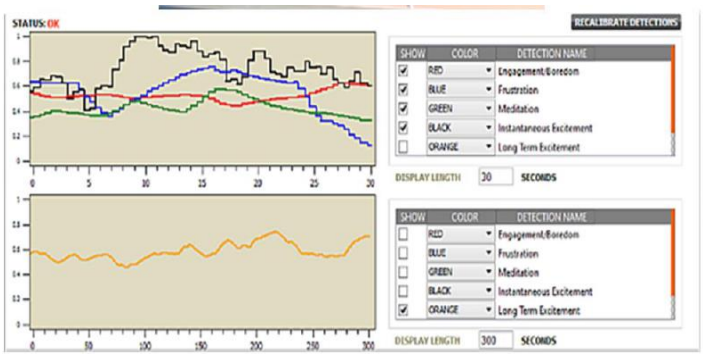


Figura 8. Secuencia grabada de la Suite Afectiva.

Para determinar los niveles de frustración, de inmersión / aburrimiento, y entusiasmo se analizó la representación gráfica que genera la Suite Afectiva mientras el participante estaba jugando y que quedó grabada en video. Se definieron cinco niveles según la intensidad de cada uno de los estados afectivos y se asignó un valor numérico a cada nivel, desde "1" para los casos en los que un estado afectivo ocurre con muy baja intensidad a "5" cuando un

estado afectivo se presenta muy intensamente. Con base en esta observación se tomó de cada minuto el nivel más preponderante en este periodo hasta completar los 10 minutos de juego; se repite este procedimiento para todas las señales de la gráfica que representa cada uno de los estados afectivos. Se hizo un registro para cada participante (Figura 9). Para identificar el nivel del estado afectivo analizado más preponderante se considera la media de los valores asignados a cada uno de los periodos de tiempo.

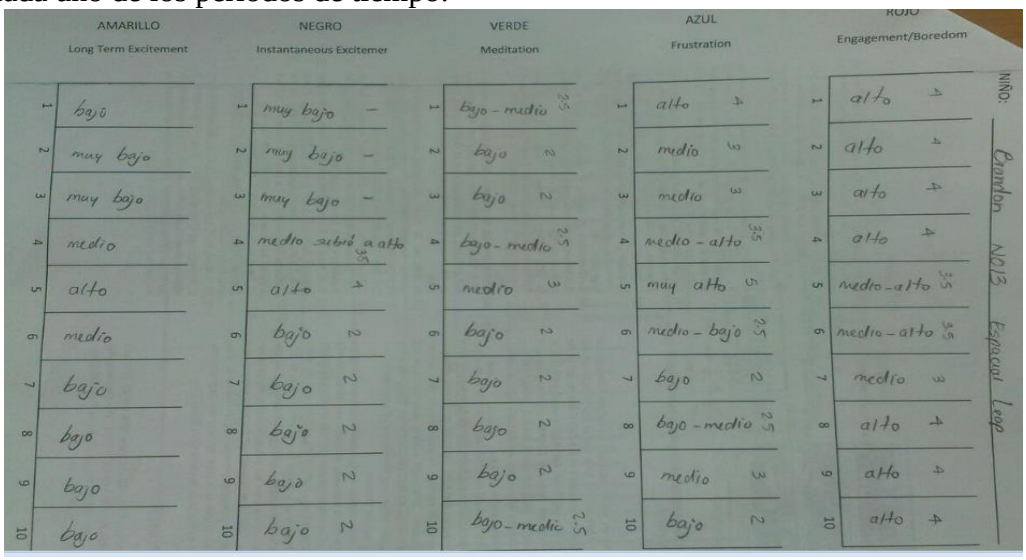
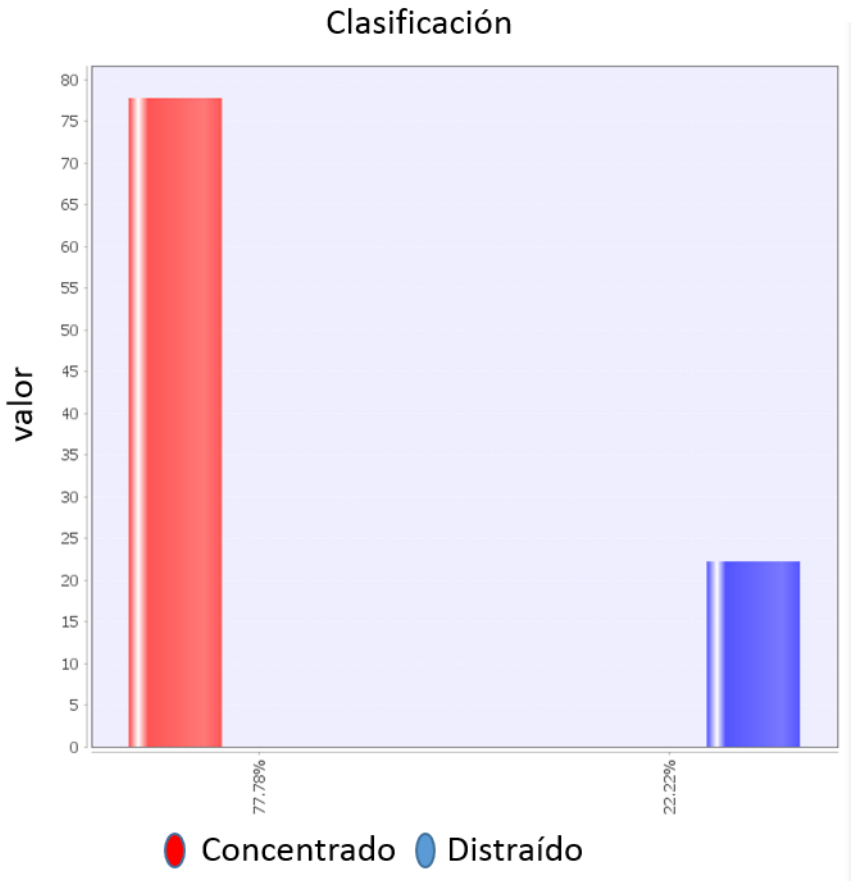


Figura 9. Muestra de la bitácora llenada al analizar la Suite Afectiva.

#3. Análisis de los Estados Afectivos a través del clasificador Naive Bayes durante la ejecución de un juego.

OpenVibe recibe las señales de la BCI Emotiv EPOC, las clasifica en ondas cerebrales alfa, beta, theta y delta y las almacena en archivos .cvs. Estas señales alimentarán el clasificador de EEG Naive Bayes para darnos como resultado el porcentaje de tiempo que el participante dura concentrado y/o distraído durante una sesión de juego.

En la Gráfica 1 se muestra un ejemplo de la información proporcionada por el clasificador Naive Bayes para un niño durante una sesión de juego.



Gráfica 1. Porcentaje de tiempo en que el participante presentó los estados de concentración y distracción durante una actividad educativa.

2.3.2 Análisis del desempeño con base en la puntuación obtenida en el juego

KAPEAN durante cada actividad almacena un registro tipo bitácora que contiene los datos más relevantes del juego como son el momento en que da un clic sobre un objeto indistintamente sobre un acierto o error, la figura sobre la que pulso el clic y la puntuación acumulada (Figura 10). De esta información se extrae la cantidad de aciertos y errores, la puntación final, se calcula el tiempo máximo que duró el participante en dar un clic, el promedio de éste. Esto nos permite evaluar el desempeño del participante en la actividad educativa que está realizando.

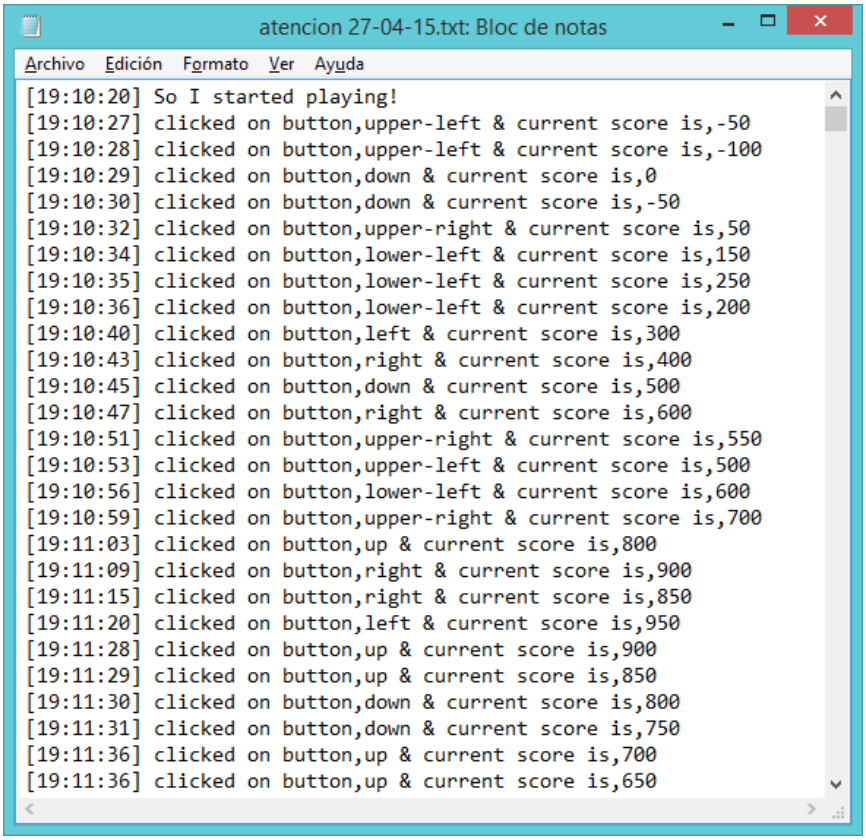


Figura 10. Pantalla del registro del juego viso espacial.

2.3.3 Análisis de las encuestas de salida para medir la percepción del participante en cuanto la atención y satisfacción de un juego

Con el fin de medir la percepción que el participante expresa de sí mismo, se desarrolló una encuesta de salida que contiene dos conjuntos de aseveraciones relacionadas con la Satisfacción y Atención. Se utilizaron cinco puntos de la escala tipo Likert la cual nos permite medir actitudes y conocer el grado de conformidad de una actividad. Cada uno de los cinco puntos tiene un valor numérico como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Valor numérico para las aseveraciones de la encuesta.

1 = nunca
2 = casi nunca
3 = algunas veces
4 = muchas veces

5 =siempre

Debido a las dificultades de comprensión que presentaron los niños con TDAH, se decidió ocultar en las encuestas la frecuencia “3 = algunas veces” por considerarla neutra ya que a los niños les generó confusión para ubicar la aseveración en ese nivel, sin embargo para fines estadísticos si se consideró.

Las respuestas de los conjuntos de preguntas fueron analizadas mediante el alfa de Cronbach para verificar consistencia interna. En la escala de Atención se manejaron 3 ítems que incluyen elementos tales como "Mientras jugaba estuve viendo para otro lado" con α = 0.78. La escala de Satisfacción incluye 3 ítems tales como "me habría gustado seguir jugando más tiempo" con α = 0.92. Esto demuestra que la escala utilizada para medir la Satisfacción y la Atención tiene una buena consistencia interna. Tres ítems fueron retirados debido a la baja fiabilidad (se cruzaron cargas factoriales y correlaciones residuales), dos ítems de la escala original de 5 ítems de atención y 1 de la escala original de satisfacción (originalmente de 4 ítems).

2.3.4 Análisis de la preferencia del participante entre Juegos Digitales e Impresos

Con el fin de seleccionar el tipo de prueba a utilizar para validar la preferencia entre la versión digital e impresa fue necesario revisar el contexto del experimento.

Este análisis se realizó con un solo grupo de 15 niños utilizando el juego de memoria en sus versiones manual y digital (dos tratamientos). Las variables consideradas para este análisis se obtuvieron de dos fuentes distintas que fueron las encuestas de salida que reflejan la percepción que el propio participante tiene y las señales EEG de la suite afectiva que muestran la actividad cerebral; esto con la finalidad empatar ambas fuentes.

De las encuestas se tomaron las siguientes variables: atención manual (AM), atención digital (AD), satisfacción manual (SM), satisfacción digital (SD). De la suite afectiva se tomaron: frustración manual (FM), frustración digital (FD), entusiasmo manual (EM), entusiasmo digital (ED), inmersión / aburrimiento digital (EBD) e inmersión / aburrimiento manual (EBM).

Se evaluó la dispersión de los datos para identificar su normalidad con el software SSPS. Como puede verse en la Figura 11, las variables no tienen el mismo valor de sigma (desviación estándar) alrededor de la media. Esto significa que es una distribución no normal y por lo tanto se debe elegir un modelo no paramétrico, y como tenemos dos tratamientos digital e impreso a comparar los datos resultantes pueden ser reconocidos como datos apareados. Por estas razones, se decidió utilizar la prueba de Wilcoxon.

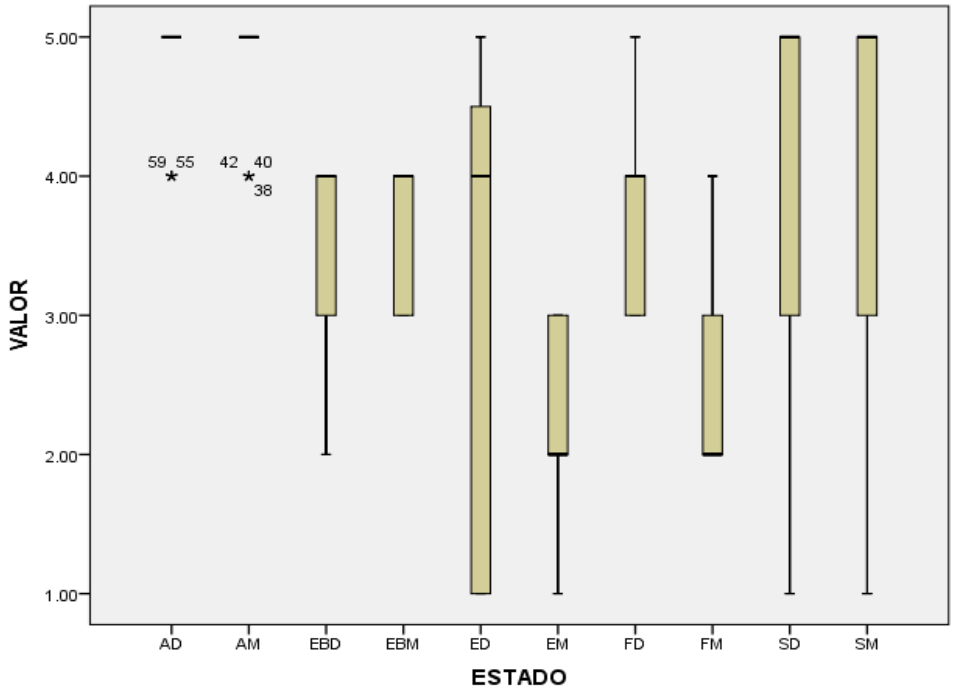


Figura 11. Diagrama de caja de las variables del experimento.

SM Satisfacción Manual
SD Satisfacción Digital
AM Atención Manual
AD Atención Digital
FM Frustración Manual
FD Frustración Digital
EM Emoción Manual
ED Emoción Digital
EBM Inmersión / Aburrimiento Manual
EBD Inmersión / Aburrimiento Digital

De los valores de las encuestas considerando las preguntas relacionadas con los estados afectivos de atención y satisfacción en el juego, previamente validadas con el alfa de Cronbach, se calculó la mediana para cada uno de ellos. De la suite afectiva se calcula la mediana para los estados afectivos que son frustración, inmersión / aburrimiento, y entusiasmo presentados en cada uno de los niños mientras juegan tanto la versión digital como

la impresa. Una vez obtenidos estos datos se someten al test de Wilcoxon en el software SPSS 20.0. Para esta prueba en cada estado afectivo se consideraron dos variables, la satisfacción en una versión manual (SM) contra la satisfacción en la versión digital (SD) del mismo juego. Lo mismo se hizo para el resto de los estados afectivos: atención manual (AM) con atención digital (AD), frustración manual (FM) con frustración digital (FD), entusiasmo manual (EM) con entusiasmo digital (ED) e inmersión / aburrimiento manual (EBM) con inmersión / aburrimiento digital (EBM). En las tablas 4 a la 10 se muestra a manera de ejemplo el proceso de análisis para la comparación de frustración manual (FM) y frustración digital (FD) en SPSS 20.0. De la misma manera se procedió para el resto de los estados afectivos.

Tabla 4. Resultados estadísticos respecto a los datos FM y FD.

		FM	FD	Diferencia
N	Válidos	15	15	15
	Perdidos	0	0	0
Media		2.47	3.80	-1.3333
Desviación típica.		.640	.676	1.17514
Varianza		.410	.457	1.381

N número de sujetos
FM Frustración manual
FD Frustración Digital

Tabla 5. Tabla de frecuencia para FM.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	2	9	60.0	60.0	60.0
	3	5	33.3	33.3	93.3
	4	1	6.7	6.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

FM Frecuencia Manual

Tabla 6. Frecuencia para FD.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado

Válidos	3	5	33.3	33.3	33.3
	4	8	53.3	53.3	86.7
	5	2	13.3	13.3	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

FD frecuencia Digital.

Tabla 7. Diferencias calculadas para FM y FD.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	-3.00	2	13.3	13.3	13.3
	-2.00	6	40.0	40.0	53.3
	-1.00	3	20.0	20.0	73.3
	.00	3	20.0	20.0	93.3
	1.00	1	6.7	6.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

FM Frecuencia Manual
FD Frecuencia Digital

Tabla 8. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra.

		FM	FD	Diferencia
N		15	15	15
Parámetros normales[a,b]	Media	2.47	3.80	-1.3333
	Desviación típica	.640	.676	1.17514
Diferencias más extremas	Absoluta	.367	.283	.248
	Positiva	.367	.250	.248
	Negativa	-.233	-.283	-.152
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.422	1.096	.961
Sig. asintót. (bilateral)		.035	.181	.314

a. La distribución de contraste es la Normal.
b. Se han calculado a partir de los datos.
Sig. asintót. (bilateral) Es el P-valor para ver la normalidad de los datos de la prueba.

Tabla 9. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
FD - FM	Rangos negativos	1[a]	2.50	2.50
	Rangos positivos	1[b]	6.86	75.50
	Empates	3[c]		
	Total	15		

a. FD < FM
b. FD > FM
c. FD = FM

Tabla 10. Estadísticos de contraste[a]

	FD – FM
Z	-2.915[b]
Sig. asintót. (bilateral)	.004

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
b. Basado en los rangos negativos.
Z Valor de la prueba Wilcoxon
Sig. asintót. (bilateral) Valor de P.

Esta información nos permitió con base al método estadístico antes planteado, validar el resultado de la preferencia de los participantes ya sea la versión digital o impresa.

Capítulo 3: Resultados

En esta sección presentamos algunos resultados de la experiencia de los niños al jugar KAPEAN. Este software educativo integra cuatro actividades tipo juego denominados atención, razonamiento, memoria y proceso viso espacial. El juego de memoria prueba las habilidades del participante para recordar objetos, el viso espacial evalúa cómo es procesada la información visual de un participante cuando lleva a cabo las relaciones espaciales entre los objetos, el juego atención exige la aplicación de habilidades de lógica y el juego de razonamiento requiere la aplicación del pensamiento racional del participante. Para el desarrollo de cada una de estas actividades el participante cuenta con una versión impresa y con una versión digital, esta última ofrece como medio de interacción al ratón o al Leap Motion. Para dar respuesta al planteamiento de comprender el cómo los niños con TDAH desarrollan una actividad que demanda en el participante habilidades cognitivas como las arriba mencionadas, analizamos los diferentes estados afectivos como frustración, emoción e inmersión / aburrimiento, así como su gesticulación. Tres elementos de interés que se reportan en este trabajo son:

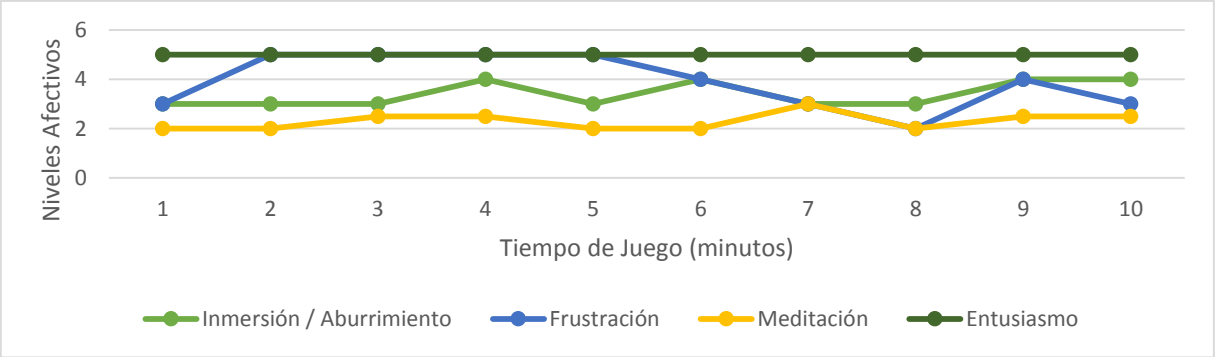
- Estados afectivos que los niños con TDAH exponen cuando se encuentran trabajando con una tarea educativa.
- Desempeño de los niños con TDAH al utilizar tecnología emergente o novedosa como el Leap Motion.
- Preferencia reflejada al jugar con las dos versiones de KAPEAN (Juegos digitales e impresos).

3.1 OBSERVACIÓN DE ESTADOS AFECTIVOS DURANTE LA INTERACCIÓN CON KAPEAN

3.1.1 Jugando con el módulo viso espacial usando el Leap Motion. Estados afectivos entusiasmo, frustración, inmersión / aburrimiento

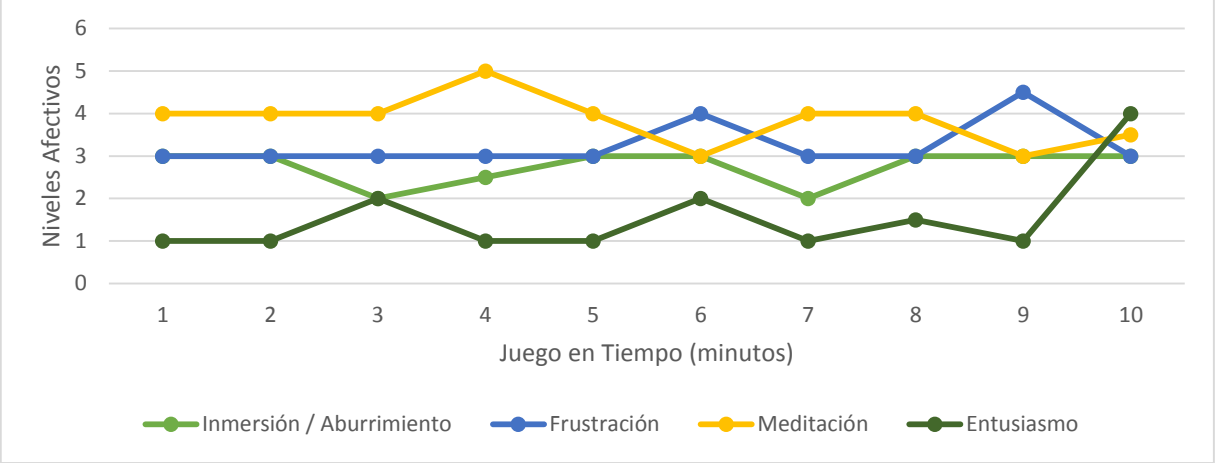
Para este análisis se tomaron los datos del juego viso espacial utilizando como medio de interacción el Leap Motion. Es decir se analizaron las gráficas proporcionados por la Suite Afectiva, el registro de la puntuación obtenida en el juego y el análisis psicológico.

En las gráficas 2 a la 8 se exponen para una muestra representativa de participantes, un análisis minuto a minuto de las variaciones de los niveles en los estados afectivos durante el juego.



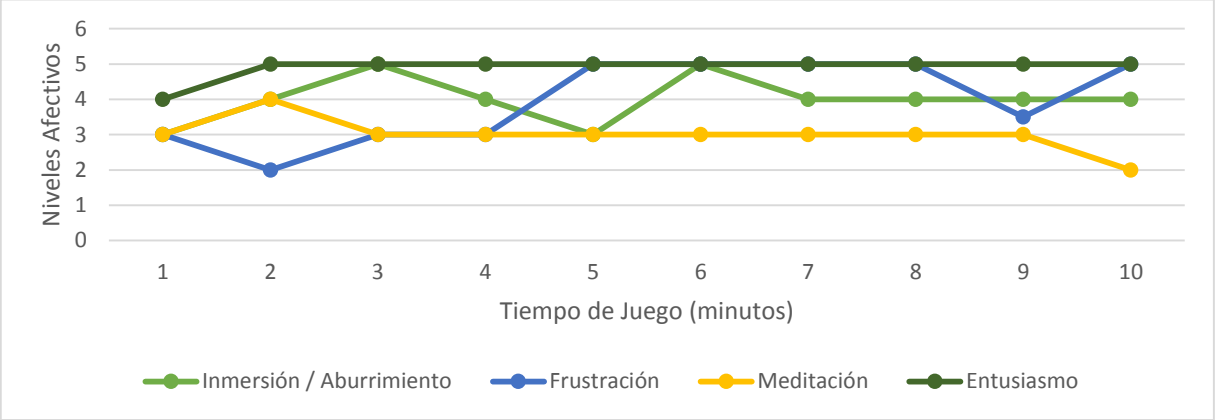
Gráfica 2. El participante N001 no muestra cambios emocionales a lo largo del juego. Él juega con un nivel "muy alto" de entusiasmo y parece estar conectado con el juego.

Muy bajo (1)
Bajo (2)
Medio (3)
Alto (4)
Muy Alto (5)



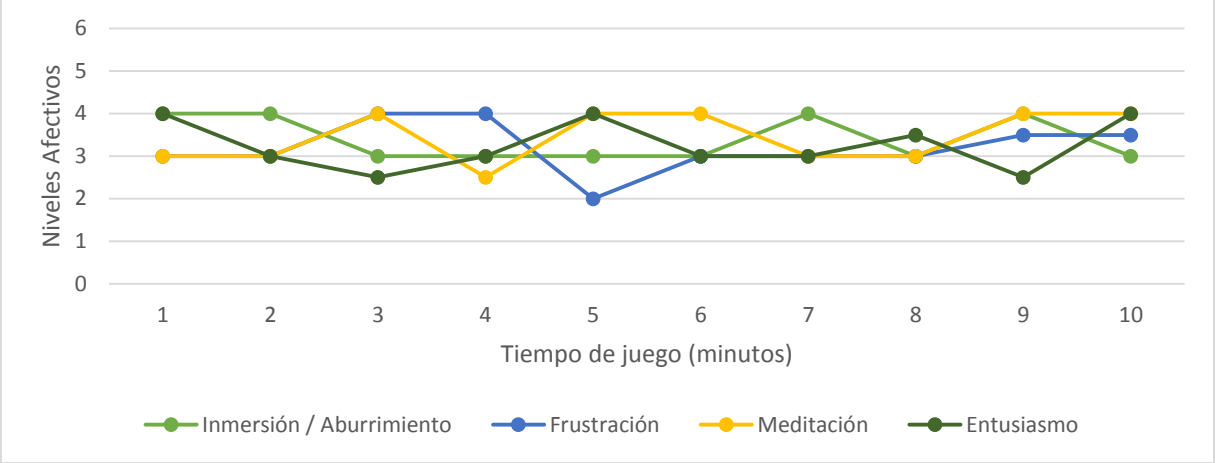
Grafica 3. El participante N002 mostró diferentes cambios emocionales a lo largo del juego. Él juega sin entusiasmo y a veces parece estar desconectado del juego.

Muy bajo (1)
Bajo (2)
Medio (3)
Alto (4)
Muy Alto (5)



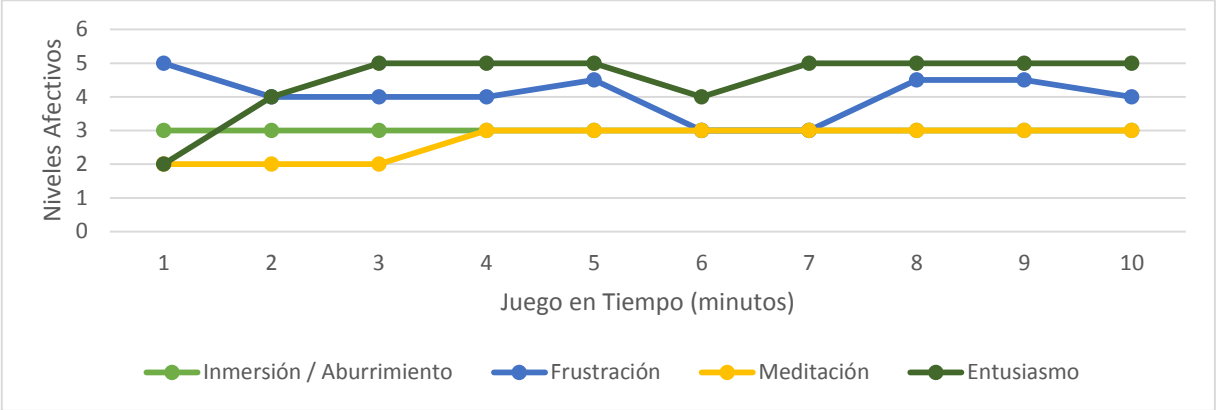
Grafica 4. El sujeto N007 muestra un alto nivel de Inmersión durante toda la actividad.

Muy bajo (1)
Bajo (2)
Medio (3)
Alto (4)
Muy Alto (5)



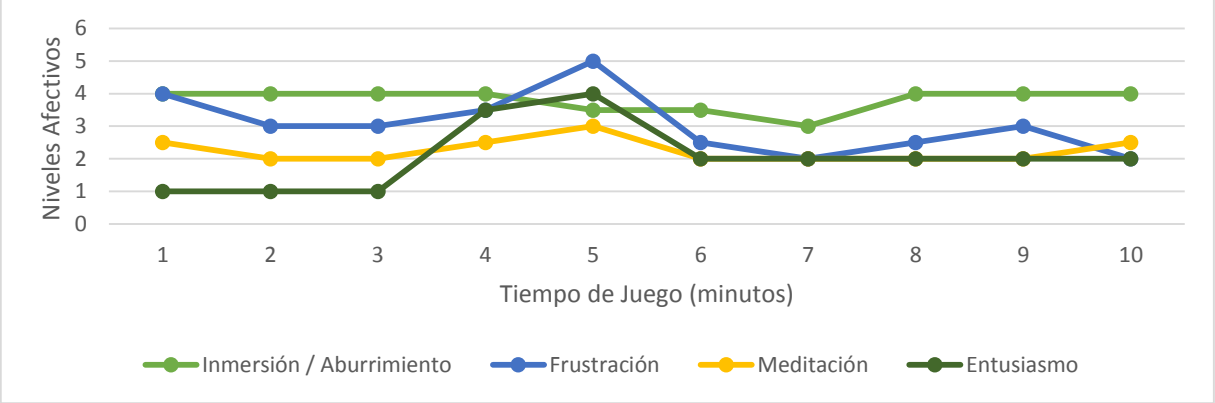
Grafica 5. El participante N008 observo en un nivel medio en sus estados afectivos.

Muy bajo (1)
Bajo (2)
Medio (3)
Alto (4)
Muy Alto (5)



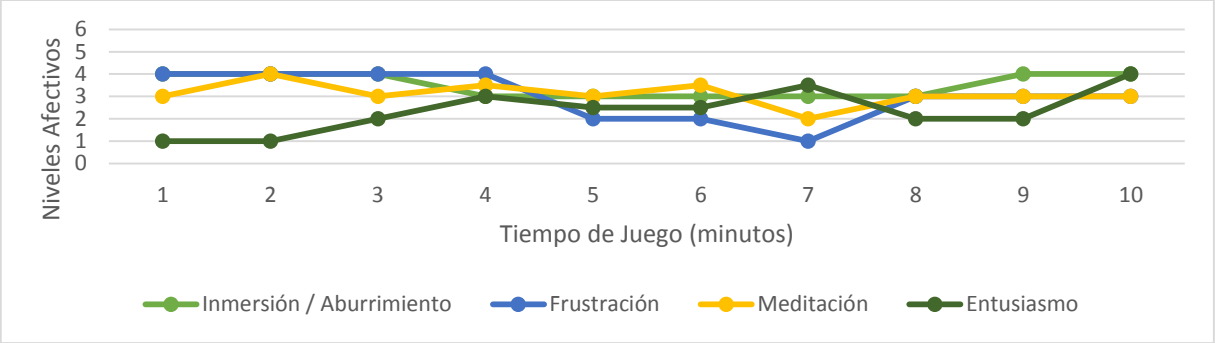
Grafica 6. El participante N009 muestra durante los 10 minutos un “alto” nivel de Entusiasmo.

Muy bajo (1)
Bajo (2)
Medio (3)
Alto (4)
Muy Alto (5)



Grafica 7. En el participante N013, se puede observar del minuto 4 al 10 como la Entusiasmo y la Frustración se comporta de la misma forma.

Muy bajo (1)
Bajo (2)
Medio (3)
Alto (4)
Muy Alto (5)



Grafica 8. El participante N016 muestra en general un nivel “medio” de Entusiasmo.

Muy bajo (1)
Bajo (2)
Medio (3)
Alto (4)
Muy Alto (5)

La tabla 11 muestra una concentración de los datos recopilados:

#1. Del análisis de las gráficas mostradas anteriormente, donde se identificó el nivel más preponderante para cada uno de los estados afectivos.

#2. Respecto al análisis psicológico se hizo un resumen de las observaciones registradas en las bitácoras.

#3. Del registro de la puntuación obtenida en el juego se calculó el desempeño tomando en cuenta la cantidad de aciertos en el total de ejercicios que logro solucionar el

participante. Cabe mencionar que todos los niños tienen diferencias significativas en el número total de ejercicios elaborados, esto debido quizá a su habilidad con su motor fino.

Tabla 11. Análisis de la Suite Afectiva, bitácoras de observación psicológica y puntuación registrada de los niños jugando el módulo viso espacial de KAPEAN con el Leap Motion.

Sujeto	Puntuación total	Total de ejercicios	Cantidad de aciertos	Porcentaje de aciertos (Desempeño)	Cantidad de errores	Porcentaje de errores	Observación	E	M	F	I/A
N001	6650	75	70	93.33	5	6.67	Llega cansada a la actividad, pero al minuto 3 presenta adecuada concentración, en el 4 se frustra, pero se logra enganchar con la actividad, solo juega hasta el minuto 9, porque al parecer se siente cansada.	5	2.3	3.9	3.4
N002	3450	72	47	65.28	25	34.72	Se mantiene concentrado pero verbaliza durante la sesión, en el minuto 3 se desespera con el leap, se frustra y lo demuestra físicamente y decide dejar de jugar. Este niñ@ siempre expreso que los juegos digitales no le gustaban.	1.55	3.85	3.25	2.75
N007	9100	112	98	87.5	14	12.5	Empieza el juego con adecuada concentración y la mantiene por 6 minutos, pero luego se aburre y muestra desinterés por la actividad.	4.9	3	3.9	4
N008	2050	31	24	77.42	7	22.58	Inicia la actividad distraído y presenta aburrimiento, se desespera y lo demuestra físicamente, deja de jugar y muestra mucha ansiedad y centra su atención en otros objetos de la sala.	3.2	3.4	3.2	3.4
N009	6500	80	70	87.5	10	12.5	Inicia la actividad y se desconcentra, se desespera con el leap y se frustra, pero logra engancharse nuevamente en la actividad, del minuto 7-10 se muestra desesperado con el leap.	4.5	2.7	4	3
N013	4650	54	49	90.74	5	9.26	Durante los primeros 5 minutos presenta aparente concentración, los 5 restantes le aburre la actividad, se frustra.	2	2.2	3	3.8
N016	6000	108	76	70.37	32	29.63	Inicia la actividad con una adecuada concentración pero se frustra y se desespera con el Leap y lo demuestra físicamente, en todo el resto de la sesión se encuentra molesto y cansado.	2.3	3.1	3	3.5

Muy alto
Alto
Medio
Bajo
Muy bajo

E= Entusiasmo
M=Meditación
F=Frustración
I/A=Inmersión / Aburrimiento

De las diferentes experiencias que los niños tuvieron con KAPEAN en el módulo de viso espacial con Leap se desprenden las siguientes reflexiones:

#1. Estados afectivos entusiasmo y frustración. Se analizan conjuntamente debido a que, según se muestra en la tabla anterior (Tabla 11), los niños que tienen mayor nivel de entusiasmo también reflejan niveles altos de frustración. Los participantes N001, N007 y N009 están en este caso y además sus niveles de desempeño alcanzados en el juego son de los más altos.

Un caso adicional es el del participante N002. Este participante refleja un nivel bajo de entusiasmo y nivel medio de frustración, además de un nivel muy bajo de desempeño. Esto permite observar que cuando no hay entusiasmo en el juego, se pierde el interés en el obtener un buen desempeño. En el análisis psicológico del video acerca de la gesticulación y verbalización de este participante (N002), se observa que batalla mucho con el uso de la tecnología, incluso muestra expresiones tales como "No te atores... escúchame... ¿Dónde estás... venga abajo ... no le gusta funcionar ... esta cosa no me deja jugar ... no, no, no puedo, es demasiado difícil ... " y decide dejar de jugar.

Respecto a la frustración en general de todos los participantes, según el análisis psicológico del video que evidencia algunos estados afectivos de los participantes, los niveles de frustración "altos" son generados por el uso de la tecnología, en este caso el Leap Motion, más no por la estrategia del juego en sí. A pesar de que a los participantes se les explica y entrena en el uso del Leap Motion, haciendo énfasis en que son sus dedos los que envían la señal al sensor, inconscientemente mueven la mano y en la mayoría de los casos se salen del área de sensibilidad del Leap Motion, generando como se mencionó antes, frustración por no poder acertar en el elemento correcto dentro del juego. Esto coincide con informes de la literatura en relación a los problemas de motricidad fina que se presentan en los niños con TDAH (Vidarte & et al, 2009).

Los resultados observados en esta parte del experimento son congruentes con lo reportado por la literatura, que indica que los individuos aprendemos en base a emociones tanto positivas como negativas, como en estos casos fueron el entusiasmo y la frustración.

#2. La señal de inmersión / aburrimiento se analiza de forma distinta al resto de los estados afectivos, para esta señal del nivel 3 hacia arriba se considera inmersión y del 3 hacia abajo aburrimiento. En general se puede observar respecto a estos estados afectivos que la mayoría de los niños presentan en un nivel aceptable de inmersión, lo que lleva a inferir que el juego es del agrado de los niños puesto que no presentan aburrimiento durante el desarrollo de la actividad.

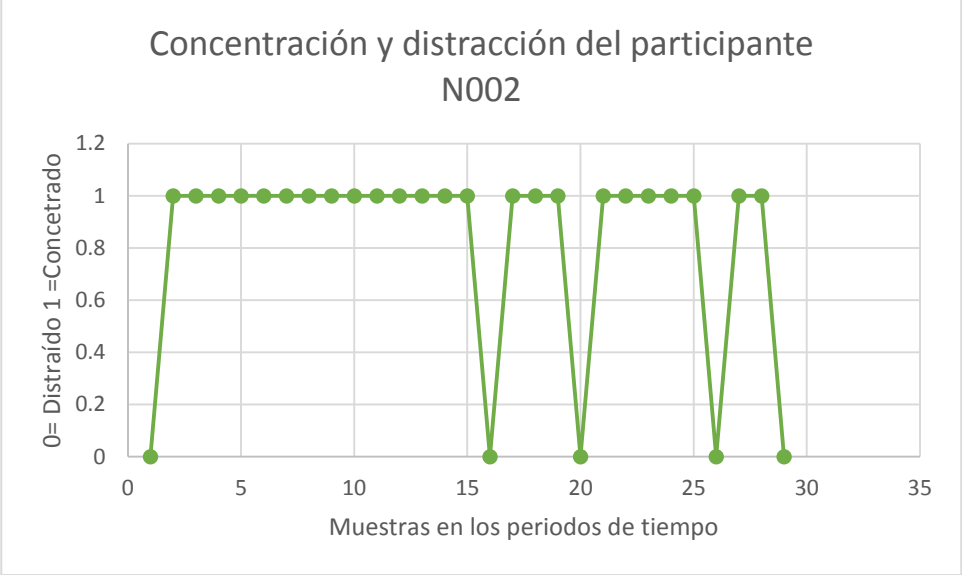
Con estos casos en particular se presupone que si los niños se encuentran inmersos en una actividad pueden concentrarse mejor al realizar esta tarea y si no se entusiasman o les agrada una actividad les es difícil llevarla a cabo.

3.1.2 Jugando con el módulo de Atención con el ratón. Estados afectivos de concentración y distracción

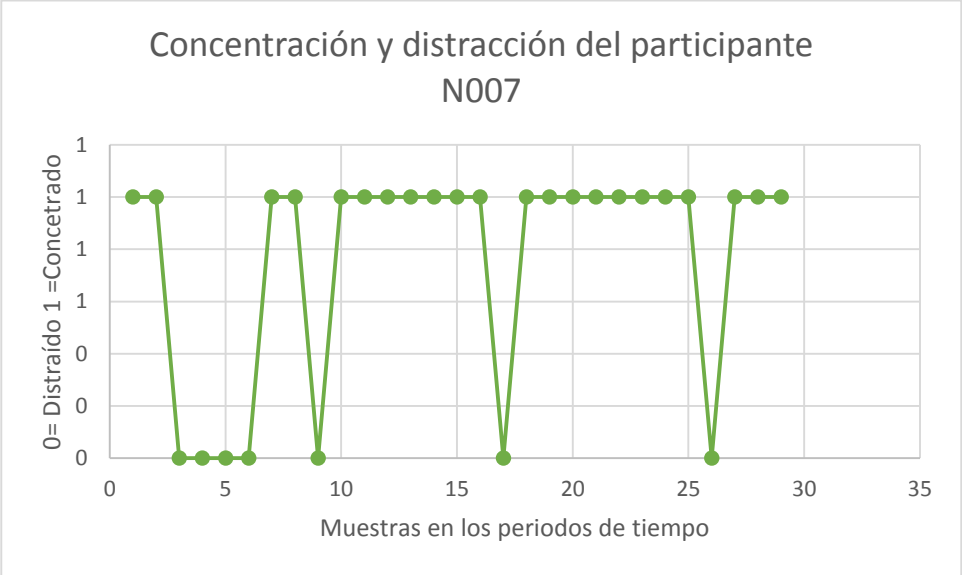
A diferencia del análisis del módulo viso espacial, en este apartado se toman en cuenta los datos obtenidos por OpenVive (señales alfa, beta, theta y delta) que alimentarán el software de clasificación EEG Naive Bayes desarrollado por el CENIDET. Este clasificador arrojó como resultado el porcentaje de tiempo que un participante permanece dentro de cada uno de los estados afectivos de concentración y distracción durante una actividad.

El clasificador EEG toma aproximadamente 30 muestras, una cada 20 segundos y con esto genera la gráfica que informa si el participante se concentró o se distrajo en la tarea y el número de muestra en el que sucedió cada uno de los eventos. Cabe aclarar que cada 3 muestras representan un minuto de juego.

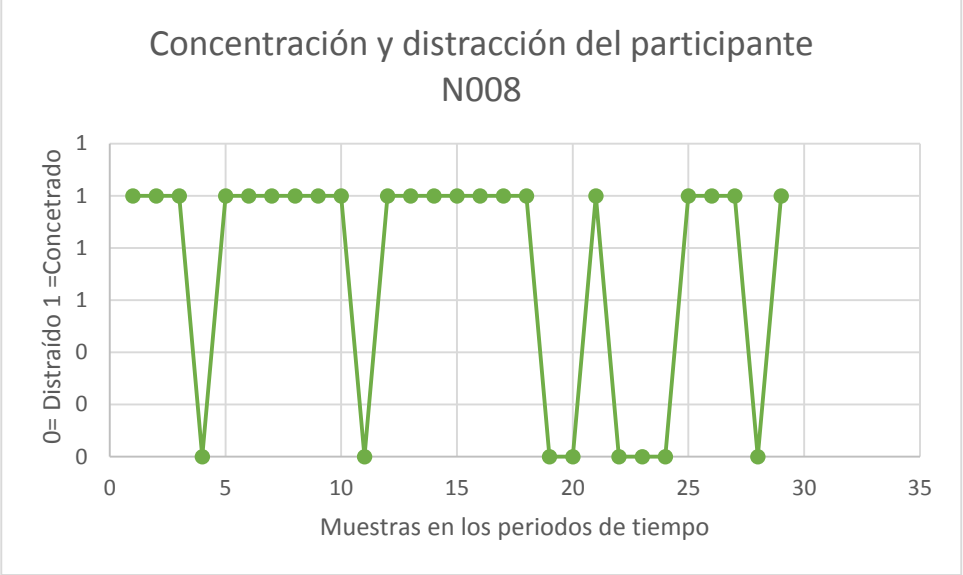
Las gráficas de la 9 a la 15 muestran el detalle de los momentos de estos estados afectivos representando la concentración con 1 y la distracción con un 0.



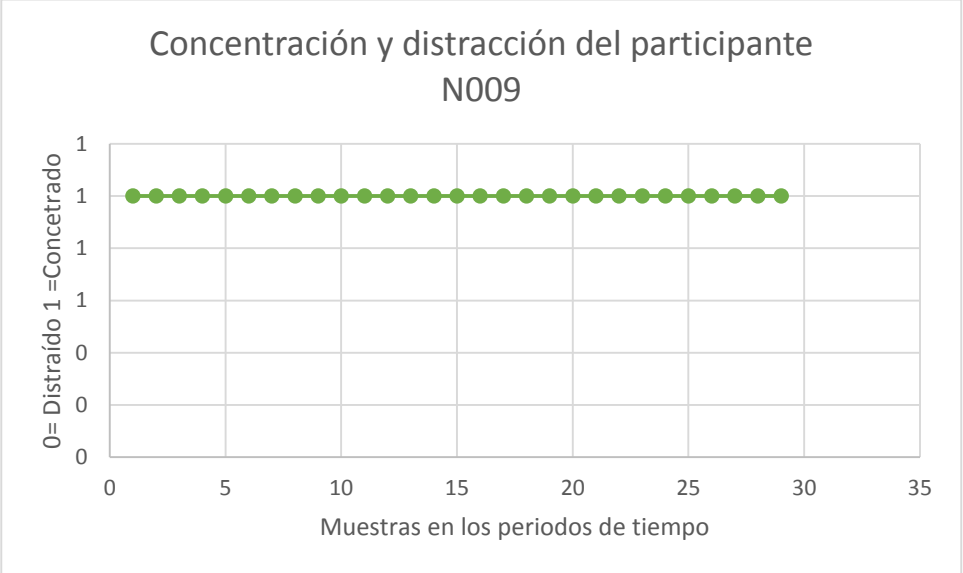
Gráfica 9. Periodos de concentración y distracción que el participante N002 presento durante la actividad de Atención con ratón.



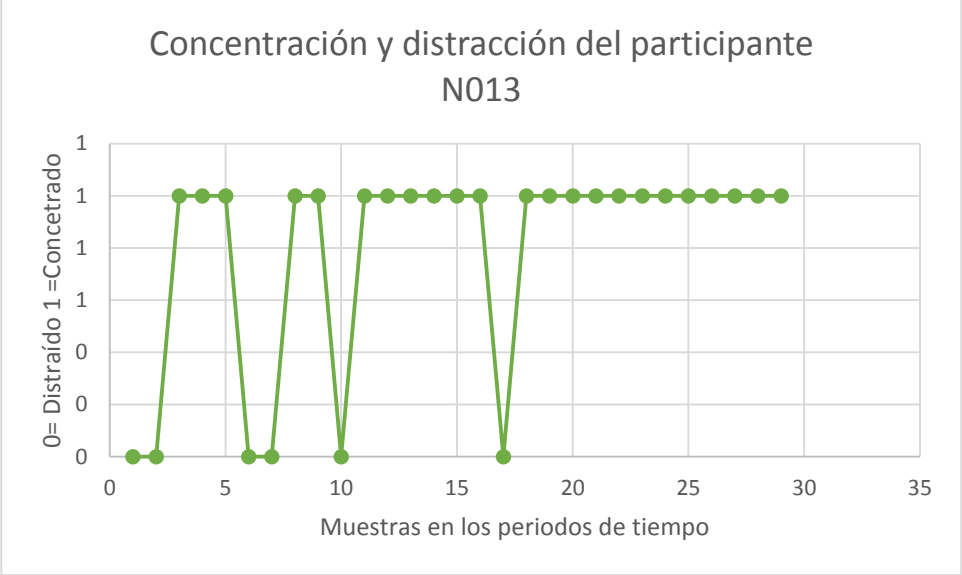
Gráfica 10. Periodos de concentración y distracción que el participante N007 presento durante la actividad de Atención con ratón.



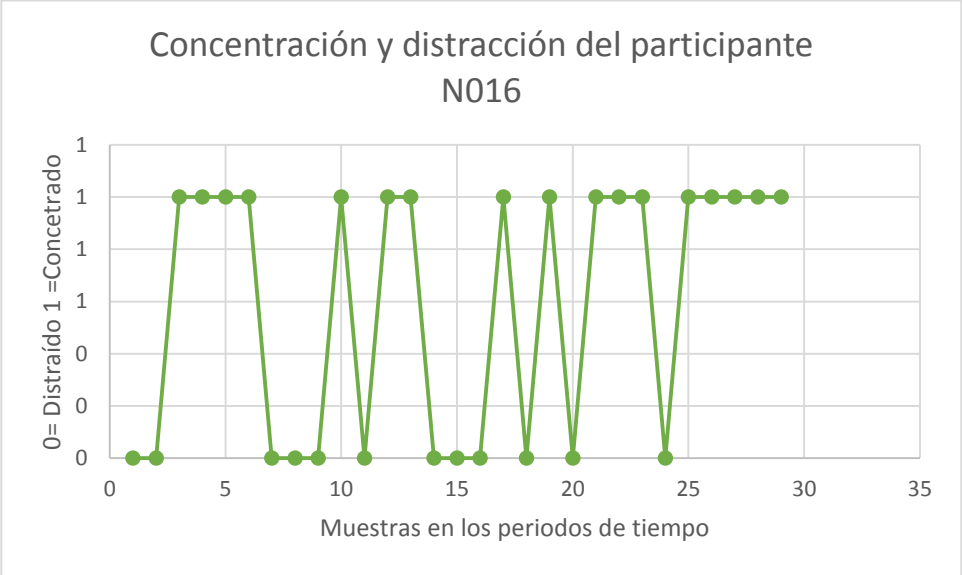
Gráfica 11. Periodos de concentración y distracción que el participante N008 presento durante la actividad de Atención con ratón.



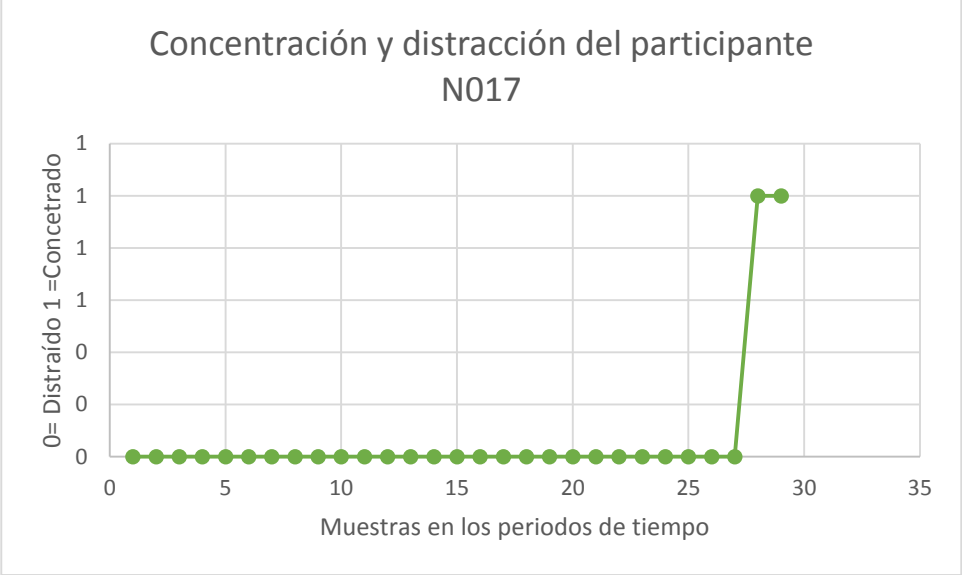
Gráfica 12. Periodos de concentración y distracción que el participante N009 presento durante la actividad de Atención con ratón.



Gráfica 13. Periodos de concentración y distracción que el participante N013 presento durante la actividad de Atención con ratón.



Gráfica 14. Periodos de concentración y distracción que el participante N016 presento durante la actividad de Atención con ratón.



Gráfica 15. Periodos de concentración y distracción que el participante N017 presento durante la actividad de Atención con ratón.

Así pues tenemos que en general los niños se pueden concentrar en una actividad educativa digital un buen porcentaje del tiempo (Tabla 12).

Tabla 12.Porcentajes de concentración y distracción durante el juego de Atención con ratón.

Sujeto	Porcentaje Concentrado	Porcentaje Distraído
N002	82.75	17.24
N007	75.86	24.13
N008	72.41	27.58
N009	100	0
N013	79.31	17.24
N016	58.62	37.93
N017	6.89	89.65

3.2 OBSERVACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS NIÑOS CON TDAH AL UTILIZAR DOS MEDIOS DE INTERACCIÓN EN UNA MISMA ACTIVIDAD. JUGANDO CON EL MÓDULO DE MEMORIA UTILIZANDO EL RATÓN Y EL DISPOSITIVO LEAP MOTION

Como se ha mencionado con antelación las actividades digitales KAPEAN tienen dos medios de interacción con el usuario el ratón y el Leap Motion, esta última es una tecnología con la cual los niños nunca han trabajado y requiere de mayor habilidad motora para manejarla. Es de nuestro interés saber el desempeño que los participantes logran al manejar una herramienta novedosa para ellos comparándola con una que ya es de su dominio.

Para analizar el dispositivo con el que los niños con TDAH lograron un mejor desempeño se tomó la puntuación total obtenida durante el juego de memoria en sus dos versiones Leap Motion y ratón, así como el porcentaje de aciertos y de errores (Tablas 13 y 14).

Tabla 13. Puntuación para el juego de memoria, en base al medio de interacción Leap Motion.

Sujeto	Puntuación Leap Motion	Cantidad de aciertos con Leap Motion	Cantidad de errores con Leap Motion	Porcentaje de aciertos con Leap Motion	Porcentajes de errores con Leap Motion
N001	1500	18	6	75.00	25.00
N002	1100	34	46	42.50	57.50
N007	2250	42	39	51.85	48.14
N008	1450	15	1	93.75	6.25
N009	2400	36	24	60.00	40.00
N013	2950	34	9	79.06	20.93
N016	3600	51	30	62.96	37.03

Tabla 14. Puntuación para el juego de memoria, en base al medio de interacción ratón.

Sujeto	Puntuación ratón	Cantidad de aciertos con ratón	Cantidad de errores con ratón	Porcentaje de aciertos con ratón	Porcentajes de errores con ratón
N001	4100	88	94	48.35	51.64
N002	2900	107	156	40.68	59.31
N007	10300	158	110	58.95	41.04
N008	10300	158	110	58.95	41.04
N009	10950	199	179	52.64	47.35
N013	9900	152	106	58.91	41.08
N016	15400	223	138	61.77	38.22

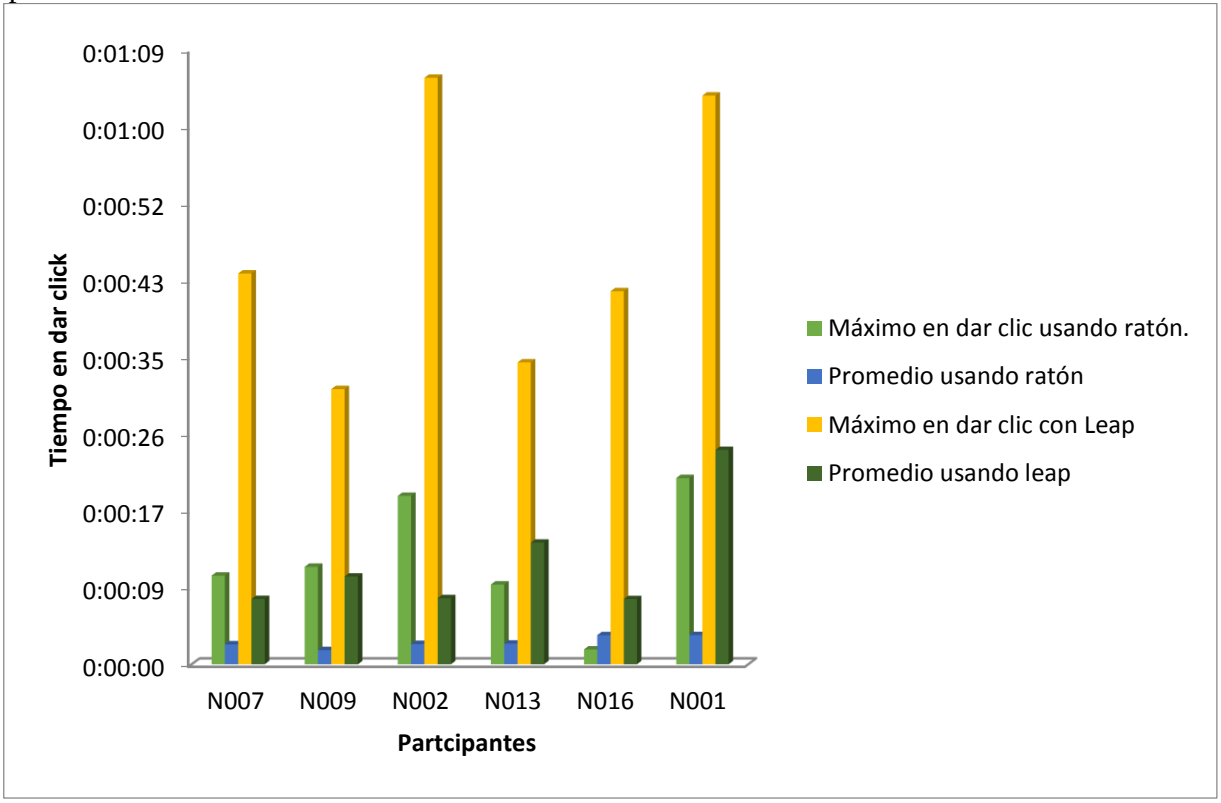
Como se puede observar en la Tabla 13 y 14 la mayor puntuación obtenida por los niños es cuando usan como medio de interacción el ratón, esto quizá se debe a la familiaridad que se tiene con el uso del este dispositivo, sin embargo, el mayor rendimiento se logra utilizando el Leap Motion (Tabla 15) esto a pesar de la dificultad que tienen los niños con TDAH en las actividades que involucran el motor fino y la poca familiaridad que tienen con el dispositivo Leap Motion. Tambien podemos inferir que el participante al estar usando como medio de interacción el ratón van dando clic lo más rápido que pueden sin repensar lo suficiente sus respuestas, quizás se debe al alto nivel de competitividad que los niños con TDAH manejan (reportado en la literatura), pues por su afán de ser aceptados o reconocidos quieren dar lo mejor de sí. En cambio con el Leap Motion aunque le es difícil manejarlo, ejecutan los ejercicios lentamente y se centran en la respuesta.

Tabla 15. Comparativa de rendimiento entre los dos medios de interacción Leap Motion y ratón.

Sujeto	Mejor rendimiento Leap Motion vs ratón	Diferencia Leap Motion vs ratón
N001	Leap	26.65
N002	Leap	1.82
N007	ratón	-7.1
N008	Leap	34.8

N009	Leap	7.36
N013	Leap	20.15
N016	Leap	1.19

También se puede observar (Gráfica 16) que en general los participantes tardaron más tiempo para dar un clic con el dispositivo Leap Motion que utilizando el ratón. Como se mencionó anteriormente esto puede deberse a la familiaridad con los dispositivos y/o a los problemas del motor fino.



Gráfica 16. Comparación del tiempo que utiliza para hacer un "clic" con el ratón o el Leap Motion al jugar el juego de memoria. Para N002, por ejemplo, se tardó más de un minuto para realizar una selección con el Leap Motion.

3.3 ANÁLISIS DE PREFERENCIA ENTRE MATERIAL DIGITAL E IMPRESO

En esta sección se muestra la evaluación de los estados afectivos de un niño mientras ejecuta el juego de memoria digital con Leap Motion. Se analizaron los estados afectivos de satisfacción, atención, frustración, inmersión/aburrimiento y entusiasmo en comparación con

el efecto de utilizar este mismo juego en su versión impresa. El estudio proporciona una visión de la versión de juego que prefieren los niños, digital o impresa.

3.3.1 Test de Wilcoxon para analizar preferencia de los participantes

La Tabla 16 presenta los valores de las medianas de los estado afectivos recopilados de las encuestas de salida y de la suite afectiva.

Tabla 16. Resultados de la recopilación de datos obtenidos.

Sujeto	SM	SD	AM	AD	FM	FD	EM	ED	EBM	EBD
N001	5	5	5	5	2	4	2	5	3	4
N002	1	1	5	5	4	3	1	1	3	2
N003	5	5	5	5	3	3	2	4	4	3
N004	5	5	5	5	2	4	2	4	3	3
N005	5	5	5	5	2	5	2	1	4	4
N006	5	3	5	5	3	4	3	5	4	4
N007	5	4	5	5	2	5	1	1	3	3
N008	5	5	4	5	2	4	3	5	4	3
N009	3	5	5	5	2	3	2	1	3	4
N010	3	3	4	4	3	3	2	1	4	4
N011	4	4	5	5	2	4	2	2	4	3
N012	5	5	4	4	3	3	3	2	4	4
N013	5	5	5	5	2	4	3	4	4	4
N014	1	1	5	4	3	4	3	4	4	4
N015	2	2	5	5	2	4	3	5	4	3

SM Satisfacción Manual
SD Satisfacción Digital
AM Atención Manual
AD Atención Digital
FM Frustración Manual
FD Frustración Digital
EM Emoción Manual
ED Emoción Digital
EBM Inmersión/Aburrimiento Manual

La tabla 17 muestra la cantidad de sujetos válidos para el análisis de los datos y el valor de la mediana calculada considerando a todos los niños para cada una de las variables. Observando los valores de la mediana en dicha tabla se puede inferir, a simple vista, un diagnóstico previo de la preferencia de la versión, sin embargo dicho diagnóstico debe ser confirmado con el test de Wilcoxon.

Tabla 17. Valores de la media para cada variable.

	SM	**SD**	**AM**	**AD**	**FM**	**FD**	**EM**	**ED**	**EBM**	**EBD**
N Valido	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Faltantes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana	5.00	5.00	5.00	5.00	2.00	4.00	2.00	4.00	4.00	4.00

SM Satisfacción Manual
SD Satisfacción Digital
AM Atención Manual
AD Atención Digital
FM Frustración Manual
FD Frustración Digital
EM Emoción Manual
ED Emoción Digital
EBM Inmersión/Aburrimiento Manual
EBD Inmersión/Aburrimiento Digital

Observando los valores de las medianas de FM=2.0 y FD=4.0 mostradas en la tabla 17, se puede inferir que hay una diferencia importante en la estado afectivo de frustración mediante el uso de las actividades KAPEAN en sus dos versiones. Se aplicó el test de Wilcoxon para validad estadísticamente estos resultados. En dicho test con un nivel de significancia $\alpha < 0.05$, los juegos digitales generan más frustración que los juegos impresos. La Tabla 18 muestra los valores obtenidos al ejecutar el test de Wilcoxon. El valor de P=0.004 resulta menor que 0.05 por lo cual se acepta la hipótesis alternativa que indica que los juegos digitales generan más frustración que los juegos impresos. Esto confirma lo previsto en la Tabla 17 respecto a estas variables.

Tabla 18. Valores del Test de Wilcoxon para validar hipótesis de FM y FD.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
FD - FM	Rangos negativos	1[a]	2.50	2.50
	Rangos positivos	11[b]	6.86	75.50
	Empates	3[c]		
	Total	15		

a. FD < FM
b. FD > FM
c. FD = FM

Estadísticos de contraste[a]

	FD – FM
Z	-2.915[b]
Sig. asintót. (bilateral)	.004

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
b. Basado en los rangos negativos.
Z Valor de la prueba Wilcoxon
Sig. asintót. (bilateral) Valor de P.

Para las variables de EM y ED, se realizó el mismo procedimiento con el Test de Wilcoxon, y se obtuvieron los resultados que muestra la Tabla 19 con P=0.045 lo cual indica que los juegos digitales generan mayor entusiasmo que los impresos.

Tabla 19. Valores del Test de Wilcoxon para validar hipótesis de EM y ED.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
ED - EM	Rangos negativos	4[a]	3.50	14.00
	Rangos positivos	8[b]	8.00	64.00
	Empates	3[c]		
	Total	15		

a. ED < EM
b. ED > EM
c. ED = EM

Estadísticos de contraste[a]

	ED – EM
Z	-2.004[b]

Sig. asintót. (bilateral)	.045

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
b. Basado en los rangos negativos.
Z Valor de la prueba Wilcoxon
Sig. asintót. (bilateral) Valor de P.

Después de ejecutar el test de Wilcoxon para el resto de las variables, se validó que las dos versiones digital e impresa se encuentran en el mismo nivel de satisfacción, atención e inmersión / aburrimiento, por lo tanto en estos estados afectivos no hay diferencia.

Capítulo 4: Conclusiones y trabajo futuro

Los juegos educativos para niños con TDAH son cada vez más importantes en los entornos de aprendizaje. La presente revisión pone de manifiesto que el TDAH es un trastorno complejo en el que están implicados no solo procesos cognitivos sino también afectivos.

Reconocer las emociones que están experimentando los niños con TDAH facilitará las interacciones educativas, una correcta identificación de sus estados afectivos nos permitirá ayudar a regularlas y controlarlas de tal manera que las emociones negativas como la frustración no sean impedimento para realizar de manera eficiente una actividad educativa. Concluimos según nuestro estudio de caso, que respecto a los estados afectivos, es posible inferir que un participante interactuando con Leap Motion va a presentar niveles altos de frustración durante una actividad. Este dispositivo les genera mayor frustración ya que requiere de su habilidad motora para operarlo debido a la capacidad que tiene para detectar eventos en las manos que se limita a aproximadamente 20 centímetros en ejes de X y Y tomando como referencia el centro del dispositivo. Dado esto, el jugador debe estar al tanto de la zona de detección, a fin de no perder la presencia del cursor en el área de visualización del juego. Además por sus problemas de atención les es difícil atender dos cosas al mismo tiempo, el área detección del Leap Motion y la estrategia del juego, sin embargo el entusiasmo que ponen por terminar la tarea encomendada y la satisfacción que le genera usar la tecnología novedosa le permite tener un buen desempeño en su sesión de juego.

Uno de los problemas de los niños con TDAH es la falta de concentración en una misma actividad, la cual se considera el elemento más importante para el aprendizaje ya que éste interfiere en el desarrollo académico. Concluimos respecto a este estado afectivo que con el desarrollo de una actividad que es agradable a los niños como lo es KAPEAN, éstos pueden lograr niveles adecuados de concentración en una actividad.

También se percibe que los niños con TDAH les es más grato trabajar con juegos digitales que manuales, esto no es de asombrarse pues los niños de hoy son básicamente "nativos digitales", es decir, desde que son pequeños están rodeados por todas las nuevas tecnologías que han aparecido con el paso de los años. Sienten atracción por todo lo relacionado con ellas.

Con respecto a las obras futuras, nos proponemos investigar e implementar las siguientes cuestiones:

1. Mejorar el aspecto de diseño de KAPEAN.
2. Realizar la adaptación del contenido del videojuego de acuerdo al estado afectivo reportado por la BCI, con la intención de mantener niveles adecuados en sus estados afectivos y con coadyuvar en el desempeño de las actividades educativas.
3. Realizar una comparativa respecto a los rubros de atención, razonamiento, memoria y proceso viso espacial antes y después de la interacción con KAPEAN aproximadamente 6 meses, que es lo recomendado por los especialistas en neurología para ver cambios significativos.
4. Analizar la totalidad de los datos adquiridos por cada participante para generar un reporte más detallado que sirva como apoyo en su tratamiento multidisciplinario.
5. Estudiar la forma de aplicar el proceso utilizado en esta investigación para evaluar los estados afectivos y cognitivos en diferentes grupos de usuarios.

Referencias

Alexander, M., Benson, D., & Stuss, D. (1989). Frontal lobes and language. Brain and Language, 37(4), p. 656-691.

Baddeley, A. (1992). Working memory. Science. 255(5044), p. 556-559.

Baker, R. S. J. d., D'Mello, S. K., Rodrigo, M. M. T., & Graesser, A. C. (2010). Better to be frustrated than bored: The incidence, persistence, and impact of learners' cognitive–affective states during interactions with three different computer-based learning environments. International Journal of Human-Computer Studies, 68(4), p. 223–241.

Barkley, R. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. Psychological Bulletin. 121(1), p. 65.

Cabada, R. Z., Estrada, M. L. B., Hernández, F. G., & Bustillos, R. O. (2014). Intelligent Tutoring System with Affective Learning for Mathematics. In *Human-Inspired Computing and Its Applications* (pp. 483-493). Springer International Publishing.

Chuang, T. Y., You, J. H., & Duo, A. (2010, August). Digital game design principles for spatial ability enhancement. In Frontier Computing. Theory, Technologies and Applications, 2010 IET International Conference on (pp. 122-127). IET.

Costa, R. da, Caralho, L. de, & Aragon, D. de. (1999). Ambientes Virtuais na Reabilitação Cognitiva.

Eriksen, B., & Eriksen, C. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. Perception & Psychophysics. 16(1), p. 143-149.

Forstner, B., Szegletes, L., Angeli, R., & Fekete, A. (2013). A general framework for innovative mobile biofeedback based educational games. 4th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2013 - Proceedings, p. 775–778.

García-Ogueta, M. (2001). Mecanismos atencionales y síndromes neuropsicológicos. Revista de Neurología. 32, p. 463-467.

García-Nonell, C., Artigas-Pallarés, & J. Rigau-Ratera, E., (2007). Relación entre capacidad de inteligencia límite y trastornos del neurodesarrollo. *Rev Neurol*, *44*(12), 739-44.

García, J. N., Marbán, J. M., Rodríguez, C., de Caso, A. M., Fidalgo, R., Arias-Gundín, O., González, L., Martínez-Cocó, B., Pacheco, D. I., Robledo, P., Díez, C. y Álvarez, M. L. (2007). Datos descriptivos sobre solapamiento de problemas atencionales y de hiperactividad e impulsividad en base a la escritura en alumnos con dificultades de aprendizaje. Boletín de Psicología, 91, 7-26.

Grodzinsky, G., & Diamond, R. (1992). Frontal lobe functioning in boys with attention-deficit hyperactivity disorder. Developmental Neuropsychology. 8(4), p. 427-445.

Hsieh, Y., Lin, Y., & Hou, H. (2015). Exploring Elementary-S chool Students' Engagement Patterns in a Game- Based Learning Environment. Educational Technology & Society, 18(2), p. 336–348.

Huster, R. J., Mokom, Z. N., Enriquez-Geppert, S., & Herrmann, C. S. (2014). Brain–computer interfaces for {EEG} neurofeedback: Peculiarities and solutions. International Journal of Psychophysiology, 91(1), p. 36–45.

INEGI. (2010). Distribución por Edad y Sexo: Población total por grupo quinquenal de edad según sexo, 1950 a 2010.

Jiang, L., Guan, C., Zhang, H., Wang, C., & Jiang, B. (2011). Brain computer interface based 3D game for attention training and rehabilitation. 2011 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, p. 124–127.

Jódar-Vicente, M. (2004). Funciones cognitivas del lóbulo frontal. Revista de Neurología, 39(2), 178-182.

Kotsia, I., Zafeiriou, S., & Fotopoulos, S. (2013, June). Affective gaming: A comprehensive survey. In *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2013 IEEE Conference on* (pp. 663-670). IEEE.

Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). Principles of Neural Science, Fifth Edition (fift ed.). McGraw-Hill Medical. New York.

Le, T., Do, N., & Torre, M. Della. (2006). Method and System for Detecting and Classifying Mental States. US Patent App. 11/531,238.

Lim, C. G., Lee, T. S., Guan, C., Fung, D. S. S., Zhao, Y., Teng, S. S. W., ... & Krishnan, K. R. R. (2012). A brain-computer interface based attention training program for treating attention deficit hyperactivity disorder.

Logie, R. (2014). Visuo-spatial working memory.

Lázaro, J. C. F., & Ostrosky-Solís, F. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias, 8(1), 47-58.

María Cinta Aguaded Gomez, & Traina, I. (Enero de 2012). Nuevos enfoques de aprendizaje en el uso de herramientas TICs en los diferentes contextos de la Unión Europea (UE). DIM: Didactica, Innovación y Multimedia (22).

M. J., & Siegenthaler, R. (2005). Problemática asociada al TDAH subtipo combinado en una muestra escolar. *Infancia y Aprendizaje*, *28*(3), 261-275.

Melero, J., & Hernández-Leo, D. (2014). A model for the design of puzzle-based games including virtual and physical objects. Journal of Educational Technology & Society, 17(3), 192–207Novak, E., & Johnson, T. E. (2012). Assessment of Student's Emotions in Game-Based Learning. In D. Ifenthaler, D. Eseryel, & G. Xun (Eds.), Assessment in Game-Based Learning. p. 379–399. Springer Science+Business Media New York.

Miller, G. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. Psychological Review.

Murphy, K., & Barkley, R. A. (1996). Attention deficit hyperactivity disorder adults: comorbidities and adaptive impairments. *Comprehensive psychiatry*,*37*(6), 393-401.

Parafita, R., Pires, G., Nunes, U., & Castelo-Branco, M. (2013). A spacecraft game controlled with a brain-computer interface using SSVEP with phase tagging. SeGAH 2013 - IEEE 2nd International Conference on Serious Games and Applications for Health, Book of Proceedings, p. 1-6.

Peirce, N., Conlan, O., & Wade, V. (2008). Adaptive Educational Games: Providing Non-invasive Personalised Learning Experiences. In 2008 Second IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning, p. 28–35. IEEE.

Pineda, D. (1996). Disfunción ejecutiva en niños con trastornos por deficiencia atencional con hiperactividad (TDAH). *Acta Neurológica Colombiana, 12*, 19-25.

Prins, P. J., Dovis, S., Ponsioen, A., Ten Brink, E., & Van der Oord, S. (2011). Does computerized working memory training with game elements enhance motivation and training efficacy in children with ADHD?. Cyberpsychology, behavior, and social networking, 14(3), 115-122.

Pires, G., Torres, M., Casaleiro, N., Nunes, U., & Castelo-Branco, M. (2011). Playing Tetris with non-invasive BCI. 2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2011, p. 1-6.

Polanczyk, G., De Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The worldwide prevalence of ADHD: A systematic review and metaregression analysis. American Journal of Psychiatry, 164(6), p. 942–948. doi:10.1176/appi.ajp.164.6.942Rao, R. P. N. (2013). Brain-Computer Interfacing: An Introduction. New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Peirce, N., Conlan, O., & Wade, V. (2008, November). Adaptive educational games: Providing noninvasive personalised learning experiences. In *Digital Games and Intelligent Toys Based Education, 2008 Second IEEE International Conference on* (pp. 28-35). IEEE.

Rodríguez, C., Álvarez, D., González-Castro, P., García, J. N., Álvarez, L., Núñez, J. C. & Bernado, A. (2009). TDAH y Dificultades de Aprendizaje en escritura: comorbilidad en base a la Atención y Memoria Operativa. *European journal of education and psychology*, *2*(3).

Robinson, R. G., & Benson, D. F. (1981). Depression in aphasic patients: frequency, severity, and clinical-pathological correlations. *Brain and Language*, *14*(2), 282-291.

Rao, R. P. N. (2013). Brain-Computer Interfacing: An Introduction. New York, NY, USA: Cambridge University Press

Romero-Ayuso, D. M., Maestú, F., González-Marqués, J., Romo-Barrientos, C., & Andrade, J. M. (2006). Disfunción ejecutiva en el trastorno por déficit de atención con hiperactividad en la infancia. Revista de neurología, 42(5), p. 265-271. Retrieved from

Saaty, T., & Ozdemir, M. (2003). Why the magic number seven plus or minus two. Mathematical and Computer Modelling. 38(3), p. 233-244.

Senn, J. A. (1996). *Análisis y Diseño de sistemas*. Mc Graw Hill, México.

Soler, C. L., & Sevilla, J. G. (1997). *Problemas de atención en el niño*. Ediciones Pirámide.

Saleh, M. S., Aljaam, J. M., Karime, A., & ElSaddik, A. (2012, June). Learning games for children with intellectual challenges. In Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 2012 International Conference on (pp. 1-5). IEEE.

Stuss, D., & Benson, D. (1984). Neuropsychological studies of the frontal lobes. Psychological Bulletin. 95(1), p. 3.

Stuss, D., & Knight, R. (2013). Principles of frontal lobe function. Oxford University Press.

Szegletes, L., & Forstner, B. (2013). An Introduction to a Neurofeedback - based Self - Rewarding Framework on Mobile Devices using Modern HCIs. INTERNATIONAL JOURNAL OF EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES, 1(7), p. 27–34.

Tajziehchi, M., & Rezazadeh, I. M. (2011). Investigating the effect of different reinforcement training scenarios in neurofeedback applications using forehead bioelectric signals. 2011 1st Middle East Conference on Biomedical Engineering, MECBME 2011, p. 122–125. http://doi.org/10.1109/MECBME.2011.5752080

Thomas, K. P., Vinod, a. P., & Guan, C. (2013). Enhancement of attention and cognitive skills using EEG based neurofeedback game. International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering, NER, p. 21–24. http://doi.org/10.1109/NER.2013.6695861

Tirapu-Ustárroz, J., & Muñoz-Céspedes, J. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. Rev Neurol, 41(8), p. 475-84.

Torres, D. R. (2011). REALIDAD AUMENTADA, EDUCACIÓN Y MUSEOS . ICONO 14.

Vidarte, J. A., Ezquerro, M., & Giráldez, M. A. (2009). Perfil psicomotor de niños de 5 a 12 años diagnosticados clínicamente de trastorno por déficit de atención/hiperactividad en Colombia. *Rev neurol*, *49*(2), 69-75.

Wang, Q., Sourina, O., & Nguyen, M. K. (2010). EEG-based "serious" games design for medical applications. Proceedings - 2010 International Conference on Cyberworlds, CW 2010, p. 270–276.

Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., & Wesslén, A. (2012). Experimentation in Software Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Yin, Robert K. (1994). Case Study Research: Design and Methods. Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

Apéndice 1

BCI EMOTIV EPOC

El dispositivo Emotiv está fabricado como una plataforma cerrada, la cual permite desarrollar aplicaciones para manipular señales EEG sin requerir de conocimientos previos en neurociencias, fisiología o ingeniería. Es neuroheadset inalámbrico de alta resolución para la aduisiscion y procesamiento de señales EEG. El registro se realiza a través de 14 canales correspondientes a 14 electrodos secos colocados en la parte superior de la cabeza de acuerdo con el sistema 10-20 de posicionamiento de electrodos para EEG, ilustrado en la Figura 12.

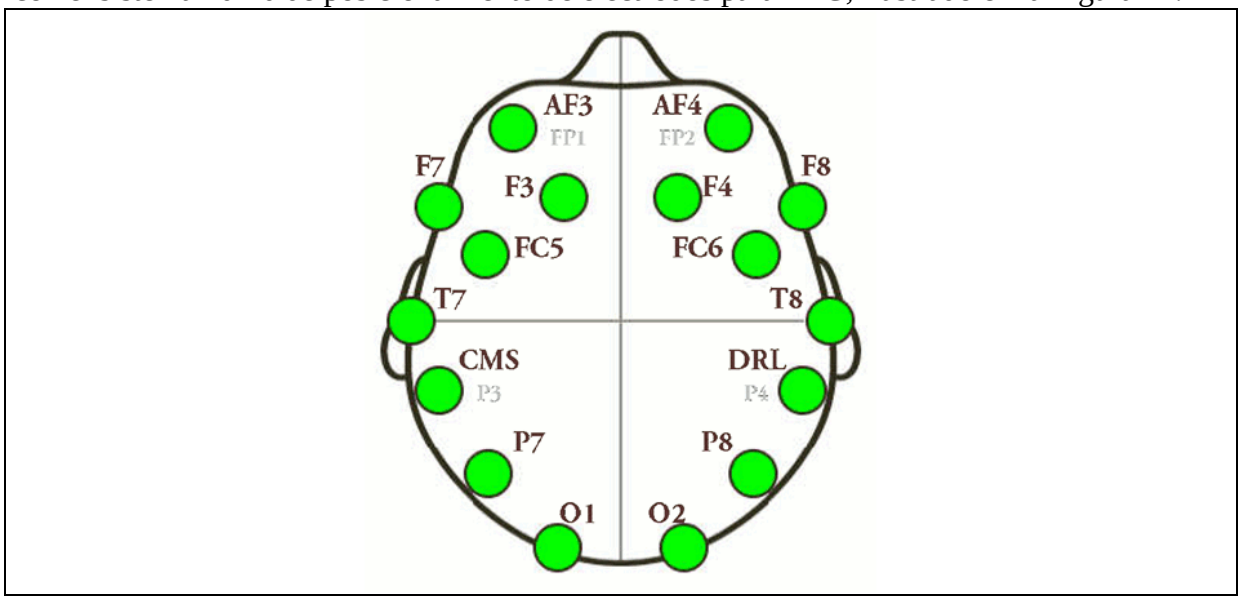


Figura 12. Ubicación de los electrodos según el sistema 10-20 para EEG.

Este sistema BCI en su hardware y software, cuenta con unidades de preprocesamiento y procesamiento para el reconocimiento de los diferentes estados o representaciones mentales del usuario. Este hardware posee tres filtros: un filtro pasa baja con un corte a 85 Hz, un filtro pasa alta con un punto de corte a 0.16 Hz y un filtro rechaza bandas en 50 y 60 Hz. Su tasa de muestreo es de 2048 Hz, pero se reduce a 128 Hz para la transmisión inalámbrica. El software consta de tres suites de detección, que se muestran en la Tabla 21.

Tabla 20. Suites de detección del software de Emotiv EPOC Control panel.

Suite	**Descripción**

Expressiv	Permite detectar gestos faciales.
Affectiv	Permite detectar estados emocionales del sujeto.
Cognitiv	Permite detectar estados cognitivos a partir de los pensamientos del sujeto.

Apéndice 2

Universidad Autónoma de Chihuahua

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Instituto José David A.C.

Encuesta KAPEAN

Nombre _____

Instrucciones: Marca con una X la respuesta que consideres más adecuada

1. Mientras jugaba estuve viendo para otro lado

   □Nunca □Casi Nunca □Muchas veces □Siempre

2. Estuve atento mientras jugaba

   □Nunca □Casi Nunca □Muchas veces □Siempre

3. Me distraje durante el juego

   □Nunca □Casi Nunca □Muchas veces □Siempre

4. Las instrucciones para jugar fueron claras

   □Nunca □Casi Nunca □Muchas veces □Siempre

5. Entendí lo que tenía que hacer en cada juego

   □Nunca □Casi Nunca □Muchas veces □Siempre

6. Pedí que me repitieran las indicaciones para jugar

   □Nunca □Casi Nunca □Muchas veces □Siempre

7. Me habría gustado seguir jugando más tiempo

   □Nunca □Casi Nunca □Muchas veces □Siempre

8. Me gustaría volver a jugar

   □Nunca □Casi Nunca □Muchas veces □Siempre

9. Quise dejar de jugar y hacer otra cosa

   □Nunca □Casi Nunca □Muchas veces □Siempre