

# Desarrollo de un sistema de apoyo en terapias cognitivas

## *Development of a support system in cognitive therapies*

**Resumo** —Este artículo presenta la propuesta de un sistema novedoso basado en una interfaz cerebro-computadora y un robot. El objetivo de este sistema es apoyar las terapias cognitivas de personas diagnosticadas con el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). Adicionalmente, se muestra una revisión de la literatura sobre trabajos similares al propuesto en este artículo con el propósito de identificar sus características, ventajas y desventajas. Finalmente, se presenta un conjunto de métricas de calidad aplicadas al sistema propuesto en este artículo.

**Palabras Clave** – *calidad del software; interfaz cerebro-computadora; robots sociales; terapias cognitivas.*

**Abstract** — This article presents a proposal of a novel system based on a brain-computer interface and a robot. The aim of this system is to support cognitive therapies for people diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). Additionally, a literature review of related work is presented in order to identify their characteristics, advantages and disadvantages. Finally, a set of quality metrics applied to the system proposed in this article is presented.

**Keywords** - *software quality; brain-computer interface; social robots; cognitive therapies.*

### I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de software han ido ganando presencia en muchas de nuestras actividades cotidianas, el día de hoy es casi imposible pensar en alguna actividad que no se beneficie del uso del software, las actividades pueden ser tan simples como ordenar una pizza por alguna aplicación de comida a domicilio, retirar dinero en el cajero, consultar una ruta mediante el GPS o comprar un boleto de avión y pueden ser tan complejas como enviar a los seres humanos al espacio. Esta complejidad en el software ha motivado a los desarrolladores a crear métodos y técnicas que faciliten el desarrollo de software y produzcan software de calidad, tal es el caso de la ingeniería de software.

La ingeniería de software es una disciplina que se hace presente en cada una de las etapas del desarrollo de software, desde la adquisición de requerimientos hasta el mantenimiento [1], [2]. El estándar IEEE 610.12 publicado en 1990 define a la ingeniería de software como la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable para el desarrollo, operación y mantenimiento del software. Como parte del enfoque sistemático y disciplinado de la ingeniería de software

se han propuesto metodologías de desarrollo, las cuales podemos clasificar como metodologías tradicionales y metodologías ágiles. Según las necesidades y características de cada proyecto que se desea desarrollar podemos optar por utilizar una metodología tradicional o una ágil. No obstante, podemos definir a las metodologías de desarrollo de software como un conjunto de normas utilizadas para desarrollar cada una de las etapas del desarrollo de software con el objetivo de incrementar el éxito del proyecto [3].

### II. CALIDAD DEL SOFTWARE

Una vez concluida la codificación del sistema debemos asegurarnos de que nuestro código no presente errores, es por ello que se realizan pruebas de software. Un componente clave del aseguramiento de la calidad del software son las pruebas de software [4], los tipos de pruebas de software se pueden clasificar en pruebas unitarias, de integración, de sistema y de aceptación. Las pruebas tienen el objetivo de encontrar las fallas, errores o requisitos faltantes en el software, durante las pruebas se evalúa y verifica que el sistema haga lo que se supone que debe hacer; la experiencia nos dice que el software debería ser probado minuciosamente para garantizar la calidad, la cual es un aspecto clave para el éxito del producto de software [5].

La calidad es un concepto subjetivo, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, por siglas en inglés) define la calidad como “*la totalidad de las funciones y características de un producto o servicio que afectan su capacidad para satisfacer necesidades específicas o implícitas*” [6], mientras que el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por siglas en inglés) la define como “*el grado en que un sistema, componente o proceso cumple con los requisitos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario*” [7]. Debido a la subjetividad de la calidad, se han establecido diferentes modelos que sirven como marco de referencia para medir la calidad objetiva, tal es el caso de la norma de calidad ISO/IEC 9126, establecida por la ISO en 1991, el marco para evaluar la calidad del software con el objetivo de decidir el modelo de calidad del software y un conjunto de lineamientos para medir la calidad.

En [8] se presenta un marco para evaluar la calidad del software, cuyo objetivo es decidir el modelo y un conjunto de

pautas para medir la calidad. El estándar propone 4 actividades principales:

1. Determinar el modelo de calidad del software,
2. determinar la calidad externa del software, que se refiere a la satisfacción del cliente,
3. determinar la calidad interna del software, que se refiere a la calidad vista desde la perspectiva del desarrollador y
4. determinar la calidad es uso, refiriéndose al nivel en que el sistema cumple con el propósito para el cual fue desarrollado [5].

Posterior a esta etapa se realiza el mantenimiento de software con la finalidad de modificar, corregir o actualizar el sistema una vez desarrollado de acuerdo con las necesidades del cliente. Existen diferentes tipos de mantenimiento, uno de ellos es el mantenimiento correctivo que tiene como objetivo principal localizar, corregir y eliminar defectos en el software que no fueron detectados durante la etapa de pruebas, el mantenimiento adaptativo que consiste el modificar el sistema con el fin de adaptarlo al entorno, un ejemplo de estas adaptaciones es el cambio inesperado de sistema operativo o la adaptación al hardware existente, otro tipo de mantenimiento es el mantenimiento perfectivo, que consiste en mejorar el sistema ya sea agregando nuevas funcionalidades o mejorando las existentes y finalmente hablaremos del mantenimiento preventivo, el cual permite modificar al sistema sin alterar su funcionalidad, por ejemplo, añadir comentarios al código para que sea más fácil entenderlo [9].

### III. TRABAJOS RELACIONADOS

En los últimos años, los tratamientos no farmacológicos, como las intervenciones conductuales y el entrenamiento cognitivo [10] [11], han sido una alternativa para evitar el uso de medicamentos en personas con TDAH. Además, la comunidad de investigación en ciencias de la computación y atención de la salud mental ha estado trabajando en conjunto en el desarrollo de nuevos sistemas tecnológicos para tratar el TDAH, como los videojuegos BCI [12], la realidad virtual [13], la realidad aumentada [14], la inteligencia artificial [15], [16], y la robótica [17]. Esta revisión del estado del arte se limita a revisar el estado actual del enfoque tecnológico basado en el uso de robots sociales en el tratamiento para el TDAH. Los estudios reportados en la literatura presentan una serie de proyectos recientes a gran escala (por ejemplo, [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24]). Estos proyectos han explorado la interacción niño-robot para ayudar a los niños con trastornos del desarrollo como el TDAH.

La Tabla I muestra los trabajos encontrados en la literatura de sistemas que buscan apoyar a niños y jóvenes con TDAH. Estos trabajos se clasificaron con respecto al tipo de aplicación propuesta de la siguiente manera: 1 artículo propuso una metodología para diseñar terapia asistida por robot, 2 artículos propusieron un sistema novedoso para apoyar el diagnóstico de TDAH y 14 artículos propusieron un sistema novedoso para apoyar terapias de rehabilitación para niños con TDAH.

Además, encontramos que algunos sistemas han sido diseñados para niños con TDAH que tienen una discapacidad de desarrollo adicional, como el trastorno del espectro autista (TEA), el trastorno de oposición desafiante (ODD), la parálisis cerebral (PC) y la discapacidad de aprendizaje. Además, la Tabla I muestra el tipo de robot social implementado en cada sistema propuesto y la señal de entrada o los sensores utilizados para evaluar el comportamiento de los niños. 11 sistemas usan robots humanoides como: Nao, Silbot, Robotis Bioloid, Pepper y Sanbot Elf, y solo 6 sistemas usan un robot personalizado. Finalmente, destacamos el tipo de ambiente utilizado en cada sistema. Puede ser virtual, real o híbrido. Este último indica que las personas interactúan con un robot físico, pero también interactúan con un software comúnmente alojado en un dispositivo secundario, como una computadora de escritorio, una computadora portátil o una tableta. 10 sistemas se basan en un entorno real y 7 se basan en uno híbrido. Ninguno de los sistemas identificados en la literatura se basa en un entorno puramente virtual.

El 94,11% (16/17) de los trabajos incluidos en esta revisión presentaban un estudio con niños. Estos estudios involucraron personas con diferentes características. Por ejemplo, 2 estudios involucraron solo a niños sanos, 1 estudio involucró a niños no diagnosticados con síntomas potenciales de TDAH, 4 estudios involucraron a niños sanos y niños con TDAH, 6 estudios involucraron a niños con TDAH y otras enfermedades del desarrollo, y 3 estudios involucraron solo a niños con TDAH.

TABLE I. RESUMEN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS ROBOTS SOCIALES PARA TRATAR EL TDAH

<i>Trabajo</i>	<i>Tipo de aplicación</i>	<i>Población objetivo</i>	<i>Tipo de robot</i>
[17]	Apoyar las terapias de rehabilitación	Niños sanos y niños con problemas de atención (incluidos los niños con TDAH)	Robot Atent@
[18]	Metodología para el diseño de la terapia asistida por robots	Niños con una forma diversa de TEA combinado con TDAH	Robot humanoide Nao
[19]	Apoyar el diagnóstico de TDAH	Apoyar el diagnóstico de TDAH	Robot humanoide Silbot
[21]	Apoyar las terapias de rehabilitación	Niños con TDAH, ASD, ODD y problemas de ansiedad	Robot cuidador (CARBO)
[25]	Apoyar las terapias de rehabilitación	Niños de jardín de infantes con TDAH	Robot humanoide Nao
[26]	Terapias de rehabilitación de apoyo	Niños con TDAH	Robot humanoide Sanbot Elf y gafas inteligentes de realidad aumentada
[27]	Terapias de rehabilitación de apoyo	Niños con TEA y TDAH	Robot humanoide Nao
[28]	Terapias de rehabilitación de apoyo	Niños con TEA y TDAH	Robot humanoide Nao
[29]	Terapias de rehabilitación de apoyo	Niños con TDAH	Robot humanoide Pepper

<i>Trabajo</i>	<i>Tipo de aplicación</i>	<i>Población objetivo</i>	<i>Tipo de robot</i>
[30]	Terapias de rehabilitación de apoyo	Niños con TDAH	Robot humanoide Sanbot Elf y gafas inteligentes de realidad aumentada
[31]	Terapias de rehabilitación de apoyo	Niños con parálisis cerebral (PC), niños con TEA, niños con TDAH y niños con otros trastornos que impiden una buena motricidad	Robot basado en un dispositivo háptico
[32]	Apoyo a las terapias de rehabilitación	Niños con posibles síntomas de una discapacidad del desarrollo	Robot If- bot
[33]	Apoyar terapias de rehabilitación	Niños con TDAH	Robot humanoide Bioloid
[34]	Terapias de rehabilitación de apoyo	Estudiantes con TDAH	Robot Kip3
[35]	Apoyar terapias de rehabilitación	Niños con TEA, TDAH y problemas de aprendizaje	Robot en el forma de esfera
[36]	Apoyar el diagnóstico de TDAH	Niños con TDAH	Robot humanoide Silbot

En la Tabla II se resaltan las características principales de los sistemas presentados en los trabajos relacionados y podemos observar que todos los trabajos seleccionados trabajan en un entorno real y hacen uso de un robot social, la mayoría de ellos se orientan al tratamiento de los niños con TDAH mientras que solamente 3 hacen uso de un electroencefalograma. Se observa también que predominan los sistemas orientados a un entorno real y algunos trabajan también consideran un entorno virtual.

TABLE II. TABLA COMPARATIVA DE LOS TRABAJOS RELACIONADOS

<i>Trabajo</i>	<i>Tratamiento del TDAH en niños</i>	<i>Uso de robot social</i>	<i>Uso de EEG</i>	<i>Entorno real</i>	<i>Entorno virtual</i>
[17]	*	*		*	*
[18]	*	*		*	
[19]		*		*	
[21]	*	*		*	
[25]	*	*		*	
[26]	*	*	*	*	*
[27]	*	*		*	
[28]	*	*		*	
[29]	*	*		*	*
[30]	*	*	*	*	*
[31]	*	*		*	
[32]		*		*	
[33]	*	*		*	
[34]	*	*		*	*
[35]	*	*		*	
[36]		*		*	

La revisión sistemática realizada en este trabajo permite conocer el estado actual de los sistemas basados en robots sociales para el tratamiento del TDAH. Se encontraron 17 sistemas basados en robots sociales. Según la funcionalidad de estos sistemas, los hemos clasificado en tres tipos: sistemas de diagnóstico, sistemas de entrenamiento cognitivo y sistemas de estudio del cerebro humano. De todos los sistemas identificados en la literatura, observamos que 2 sistemas se enfocaban en apoyar el diagnóstico de TDAH, 32 sistemas se enfocaban en apoyar terapias de rehabilitación cognitiva o conductual y 2 sistemas se enfocaban en apoyar el estudio de áreas cerebrales de personas con TDAH. Por otra parte, los resultados reportados en la literatura han demostrado el potencial de estos sistemas para apoyar tratamientos no farmacológicos de personas con TDAH o detectar TDAH en personas. Sin embargo, la comunidad de investigación centrada en estas tecnologías está de acuerdo con realizar más estudios para identificar tanto las ventajas como las desventajas del uso de estos sistemas en entornos clínicos reales.

#### IV. SISTEMA COGNIDRON-EEG

Las terapias asistidas por robots y programas de entrenamiento cerebral en niños son cada vez más populares, lo que proporciona beneficios para poblaciones con problemas neurológicos, tal es el caso de los pacientes pediátricos diagnosticados con un trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), siendo este un trastorno psiquiátrico y del neurodesarrollo que estadísticamente afecta a una población del 11% de los niños a nivel mundial [37].

Los niños diagnosticados con TDAH presentan síntomas de hiperactividad, impulsividad, cambios de humor y baja tolerancia a la frustración por mencionar algunos [38], estos síntomas se manifiestan principalmente durante la infancia pero pueden persistir también en la adolescencia y hasta la adultez [39], [40]. Existen investigaciones que muestran los efectos negativos causados por la persistencia de la sintomatología del TDAH durante la edad adulta, los adultos con TDAH presentan un mayor riesgo de sufrir accidentes de tráfico, intentos de suicidio y tasas de encarcelamiento más altas que personas que no presentan TDAH [41], no obstante, un tratamiento oportuno durante la infancia puede conducir a una mejora en la calidad de vida y salud mental de la persona durante la adultez [42].

Es por ello, que en el Centro Universitario de los Valles un grupo de profesores y estudiantes han iniciado con el desarrollo de un proyecto denominado CogniDron-EEG, el cual pretende ser un sistema con propósitos terapéuticos para pacientes con TDAH. Se proponen una serie de ejercicios a través del control mental de drones físicos o en escenarios de realidad virtual con la finalidad de ayudar a entrenar algunas funciones cognitivas mediante terapias con el apoyo de un electroencefalograma portátil (EEG), el cual permite la lectura de las señales eléctricas cerebrales del paciente en tiempo real.

El proyecto CogniDron-EEG pretende ser un sistema que beneficiará a la población infantil diagnosticada con TDAH mediante una serie de ejercicios terapéuticos en diferentes escenarios. Actualmente se están desarrollando ejercicios cuyo objetivo es controlar mentalmente un dron físico utilizando un

dispositivo de electroencefalograma, sin embargo, se ha observado que los espacios designados a la atención de pacientes con TDAH usualmente son espacios cerrados como: un consultorio, un salón de clases o la oficina del terapeuta lo que limita el uso de un dron físico, es por ello que se propone un primer acercamiento mediante un entorno virtual, donde el paciente aprenderá a controlar el dron mediante los ejercicios propuestos siendo estos los mismos ejercicios aplicados al dron físico. No obstante, se ha estudiado el éxito de las estrategias sensoriales con pacientes y han resultado ser una de las sugerencias más comunes y menos invasivas para ayudar a los niños con TDAH [43]. En la Figura 1 se muestra un diagrama de la interfaz que relaciona los módulos que componen el sistema CogniDron-EEG.

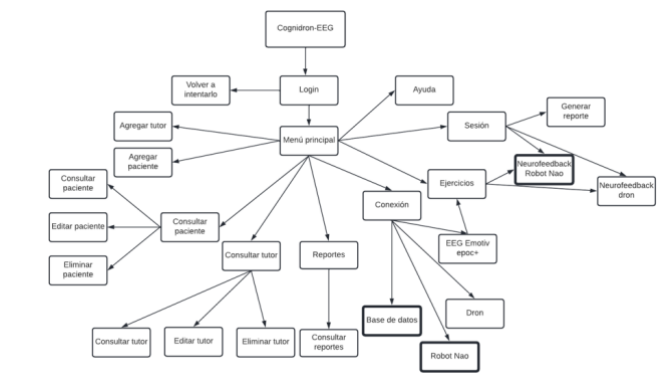


Figure 1. Módulos del sistema CogniDron-EEG

En la figura 2 se muestra el diagrama de casos de uso del entrenamiento cognitivo, el terapeuta es el usuario principal y tiene los privilegios para de iniciar y detener una sesión de entrenamiento, además de manipular la escala del umbral, seleccionar el tipo de ejercicio que desea realizar (excitatorio o inhibitorio), almacenar los datos más relevantes de la sesión si así lo desea y añadir observaciones generales.

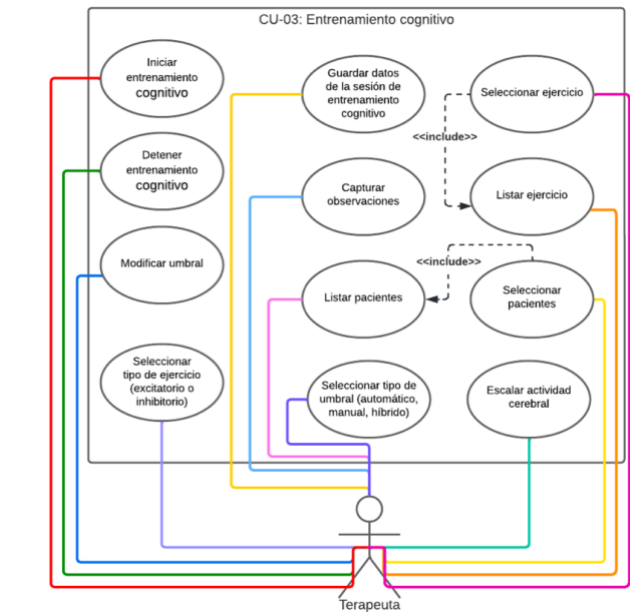


Figure 2. Entrenamiento cognitivo

CogniDron-EEG es un sistema diseñado con la finalidad de proporcionar neuro-feedback a pacientes con TDAH. Propone una serie de ejercicios a través del control mental de un dron físico o en escenarios de realidad virtual para ayudar a entrenar algunas funciones cognitivas a través de terapias apoyadas por un dispositivo portátil de EEG Emotiv Epoc+ que permite la lectura de las señales eléctricas cerebrales del paciente en tiempo real.

El sistema cuenta con una interfaz cerebro computadora desarrollada en lenguaje Python que permite al terapeuta interactuar con el sistema y con los diversos módulos con los que se cuenta. Entre sus funciones, el sistema permite controlar un dron físico desde la interfaz (ver Figura 3), muestra información relevante para el terapeuta, como datos del paciente y resumen de la terapia, intensidad de las señales (ver Figura 4). Permite crear la conexión con el dispositivo Emotiv Epoc+, por mencionar algunas. La información presentada en esta sección corresponde al sistema CogniDron- EEG versión 3, la documentación correspondiente a las versiones 1 y 2 puede ser consultada en [44] y [45] respectivamente.

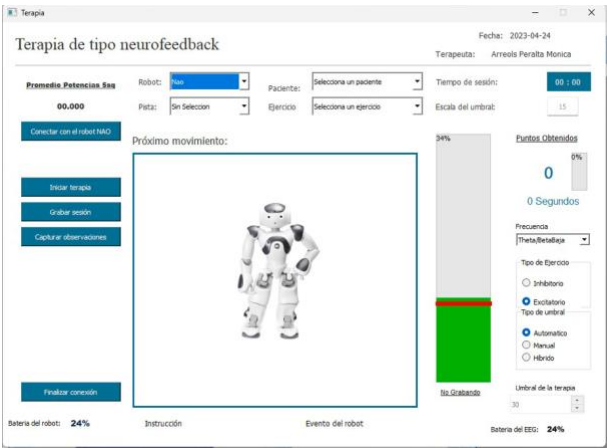


Figure 3. Interfaz gráfica del sistema CogniDron-EEG

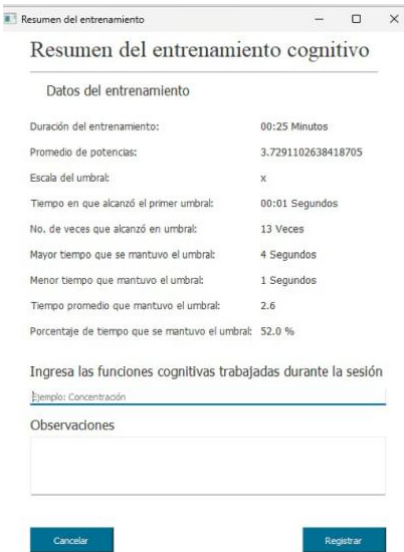


Figure 4. Información para el terapeuta

## V. TERAPIAS CON NEUROFEEDBACK

Se calcula que el cerebro humano contiene 80,000 millones de neuronas, conectadas entre sí y se encargan de diferentes funciones, como el procesamiento de información sensorial, respuestas emocionales, almacenamiento de información (memoria), acciones motoras, entre otras, y se comunican mediante el proceso llamado sinapsis, que consiste en transmitir señales eléctricas (impulsos nerviosos o electroquímicos) de una neurona a otra [46]. Esta señal se detecta a través de una electroencefalografía que contiene un conjunto de sensores llamados electrodos que se colocan en diferentes sitios del cuero cabelludo, conectados a un amplificador para posteriormente ser convertidos en patrones y visualizados desde una computadora, gracias a la ayuda de la electroencefalografía es posible la detección de trastornos neurológicos como la esquizofrenia, la epilepsia, TDAH, entre otros [47].

Las señales y frecuencias cerebrales que se pueden detectar son denominadas frecuencias: Delta, Theta, Alpha, y Beta [48]. Mediante la lectura de estas frecuencias cerebrales es posible aplicar diversas técnicas de entrenamiento cognitivo como el neuro-feedback o neuro-retroalimentación el cual es un tipo especial de biorretroalimentación, se considera una técnica no invasiva. Los participantes aprenden a regular deliberadamente su actividad cerebral obteniendo así control sobre procesos que normalmente no están disponibles para la atención consciente.

El primero en aplicar biorretroalimentación basada en un Electroencefalograma (EEG) fue Joel F. Lubar, utilizó la técnica en un niño hiperactivo en el año de 1976, documentando notables mejoras [49]. Desde entonces numerosos estudios han documentado los efectos benéficos del neuro-feedback en personas con diferentes trastornos mentales y del neuro-desarrollo como el TDAH. Durante el neuro-feedback los participantes o pacientes pueden observar sus cambios en la actividad cerebral ya sea de manera acústica, táctil o visual (en una pantalla de ordenador), en tiempo real, por ejemplo, a través de un tono auditivo, a través de una pantalla que muestra un tipo el comportamiento de la actividad mediante animaciones o movimientos por ejemplo como un objeto en movimiento o un avión que se mueve por la pantalla todo esto con el objetivo que los pacientes o participantes puedan regular su actividad cerebral con el entrenamiento [50] (ver Figura 5).

Esta técnica se ha popularizado recientemente como apoyo en el tratamiento de trastornos mentales. Según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales un trastorno del neuro-desarrollo es un conjunto de afecciones que surgen durante el desarrollo infantil e interfieren en el mismo causando déficits en la manera en que el individuo se desenvuelve en la sociedad [51].



Figure 5. Neurofeedback

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Con la finalidad de asegurar la calidad del software CogniDron-EEG, se midieron las características de calidad de adecuación funcional, compatibilidad, usabilidad y mantenibilidad, las cuales fueron seleccionadas por su relevancia en este proyecto. Se estableció una escala de medición de 0 a 100 relacionada con el grado de satisfacción para comparar los resultados de las mediciones como se muestra en la Tabla III. Para la medición de las características se seleccionaron las sub-características que se consideraron más relevantes para este sistema; la adecuación funcional se midió con la integridad funcional y la corrección funcional. La compatibilidad se midió con la coexistencia y la interoperabilidad, la usabilidad se midió por el nivel de satisfacción del usuario y la mantenibilidad según la capacidad del sistema de ser probado.

TABLE III. MEDICIÓN FINAL DE LA CALIDAD

Medición final de la calidad		
Escala de medida en %	Niveles de puntuación	Grado de satisfacción
87-100	Cumple los requerimientos	Muy satisfactorio
50-86	Aceptable	Satisfactorio
0-49	Inaceptable	Insatisfactorio

A cada característica se le asignó un nivel de prioridad de acuerdo a su relevancia dada por los autores, a la adecuación funcional y compatibilidad se les asignó una prioridad alta que equivale al 35% para cada característica, mientras que a la usabilidad y mantenibilidad se les asignó un nivel de prioridad medio equivalente al 15%. Se realizaron un total de 57 pruebas, de las cuales 52 fueron realizadas por el propio desarrollador del sistema, donde se pudo analizar y medir la adecuación funcional, compatibilidad y mantenibilidad, también se realizaron pruebas de usabilidad con la ayuda de 5 personas sanas de diferentes edades (27, 30, 42, 45 y 69 años) que interactuaron con el sistema desde diferentes roles, 4 de ellos probaron el sistema desde el punto de vista del paciente y uno de ellos desde el punto de vista del terapeuta debido a su formación académica (ver Figura 6).





Figure 6. Usuarios del sistema

Al final de la interacción, respondieron un cuestionario según su rol. Las preguntas de la encuesta fueron seleccionadas bajo el asesoramiento de un neuropsicólogo quien es el experto en el tema. La Figura 7 muestra los resultados de la encuesta y las respuestas de los usuarios, mientras que las respuestas de los usuarios terapeutas se muestran en la Figura 8.

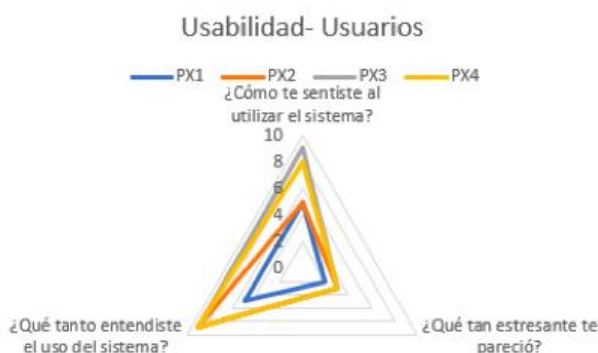


Figure 7. Usabilidad

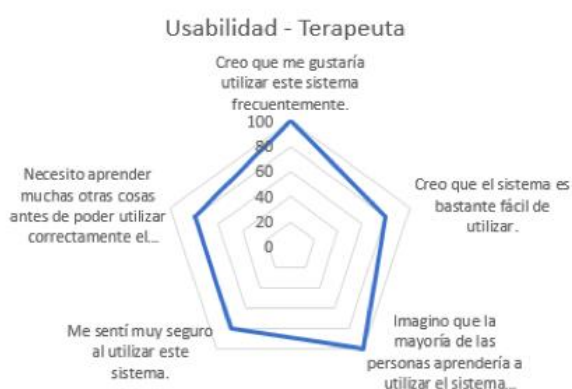


Figure 8. Usabilidad-Terapeuta

En cuanto a la medición de adecuación funcional se obtuvieron 30.1 puntos de 35 puntos asignados, es decir un 86%

del total, compatibilidad obtuvo 35 puntos de 35 equivalente al 100% del total, usabilidad obtuvo 8.2 puntos de 15 asignados correspondiente a un 82% y finalmente la mantenibilidad que obtuvo el 100% del valor dado, es decir los 15 puntos asignados según su nivel de importancia (ver Figura 9).



Figure 9. Resumen de la evaluación

Según los resultados obtenidos, podemos concluir que la calidad del sistema CogniDron-EEG V3 es de 92 %, que lo sitúa en un grado de satisfacción "muy satisfactorio", cabe resaltar que este puntaje representa únicamente a las características seleccionadas, no obstante, es necesario realizar una segunda medición de la calidad donde se incluyan características que en esta primera medición fueron omitidas tales como: la seguridad, portabilidad, etc. se recomienda también realizar pruebas en niños diagnosticados con TDAH e involucrar a más terapeutas en las pruebas del sistema.

## VII. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó el análisis de un conjunto de trabajos relacionados con las terapias cognitivas a través de una interfaz cerebro-computadora. El análisis permitió determinar características relevantes como: el objetivo principal del software, la población objetivo, conocer las edades de los participantes de los estudios realizados, el entorno utilizado, entre otros. Se determinaron las ventajas, deficiencias y las áreas de oportunidad de los trabajos analizados y que sirvieron de base para proponer el sistema CogniDron-EEG cuya finalidad es apoyar en las terapias cognitivas de niños que padecen el trastorno TDAH. En este artículo también se mostró el proceso de aseguramiento de la calidad del software CogniDron-EEG, permitió conocer el estado actual con respecto a la calidad que ofrece en las características de adecuación funcional, compatibilidad, usabilidad y mantenibilidad. Cabe mencionar que el sistema se encuentra en versión 3, se continúa colaborando para incrementar la funcionalidad de los módulos y mejoras al sistema a través de la incorporación de nuevos ejercicios para mantener motivados a los pacientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] I. Sommerville, Ingeniería del software, Pearson educación, 2005.
- [2] G. a. R. L. Pantaleo, Ingeniería de software, Alpha Editorial, 2015.
- [3] S. a. J. N. a. N. M. a. H. M. Saeed, «Analysis of software development methodologies,» *International Journal of Computing and Digital Systems*, vol. 8, nº 5, pp. 446--460, 2019.
- [4] A. a. U. A. Anand, «Importance of software testing in the process of software development,» *International Journal for Scientific Research and Development*, vol. 12, nº 6, 2019.
- [5] A. a. L. T. Spillner, Software Testing Foundations: A Study Guide for the Certified Tester Exam-Foundation Level-ISTQB Compliant, dpunkt. verlag, 2021.
- [6] D. Hoyle, «ISO 9000 quality system handbook, using the standards as a framework for business improvement,» Butterworth-Heinemann Oxford, 2009.
- [7] J. P. a. M. D. a. R. G. Miguel, «A review of software quality models for the evaluation of software products,» *arXiv preprint arXiv:1412.2977*, 2014.
- [8] H. S. a. K. L. a. Z. E. Al-sarrayrih, «Evaluation of a Moodle based learning management system applied at Berlin institute of technology based on Iso-9126,» de *The Proceedings of ICL 2010 Conference Hasselt Belgium*, 2010.
- [9] M. G. P. a. U. M. P. a. G. F. R. a. d. G. I. G. R. Velthuis, Mantenimiento y evolución de sistemas de información, 2018.
- [10] M. R. a. K. B. a. B. M. a. J. S. M. a. S. P. Jones, «Exploring n-back cognitive training for children with ADHD,» *Journal of attention disorders*, vol. 24, nº 5, pp. 704--719, 2020.
- [11] L. E. a. F. A. P. Knouse, «Applying cognitive-behavioral therapy for ADHD to emerging adults,» *Cognitive and Behavioral Practice*, vol. 23, nº 3, pp. 300-315, 2016.
- [12] S. J. a. R. S. J. a. J. K. a. B. R. a. B. S. J. Johnstone, «Game-based combined cognitive and neurofeedback training using Focus Pocus reduces symptom severity in children with diagnosed AD/HD and subclinical AD/HD,» *International Journal of Psychophysiology*, vol. 116, pp. 32--44, 2017.
- [13] P. M. a. M. K. Emmelkamp, «Virtual reality therapy in mental health,» *Annual review of clinical psychology*, vol. 17, nº 1, pp. 495--519, 2021.
- [14] C. a. H. T. a. M. E. a. C. A. a. T. R. a. M. G. a. C. G. Tosto, «Exploring the effect of an augmented reality literacy programme for reading and spelling difficulties for children diagnosed with ADHD,» *Virtual Reality*, vol. 25, pp. 879--894, 2021.
- [15] Y. a. W. J. a. Y. S. a. S. S. Guo, «Clinical Efficacy Evaluation of Psychological Nursing Intervention Combined with Drugs Treatment of Children with ADHD under Artificial Intelligence,» *Journal of Healthcare Engineering*, vol. 2022, nº 1, 2022.
- [16] M. a. B.-G. J. a. M.-R. M.-L. Dolón-Poza, «Creation of an intelligent system to support the therapy process in children with ADHD,» de *Conference on Information and Communication Technologies of Ecuador*, 2020.
- [17] J. a. R.-B. V. E. a. P. I. a. P.-A. F. a. M.-R. M.-L. Berrezueta-Guzman, «Robotic technologies in ADHD care: Literature review,» *IEEE Access*, vol. 10, pp. 608--625, 2021.
- [18] A. a. Z. Z. a. T. B. a. N. A. a. Z. D. a. A. I. a. R. Y. a. Z. A. Sandygulova, «Interaction design and methodology of robot-assisted therapy for children with severe ASD and ADHD,» *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, vol. 10, nº 1, pp. 330--345, 2019.
- [19] A. a. K. J. I. a. N. H. J. a. K. M. S. a. L. H.-S. a. C. M.-T. a. L. K. a. S. J.-H. a. L. G. H. a. K. S.-k. a. o. Min, «A Novel robot-assisted kinematic measure for children with attention-deficit/hyperactivity disorder: A preliminary study,» *Psychiatry Investigation*, vol. 18, nº 7, p. 645, 2021.
- [20] B. a. Z. Z. a. Z. A. a. S. A. Tleubayev, «Robot-assisted therapy for children with ADHD and ASD: A pilot study,» de *Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Service Robotics Technologies*, 2019.
- [21] J. L. a. C. T.-S. Krichmar, «A tactile robot for developmental disorder therapy,» de *Proceedings of the Technology, Mind, and Society*, 2018, pp. 1--6.
- [22] J. a. E. L. a. T. M. Mercado, «A BCI video game using neurofeedback improves the attention of children with autism,» *Journal on Multimodal User Interfaces*, vol. 15, pp. 273--281, 2021.
- [23] C. G. a. P. X. W. W. a. F. S. S. D. a. G. C. a. B. D. a. C. Y. B. a. Z. H. a. Y. S. N. a. K. R. a. L. T. S. Lim, «A randomized controlled trial of a brain-computer interface based attention training program for ADHD,» *PloS one*, vol. 14, nº 5, 2019.
- [24] A. E. a. S. S. a. E. A. N. a. E. M. Alchalabi, «FOCUS: Detecting ADHD patients by an EEG-based serious game,» *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 67, nº 7, pp. 1512--1520, 2018.
- [25] M. a. Y. Y. Fridin, «Educational robot for children with ADHD/ADD,» *Architecture Design*, 2011.
- [26] P. a. C. S. a. D. B. E. a. D. N. a. D. L. Arpaia, «A wearable AR-based BCI for robot control in ADHD treatment: Preliminary evaluation of adherence to therapy,» de *2021 15th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)*, 2021.

- [27] N. a. S. N. a. T. D. a. P. A. a. S. A. Rakhymbayeva, «A long-term study of robot-assisted therapy for children with severe autism and ADHD,» de *Companion of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 2020.
- [28] N. a. A. A. a. S. A. Rakhymbayeva, «A long-term engagement with a social robot for autism therapy,» *Frontiers in Robotics and AI*, vol. 8, 2021.
- [29] F. a. D. G. M. a. M. C. a. S. M. a. T. G. a. V. G. Amato, «Socially assistive robotics combined with artificial intelligence for ADHD,» de *2021 IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, 2021.
- [30] P. a. D. L. a. M. N. a. R. S. Arpaia, «Wearable brain--computer interface instrumentation for robot-based rehabilitation by augmented reality,» *IEEE Transactions on instrumentation and measurement*, vol. 69, n° 9, pp. 6362--6371, 2020.
- [31] S. E. a. H.-S. P. Palsbo, «Effect of robotic-assisted three-dimensional repetitive motion to improve hand motor function and control in children with handwriting deficits: A nonrandomized phase 2 device trial,» *The American Journal of Occupational Therapy*, vol. 66, n° 6, pp. 682--690, 2012.
- [32] F. a. Y. T. a. F. T. a. K. M. a. N. T. Jimenez, «Effects of collaborative learning between educational-support robots and children who potential symptoms of a development disability,» de *2016 Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS)*, 2016.
- [33] E. a. D. S. F. a. G. G. O. a. K. H. Daglarli, «Improving human-robot interaction based on joint attention,» *Applied Intelligence*, vol. 47, pp. 62--82, 2017.
- [34] O. a. H. G. a. K.-R. D. a. K. A. B. a. S. N. a. A. Y. a. S. Y. Zuckerman, «KIP3: robotic companion as an external cue to students with ADHD,» de *Proceedings of the TEI'16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 2016.
- [35] Y. a. I. K. a. Y. S. a. T. A. a. I. H. Mizumura, «Mechanical design of a jumping and rolling spherical robot for children with developmental disorders,» de *2017 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, 2017.
- [36] M.-T. a. Y. J. a. S. Y. a. P. I. Choi, «Robot-assisted ADHD screening in diagnostic process,» *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 95, pp. 351--363, 2019.
- [37] S. a. C. J.-A. a. C. S. a. M. J. a. C. F. López, «The plausibility of using unmanned aerial vehicles as a serious game for dealing with attention deficit-hyperactivity disorder,» *Cognitive Systems Research*, vol. 59, pp. 160--170, 2020.
- [38] M. a. S. S. a. H. S. a. H. C. Gabele, «An AR sandbox as a collaborative multiplayer rehabilitation tool for children with adhd,» 2019.
- [39] S. a. L. S. a. F. C. a. T. A.-L. a. P. P. a. B. M. P. Bioulac, «Video game performances are preserved in ADHD children compared with controls,» *Journal of attention disorders*, vol. 18, n° 6, pp. 542--550, 2014.
- [40] C. L. a. M. H. E. a. M. J. E. Mathews, «Video game addiction, ADHD symptomatology, and video game reinforcement,» *The American journal of drug and alcohol abuse*, vol. 45, n° 1, pp. 67--76, 2019.
- [41] S. D. a. B. J. D. a. H. A. E. a. L. R. Stepp, «Trajectories of attention deficit hyperactivity disorder and oppositional defiant disorder symptoms as precursors of borderline personality disorder symptoms in adolescent girls,» *Journal of abnormal child psychology*, vol. 40, pp. 7--20, 2012.
- [42] L. G. Leahy, «Diagnosis and treatment of ADHD in children vs adults: What nurses should know,» *Archives of psychiatric nursing*, vol. 32, n° 6, pp. 890--895, 2018.
- [43] A. Piña Peixoto, «Estrategias en el aula de integración sensorial en niños con TDAH,» *Universidad Ricardo Palma*, 2018.
- [44] F. I. L. Gómez, «Diseño e implementación de una interface cerebro-computadora para el entrenamiento de funciones cognitivas,» Tesis de maestría de la Universidad de Guadalajara, 2022.
- [45] H. Duarte Moreno, «Diseño y desarrollo de entornos virtuales para el entrenamiento de las funciones cognitivas del ser humano,» Tesis de maestría de la Universidad de Guadalajara, 2022.
- [46] J. Lerma, *Cómo se comunican las neuronas: el milagro de la transmisión sináptica*, 2023.
- [47] K. a. L. S. a. R. H. Delgado, «Análisis de electroencefalograma usando redes neuronales artificiales,» *Acta universitaria, Universidad de Guanajuato*, vol. 29, 2019.
- [48] E. a. N. E. Sciotto, «Ondas cerebrales, conciencia y cognición,» *Organización para la Prevención y Promoción de la Salud en la Educación*, 2018.
- [49] J. F. a. S. M. N. Lubar, «EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR) A preliminary report,» *Biofeedback and Self-regulation*, vol. 1, n° 3, pp. 293--306, 1976.
- [50] L. A. a. E. T. a. E. A.-C. Weber, «Predictors of neurofeedback training outcome: A systematic review,» *NeuroImage: Clinical*, vol. 27, 2020.
- [51] T. A. a. C. C. Widiger, «Mental disorders as discrete clinical conditions: Dimensional versus categorical classification,» *Adult Psychopathology and Diagnosis, Eighth Edition*, pp. 3--32, 2018.



- [52] R. a. C.-L. F. a. A. E. a. L. C. Sarkis-Onofre, «How to properly use the PRISMA Statement,» *Systematic Reviews*, vol. 10, pp. 1--3, 2021.