

SISTEMA INALÁMBRICO E INTERACTIVO PARA LA REHABILITACIÓN MOTRIZ Y COGNITIVA DE PERSONAS CON SÍNDROME DE TDAH

5 Objetivo de la invención

El objeto de la presente invención se refiere a un sistema electrónico diseñado para usarse en la terapia de rehabilitación de personas que sufren del Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH).

10

Campo de la invención

La presente invención tiene su aplicación dentro del campo de la salud y terapia física, más particularmente en el campo relacionado con el desarrollo de equipos e implementos para la rehabilitación, entrenamiento y terapia física.

15

Antecedentes de la invención

20 El trastorno de déficit de atención e hiperactividad es uno de los trastornos neuro-conductuales más frecuentes. Tiene un impacto negativo en la calidad de vida del paciente y los que le rodean, además se estima que muchos adolescentes presentarán dificultades también en la vida adulta, lo que entraña problemas laborales, económicos, sociales y de salud. Los síntomas aparecen en la
25 infancia, pero pueden continuar en la edad adulta por lo que se trata de un trastorno crónico que requiere tratamiento de larga duración¹.

Existen diferentes tipos de terapias para hacer el tratamiento terapéutico de las personas con TDAH. Esta el tratamiento psicosocial, en el cual se incluyen las

¹ Grupo de trabajo de la Guía de Práctica Clínica sobre las Intervenciones Terapéuticas en el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH). Guía de Práctica Clínica sobre las Intervenciones Terapéuticas en el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH). Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud (IACS); 2017 Guías de Práctica Clínica en el SNS.

terapias cognitivo-conductual, sistémica y psicodinámica, el entrenamiento en habilidades sociales y la intervención familiar. También está el tratamiento psicopedagógico que se aplica en un conjunto de prácticas de intervención en el campo del aprendizaje como prevención y tratamiento de trastornos, o como modificación del proceso de aprendizaje escolar y educativo. El tratamiento farmacológico cuyo objetivo primordial es aliviar los síntomas con el fin de mejorar la calidad de vida del paciente, aunque no se aplica por sí mismo y como única forma de tratamiento. O también se puede aplicar un tratamiento combinado que generalmente incrementa los efectos beneficiosos sobre el paciente afectado.

En el estado de la técnica se encuentran algunas investigaciones y productos relacionados con el tratamiento de trastornos cognitivos tales como el TDAH. Entre las investigaciones consultadas se puede resaltar el proyecto *Psicología del Deporte*² de la Universidad de Sevilla en el cual se planteó visualizar los beneficios que tiene la actividad física guiada sobre las personas con TDAH. los resultados del estudio sugieren un efecto positivo de la realización de ejercicio físico aeróbico sobre la cognición que justifica la inclusión de intervenciones deportiva en las personas afectadas con el síndrome.

El proyecto “*Atent@*”³ de la Universidad Tecnológica de Madrid, permite monitorear de manera individualizada la actividad de los niños con TDAH. El proyecto utiliza sensores y objetos inteligentes, que se colocan en el entorno donde el paciente se ubica los cuales envían datos a un robot inteligente capaz de monitorizar la actividad de los niños y ayudarles a evitar las distracciones en la realización de tareas cotidianas.

² Dolores Muñoz-Suazo. Mejora de la atención en niños con TDAH tras una intervención física deportiva dirigida, Universidad de Sevilla. Sevilla (España). 2018

³ Santiago Berrezueta. Tecnologías de apoyo para la inclusión educativa “atent@”. Universidad Tecnológica de Madrid. Madrid (España). 2019

Investigadores de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas presentaron el diseño de un dispositivo electrónico⁴ que registra y analiza continuamente la actividad eléctrica cerebral para aplicar un proceso de condicionamiento operante llamado Neurofeedback, el cual brinda apoyo al tratamiento del trastorno por déficit de atención. Esto se logra analizando la actividad eléctrica del cerebro e induciendo un cambio en sus procesos internos, a través de estimulaciones visuales que permiten la autorregulación voluntaria, modificando de este modo la actividad involuntaria del cerebro.

Los dispositivos comerciales encontrados, por lo general se relacionan con programas de entrenamiento para prácticas deportivas como el fútbol o el baloncesto. El objeto de tales dispositivos es por lo general mejorar la concentración y los reflejos a través de secuencias de entrenamiento que incluyen luces y sonidos, sin embargo, tales productos también pueden usarse en programas de rehabilitación en caso de lesiones u alguna otra afectación física.

Así por ejemplo el dispositivo *Whac-A-Mole*⁵ comprende un conjunto para mejorar la capacidad de reacción deportiva para coordinar ojos, manos, pies y mente. El dispositivo utiliza el entrenamiento de reflejo flash aplicable para fitness y entretenimiento. Su conexión automática de largo alcance alcanza hasta 20 metros en interiores, 3 metros al aire libre. Le permite condensar respuestas visuales, mentales y atléticas en entrenamiento repetible.

El dispositivo de entrenamiento de reflejos rápidos *Argfit Light*⁶, brinda al entrenador, alumno o cualquier profesional, las herramientas necesarias para

⁴ Gineth P. Bautista, Joel Vargas, Luz H. Camargo. Prototipo utilizando neurofeedback como apoyo al déficit de atención. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá DC (Colombia). 2017

⁵ <https://www.jasonaerobic.com/product/whac-a-pod/>

⁶ <https://fuerzaypotencia.com/argfit-light/>

resolver problemas en su quehacer cotidiano con soluciones innovadoras de ingeniería.

El producto *Blazepod*⁷ se utiliza para entrenar a deportistas con una amplia gama de posibilidades para programar sus elementos iluminadores, a distancia para que el deportista realice sus rutinas de ejercicio, mediante una aplicación móvil que conecta a 4 o más dispositivos por bluetooth para su sincronización. En esta misma línea de equipos, se encuentra el sistema *LedTrainer*⁸. El cual se trata de un sistema de entrenamiento deportivo, evaluación y rehabilitación conformado por módulos. Los módulos *LedTrainer* son programables por medio de un software, donde se pueden crear o seleccionar programas de entrenamiento, obteniendo el análisis detallado de los resultados obtenidos. En estas tecnologías, los módulos solo emiten señales lumínicas, y no presentan ningún tipo de acelerómetro que permita conocer su ubicación, lo que limita su empleo en terapias de rehabilitación cognitiva, por lo que no sería posible realizar ejercicios de concentración mediante reconocimiento de texto, imágenes, figuras, o direcciones como arriba, abajo, etc.

Como parte del estado de la técnica, también se encuentran una serie de productos e invenciones que se relacionan de una manera u otra con el objeto de la presente invención. Gran parte de los documentos encontrados están relacionados con métodos de tratamiento y rehabilitación en los cuales se aplican diversas tecnologías, tal como el desarrollo de interfaces gráficas, la adopción de diferentes técnicas como la respiración, ultrasonido e inclusive elementos de tradición cultural. Sin embargo, muy pocos relacionan la aplicación de actividad física en las terapias de tratamiento cognitivo. A continuación, se relacionan algunos de los inventos más relevantes:

⁷ <https://www.blazepod.com/>

⁸ <http://ledtrainer.com/>

Analizados los documentos se encuentra que gran parte del desarrollo en los temas de tratamiento y rehabilitación de la capacidad cognitiva, se basan en el desarrollo de interfaces de usuario, las cuales por lo general son pantallas, preferiblemente pantallas táctiles. También se encuentran otro tipo de interfaces tales como dispositivos de realidad virtual o dispositivos de realidad aumentada. En este grupo de invenciones se puede suscribir el documento de patente JP2020000558A el cual revela un método de entrenamiento de la función cognitiva que utiliza técnicas de reposo, en donde una computadora presenta una pantalla de visualización para hacer que un usuario realice un entrenamiento predeterminado y cuando el usuario realiza el entrenamiento de funciones hace que la unidad de visualización presente un estímulo para promover un estado de descanso al usuario después de completar el entrenamiento de la función cognitiva.

También se encuentra la patente AU2016205850A1 en donde se presenta una interfaz de comunicación y unos medios de detección, seguimiento, almacenamiento de parámetros fisiológicos, condiciones patológicas, estados psicológicos, y en general la actividad de un sujeto, así como otros estados conscientes, transiciones asociadas y/o parámetros neurológicos. El dispositivo incluye la opción de predicción automática, el inicio o la incidencia de condiciones/trastornos de salud y eventos de interés.

En relación con la utilización de pantallas táctiles, se tiene la patente US10226171B2 la que describe un dispositivo de visualización para probar las habilidades visuales, cognitivas y de coordinación de un sujeto. Tales habilidades pueden probarse y/o entrenarse proporcionando una variedad de estímulos a un sujeto. Se puede usar el dispositivo de visualización de pantalla táctil tanto para proporcionar estímulos como para recibir respuestas de un sujeto.

La incorporación de elementos de realidad virtual se encuentra en el documento de patente KR101881986B1 que proporciona un potenciador cognitivo para mejorar la capacidad cognitiva de las personas mayores que padecen un deterioro cognitivo leve, mediante la implementación de un sistema de entrenamiento realidad virtual para la rehabilitación cognitiva. El sistema comprende un módulo de control de realidad virtual y un bloque inteligente con el que el usuario puede interactuar. Y también en la patente KR102020598B1 propone un sistema de biorretroalimentación a través de la extracción de datos biométricos del usuario en respuesta al contenido experiencial mediante el uso de datos medidos a través de un dispositivo de realidad virtual/aumentada capaz de medir bioseñales. Según la presente invención, el sistema analiza los bioseñales como la frecuencia cardíaca y el movimiento de la mirada, y proporciona contenido realista de realidad aumentada para mejorar la accesibilidad del paciente y así lograr un diagnóstico temprano a través de la interacción entre un usuario y el contenido.

La utilización de tecnologías de la información, aplicaciones móviles y programas de computadora es un campo hacia el que se están inclinando los profesionales y desarrolladores de tecnología. Esto no es ajeno a los avances logrados en el campo de las terapias y tratamientos cognitivos. En este campo se puede ubicar la materia de la patente CN109480854A que divulga un dispositivo para el tratamiento y rehabilitación basado en un sensor de posición y una terminal móvil, donde el sensor recopila los datos del ejercicio de la posición dentro del proceso de rehabilitación y los envía al terminal móvil. El dispositivo de la invención permite que el entrenamiento de rehabilitación para la persona enferma se estandarice en casa, reduciendo los costos y brindando mayor comodidad al usuario.

Dentro de los desarrollos basados en software se puede mencionar el documento CN109688926A que relaciona un método para evaluar la cognición y los trastornos del movimiento u obstáculo en el sujeto ante la sospecha de

enfermedad mental, basado en un software que se ejecuta en un dispositivo móvil. También están las patentes que implementan diversos módulos de software tal como la patente CN111292850A que proporciona un sistema de rehabilitación inteligente para la atención de niños con TDAH, que comprende un módulo para el seguimiento de la vista, un módulo de evaluación de la atención, un módulo inteligente de operaciones y esquemas, un módulo de almacenamiento de datos y un módulo de evaluación y retroalimentación.

Similar al anterior, se encuentra el documento de patente CN113658705A que divulga un método para regular y controlar las funciones cognitivas, en el cual un módulo funcional de identificación/evaluación de datos se usa para juzgar el nivel de función cognitiva del usuario según los datos recibidos y un módulo de función de análisis de datos se utiliza para seleccionar al menos una herramienta de regulación y control de funciones cognitivas

Realizaciones completamente computarizadas la interfaz de la solicitud WO2020081617A1 en la cual se describe una interfaz de usuario en un régimen de tratamiento terapéutico computarizado. Las realizaciones de la presente descripción proporcionan un análisis computacional no lineal de cData y nData derivados de las interacciones del usuario con un dispositivo electrónico móvil que ejecuta una instancia de un régimen de tratamiento terapéutico computarizado

Aun cuando se encuentran muchas invenciones dirigidas al tratamiento de discapacidades cognitivas, también se encuentran documentos cuyo enfoque está dirigido hacia la adquisición de habilidades y el entrenamiento mental. Tal es el caso de la patente CN109300364A la cual tiene como objetivo el proporcionar un método y un sistema de entrenamiento cognitivo para mejorar la memoria basado en el paradigma experimental de psicología cognitiva utilizando una variedad de elementos clásicos e incorporando otros factores tal como

elementos de tradición cultural. Con lo anterior se lleva a cabo un entrenamiento inteligente, personalizado, científico y efectivo para la memoria.

En esa misma área se puede clasificar a la patente US10610143B2. Esta enseña un sistema de estimulación cognitiva/multisensorial el cual simula situaciones reales de acción deportiva para evaluar, perfilar, practicar, mejorar o rehabilitar el rendimiento de la función cognitiva en atletas o individuos. Y La patente KR101317383B1 la cual describe un aparato de entrenamiento de la capacidad cognitiva que utiliza un robot y un método del mismo.

Otros métodos de terapia que pueden encontrarse son: terapia respiratoria, tal como enseña la patente KR102069677B1 que se refiere a un dispositivo para aliviar la tendencia autista y los síntomas del trastorno TDAH, donde el dispositivo está configurado para proporcionar al paciente un entrenamiento basado en criterios de respiración para mejorar la tasa de cumplimiento, atención y capacidades cognitivas, aliviando así los síntomas de la enfermedad.

Terapia por ultrasonido como se muestra en la patente KR101592089B1 en donde un dispositivo de terapia de rehabilitación asistida utiliza estimulación eléctrica funcional y ultrasonido para reconocer el estado de un paciente con accidente cerebrovascular y rehabilitarlo. El entrenamiento de rehabilitación activa es posible para mejorar la plasticidad de la corteza cerebral, y cuando el paciente descansa después del entrenamiento, se aplica ultrasonido de baja potencia para ayudar a restaurar.

Terapia con luces. La solicitud WO2011046612A2 que presenta un tablero de luces útil para el entrenamiento visual y terapia, donde el tablero incluye un plano que tiene una serie de luces de colores (roja y verde), un controlador de microprocesador para controlar la operación, la secuencia y el tiempo de las luces, y un controlador de usuario. El tablero también puede ser un panel táctil, que coopera para proporcionar funciones de terapia y entrenamiento visual.

Finalmente cabe mencionar la patente CN106821314A la cual proporciona un tipo de sistema de detección de interacción de cognición cerebral basado en un entorno de meseta hipóxica, para llevar a cabo la anticipación al estado del cerebro, y específicamente para tratar situaciones de atención médica y protección laboral. El sistema incluye cuatro terminales inteligentes interactivos; Cada terminal inteligente interactivo recibe instrucción de control, ejecuta acciones y mensajes de acción. Este invento no incorpora elementos de actividad física dentro de sus características principales.

Aun cuando existen tecnologías implementadas para cubrir las necesidades de los pacientes con síndrome TDAH, se puede ver que sigue existiendo la necesidad de implementar herramientas tecnológicas más avanzadas para lograr el desarrollo y superación del trastorno de manera óptima, rápida y eficaz. Ahora bien, estudios corroboran el efecto positivo de la realización de ejercicio físico aeróbico en los procesos de rehabilitación cognitiva. Sin embargo, como resultado del análisis del estado del arte, se puede concluir que no existe ninguna invención ni dispositivo comercial que aborde el tema del tratamiento del síndrome de TDAH en base a terapia físico-aeróbica, y que adicionalmente permita incluir en las terapias ejercicios de concentración tales como reconocimiento de imágenes, textos, figuras o incluso direcciones, como arriba abajo, izquierda y derecha.

Descripción de la invención

El trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) es uno de los trastornos del neurodesarrollo más frecuentes de la niñez. Habitualmente su diagnóstico se realiza en la niñez y a menudo dura hasta la adolescencia y la edad adulta. Por tal motivo, el objeto de la presente invención es un dispositivo electrónico que, mediante el uso de comunicación inalámbrica y recepción de señales corporales, es capaz de mejorar la condición de rehabilitación y

tratamiento en personas con TDAH. El dispositivo presenta las siguientes características:

- 5 • Es interactivo. Permite una interacción, a modo de diálogo, entre la máquina y el usuario.
- Fomenta la motricidad. Dada la configuración del dispositivo a través de módulos, permite la ejecución de una serie de movimientos tales como: caminar, correr, saltar, reptar, lanzar y capturar, fomentando la actividad física como parte integral de la terapia de rehabilitación.
- 10 • Versatilidad. Se puede implementar el número de dispositivos deseados, con un número ilimitado de rutinas y terapias que se pueden cargar o crear, gracias a la implementación de una aplicación móvil.
- Comunicación transceiver por radiofrecuencia. El sistema utiliza un módulo de comunicación por radio frecuencia el cual permite la comunicación
- 15 bidireccional entre dispositivos de manera que tanto el dispositivo maestro como los esclavos, pueden enviar y recibir datos al mismo tiempo de manera inalámbrica. Adicionalmente, este dispositivo permite ampliar la distancia de conexión hasta 70m.
- Pantalla de tinta electrónica en escala de grises: Elemento que se caracteriza por su consumo de baja potencia que pueda mostrar datos en su pantalla
- 20 incluso cuando se elimina la energía. En esta pantalla cada píxel puede ser blanco, gris claro, gris oscuro o negro. En comparación con las pantallas ‘tricolores’ con un pigmento rojo, esta pantalla tarda mucho menos en actualizarse.
- 25 • Acelerómetro de triple eje: Dispositivo que permite conocer la orientación de la pantalla. La inclusión del acelerómetro y la pantalla para la visualización de imágenes o textos permite que en esta invención se logre abarcar un nuevo campo en cuanto a las terapias de rehabilitación, logrando que el paciente
- 30 tenga mayor concentración para diferenciar, imágenes, textos, figuras o incluso direcciones, como arriba abajo, izquierda y derecha.

- Altavoz/zumbador: El buzzer instalado cuenta con mini amplificador de clase D en la salida DAC, para reproducir tonos o clips de audio de baja fidelidad.
- Sensor de luz frontal: el dispositivo permite regular la intensidad de luz de la pantalla según la cantidad de luz que le llega al sensor.

5

La presente invención está dirigida (más no limitada) a personas con síndrome de TDAH con el fin de mejorar su calidad de vida mediante terapias físico-cognitivas Sistema rehabilitación interactiva del TDAH mediante luces y sonidos encendidos a distancia con apagado por sensores. El sistema interactivo de rehabilitación de la presente invención comprende 3 componentes principales:

10

Aplicación móvil: Es el elemento que se encarga de hacer la comunicación entre el usuario y el dispositivo, la aplicación cuenta con funciones de entrenamiento, configuración y reporte de datos, lo cuales son obtenidos durante el proceso de terapia de rehabilitación.

15

Dispositivo Maestro de control: Se compone de una tarjeta electrónica junto con un módulo de comunicaciones bluetooth. Comprende una carcasa fabricada en impresión 3D o por inyección y componentes electrónicos tales como interruptores, baterías y luces led. El circuito integrado de la tarjeta electrónica permite la interconexión y comunicación de los componentes, y el módulo Bluetooth se dispone para permitir la comunicación entre la aplicación móvil con el módulo maestro. El módulo maestro recibe la información, por ejemplo, la secuencia de encendido, y se encarga de procesar los datos y enviar las ordenes de encendido de forma inalámbrica (ej. Wifi), a cada uno de los dispositivos remotos.

20

25

Dispositivos remotos: El sistema de la presente invención puede comprender uno o más dispositivos remotos. Cada uno de ellos se compone de una tarjeta electrónica y un módulo WIFI. Una carcasa fabricada en impresión 3D o por inyección, y componentes electrónicos como interruptores, baterías, un sensor

30

de proximidad fotoeléctrico y luces led. La tarjeta electrónica comprende un circuito integrado que permite la interconexión y comunicación entre los elementos del dispositivo, con el fin de que este módulo pueda conectarse con el maestro y recibir la información de encendido cuando sea su turno.

5

Se dispone de uno o más dispositivos remotos esperando para encender, los cuales tendrán diferentes direcciones remotas para que el dispositivo maestro pueda seguir la rutina programada. Una vez el dispositivo remoto encienda, el usuario lo puede desactivar simplemente pasando la mano por encima. De esta forma el dispositivo comunicará la acción al dispositivo maestro de control, para que este pueda continuar con la rutina de rehabilitación con el siguiente dispositivo remoto.

10

De acuerdo con lo anterior, los dispositivos remotos acoplados, tienen la capacidad de accionarse remotamente y apagarse por sensórica, lo que transforma la terapia de TDAH de una actividad monótona, a una actividad interactiva, tecnológica y dinámica que permite avances más rápidos en poco tiempo, provocando que la persona mejore su destreza óculo manual y óculo pedal.

15

20

Para completar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se adjunta a la presente memoria descriptiva una serie de figuras ilustrativas donde se podrá comprender más fácilmente las innovaciones y ventajas del sistema de rehabilitación motriz y cognitiva descrito en el presente documento.

25

Breve descripción de los dibujos

Los aspectos relevantes y las ventajas de la presente invención serán mejor entendidos con relación a las siguientes figuras, en las cuales:

30

- FIG. 1 Estructura física del dispositivo maestro de control
- FIG. 2 Diagrama de bloques de los recursos internos del dispositivo de control.
- FIG. 3 Diagrama de flujo del método implementado en el dispositivo móvil para diseñar la rutina de rehabilitación
- 5 FIG. 4 Diagrama de flujo del procedimiento ejecutado en el dispositivo maestro en respuesta a las acciones programadas desde el aplicativo móvil.
- FIG. 5 Diagrama de flujo correspondiente al procedimiento ejecutado en los dispositivos remotos
- FIG. 6 Ejemplo de una posible vista del aplicativo móvil

10

Descripción Detallada de la Invención

El objeto de la presente invención es un sistema inalámbrico e interactivo para la rehabilitación motriz y cognitiva de personas en condición de discapacidad tal como las personas afectadas con síndrome de TDAH. El sistema brinda una experiencia tecnológica e innovadora para los pacientes, gracias a sus herramientas novedosas y llamativas. Permite al paciente una pronta recuperación debido a que la actividad física implica una mayor concentración lo que conlleva a resultados más rápidos, en comparación con otro tipo de terapias que utilizan métodos de recuperación tediosos. El sistema de rehabilitación de la presente invención esta conformado principalmente por tres módulos: Aplicativo móvil, Dispositivo maestro de control y dispositivo remoto.

15

20

25

30

La conformación estructural del dispositivo maestro es similar a la estructura de los dispositivos remotos, de hecho, cuentan con la misma tarjeta electrónica y los mismos periféricos. La diferencia entre ambos dispositivos esta en la programación que se implementa en cada uno de ellos, lo cual se especifica más adelante. Por lo anterior, la descripción de la estructura física de los dispositivos de la presente invención se realizará en base a la estructura física del dispositivo maestro de control, por lo que se sobreentiende que la estructura de los dispositivos remotos es la misma.

En la figura 1, se muestra la estructura física del dispositivo maestro de control (1), el dispositivo presenta una cara superior sobre la cual se ubican los elementos de mando y visualización, tal como la pantalla de visualización (2). El contenido mostrado en esta pantalla, es programable por el terapeuta desde la aplicación celular y puede tratarse de imágenes o texto según el terapeuta elija dependiendo la actividad que vaya a realizar. Al costado de la pantalla (2) se ubica un sensor infrarrojo (3), este es un sensor de proximidad que se utiliza principalmente en el dispositivo remoto, ya que es el encargado de dar la señal de desactivación cuando el usuario lo toca o pasa una extremidad cerca del mismo. En este caso, si el dispositivo remoto se encuentra encendido, y la respuesta del sensor infrarrojo se activa, el dispositivo remoto apaga sus luces, pantalla o texto dependiendo de la rutina programada por el terapeuta. Entre la pantalla y el sensor infrarrojo se encuentra una cavidad especial donde se ubica un parlante (4) cuya misión es la comunicación auditiva. Este espacio está cubierto con una malla para evitar que entren partículas y polvo al dispositivo. En conjunto con el parlante, los indicadores led (5), ubicados en la parte superior de la pantalla se encargarán de indicar el estatus del dispositivo. Por ejemplo, dar la alerta sobre el nivel de la batería, indicar si está en ejecución de una secuencia, o mostrar el estado de espera para que el terapeuta ingrese la rutina de rehabilitación.

En la parte lateral de la carcasa del dispositivo, se ubica el puerto de carga (6). Este puede seleccionarse entre las tecnologías disponibles tales como cargador DC, puerto USB, micro USB, USB tipo C y demás. Dicha carcasa se fija mediante 4 soportes o tornillos (7) ubicados en cada esquina del dispositivo. Los botones (8) ubicados debajo de la pantalla, están dispuestos para configurar el dispositivo, y son los encargados de controlar funciones tales como el brillo de la pantalla o la activación del sonido, entre otras acciones. Una tira lumínica (9) cubre el perímetro de la carcasa. En el caso de los dispositivos remotos, esta tira enciende en el color definido por el terapeuta en la rutina de rehabilitación desde

la aplicación celular. Esto se puede definir mediante la realización del listado de ordenes o si en su defecto se está ejecutando el modo manual, según el tipo de terapia a colores. La tira se ilumina en el color elegido desde la aplicación móvil, hasta que los sensores de proximidad detecten un movimiento cercano y automáticamente se apague el dispositivo. En la parte interna de la base (10) de la estructura, se distribuyen los elementos internos del dispositivo, como lo son: batería, sensores, tarjeta electrónica, microcontroladores, diodos led, etc. En el costado de la carcasa, también se ubica el botón de encendido (11).

La figura 2 muestra el diagrama de bloques de los recursos internos del dispositivo de control. El dispositivo cuenta con un circuito integrado (19) el cual en una modalidad corresponde a una solución System-on-Chip (SoC) WiFi de 2,4 GHz, altamente integrado, de baja potencia y que cuenta con USB nativo incorporado. El dispositivo comprende una pantalla (2) se conecta al circuito integrado (19) a través de un protocolo de comunicaciones SPI, donde la pantalla corresponde a una pantalla de tinta electrónica en escala de grises. Un sensor de luz fotoeléctrico (12) integrado en la tarjeta, se conecta a la pantalla (2), este permite saber la intensidad lumínica a la cual está expuesto el sistema, lo cual es útil, tanto para medir la iluminación y para regular automáticamente el brillo de la pantalla del sistema.

El dispositivo de control también comprende un parlante (4) conectado al circuito integrado (19) por medio de un protocolo de comunicaciones serial I2C. En una modalidad de la invención, el parlante se trata de un mini amplificador de clase D en la salida DAC A0 que puede reproducir tonos o clips de audio de baja fidelidad. También comprende un módulo Wifi (13) integrado al microcontrolador (19) a través de un protocolo SPI. Este módulo se encarga de la transmisión y recepción de los datos enviados por el celular. En el dispositivo maestro, el módulo Wifi (13) se encarga de recibir la señal del celular, una vez recibida, se la envía al microcontrolador (19) para que este se encargue de procesar la instrucción y luego, en el caso en que el modo automático esta activado, una vez

seleccionado comenzar y el maestro tenga cargada ya la lista de ejecución, se encargará de encender uno a uno los dispositivos remotos mediante la comunicación Wifi, eligiendo según el orden ingresado por el terapeuta con su respectivo color.

5

En el dispositivo remoto, la función del módulo Wifi (13) es esperar la orden de encendido del maestro, apenas recibe la orden, la pasa al microcontrolador (19) quien ejecuta la acción ingresada por el terapeuta en la aplicación móvil. Una vez la ejecuta, el microcontrolador (19) realiza un proceso de lectura constante del sensor de proximidad (3) para que una vez, el sensor se active, se ejecute la acción de apagado y se comunique el nuevo estado al dispositivo maestro por wifi que esté pueda continuar con la lista de ejecución, repitiendo el mismo procedimiento con los restantes dispositivos remotos hasta terminar la secuencia de rehabilitación.

10

15

La configuración electrónica del dispositivo de control comprende un acelerómetro lineal de tres ejes (14) de ultra bajo consumo y alto rendimiento, dispositivo mediante el cual se puede conocer la orientación de la pantalla (2). El acelerómetro (14) cuenta con salida estándar de interfaz serial digital I2C/SPI, hasta 16Bit, y con modos operativos de muy bajo consumo de energía (2uA) que permiten un ahorro avanzado de energía y funciones integradas inteligentes, como dos posibles interrupciones, orientaciones en 6D y 4D, detección de movimiento, detección de caída libre, entre otras.

20

25

Para facilitar la conexión y el uso de varios sensores, la tarjeta electrónica del dispositivo maestro comprende un puerto de conectores STEMMA QT (15) de 3 y 4 pines, son la manera integrada de facilitar la conexión y el uso de varios sensores y dispositivos sin mucho cableado. Especialmente cuando la placa no es compatible con la placa de prueba, la idea es que, al tener cables fáciles de enchufar, puede conectar cosas sin soldaduras, cableado y complejidad. Igualmente comprende un puerto de STEMMA (16) para las entradas y salidas,

30

tanto digitales o analógicas. En este periférico se conecta el del sensor de proximidad (3) como entrada y la tira led (9) que se tiene declarada como una salida analógica, debido a que la intensidad y color de la luz, está controlada por un pulso PWM proveniente de una salida digital. A la entrada del circuito microcontrolador se conectan los bornes provenientes desde la botonera (8), mientras que los indicadores led (5) se conectan a las salidas de circuito.

Ambos conectores tienen protección 1K en resistencias + diodos zener de 3.6V para que pueda conducir un LED directamente desde la salida. La corriente máxima de estos conectores es de 200mA. El puerto A1 es una salida analógica 'verdadera'. Ambos se pueden usar para PWM, así como para entradas analógicas.

La potencia del dispositivo se suministra desde un puerto de conexión para baterías (17), el cual se configura para la carga de la batería cuando se conecte la alimentación al puerto de carga (6). El puerto de conexión para baterías (17) se encuentra en comunicación directa por I2C para el constante chequeo del nivel de la batería.

El microcontrolador (19) se conecta a un puerto de depuración UART (18) el cual tiene dos pines abiertos que puede conectarlos a un cable de consola USB para leer la salida de depuración del ESP32 IDF. Esto es útil si está escribiendo software y necesita ver la salida de depuración de bajo nivel.

Uno de los componentes principales de la presente invención, es una aplicación móvil, cual cuenta con funciones de entrenamiento, configuración y reporte de los datos obtenidos durante el proceso de terapia de rehabilitación. La figura 3 muestra el diagrama de flujo del método implementado en el dispositivo móvil para diseñar la rutina de rehabilitación objeto de la presente invención. El aplicativo móvil (20) inicia seleccionando el modo de trabajo (21) que usará, que se puede seleccionar entre modo manual (22) o modo automático (23), en el

modo manual (22), el terapeuta, debe introducir que tipo de terapia (24) realizará, si por luces, texto o imágenes, una vez. En el caso de la terapia con luces, el paso siguiente es seleccionar el color a encender (25), en la terapia por texto, se debe escribir el texto a mostrar (26) y en la terapia por imágenes se debe seleccionar la imagen a mostrar (27). Una vez realizada la selección, el siguiente paso consiste en elegir el dispositivo remoto a encender (28) posteriormente se comunica el estado al dispositivo maestro (29), el cual evalúa si ya se terminó la ejecución de la rutina (30), donde una vez terminado el proceso vuelve a seleccionar el tipo de terapia (24) o puede devolverse para por ejemplo ingresar al modo Automático.

Cuando se entra en modo automático (23), se debe elegir el tipo de terapia (31) que se realizará, el siguiente paso es realizar una lista de ordenes las cuales deben llegar el siguiente formato: primera columna, NUMERO DEL DISP REMOTO A ENCENDER, y en la segunda columna, SE COLOCA EL COLOR (32), EL TEXTO (33) O LA IMAGEN (34) QUE MOSTRARÁ EL DISP REMOTO, después de llenar la lista de órdenes, se da la orden de comenzar (35) y en ese momento, la aplicación móvil carga en el dispositivo maestro (36) toda la lista realizada en el celular, posterior a esto, se espera a que entre el dispositivo maestro y los dispositivos remotos ejecuten toda la secuencia (37) para volver a la ventana de seleccionar el tipo de terapia (31).

El dispositivo maestro comprende un elemento de procesamiento en el cual se ejecutan las acciones programadas desde el aplicativo móvil (20). En la figura 4 muestra un diagrama de flujo del procedimiento ejecutado en el dispositivo maestro. El primer paso del método es establecer la conexión con la aplicación móvil (38), el enlace se realiza por medio del módulo Wifi (13) que viene integrado en el hardware de la tarjeta electrónica, una vez establecida la comunicación con el aplicativo, se detiene a esperar una señal (39), cuando en el buffer de entrada recibe un dato proveniente de la app, inmediatamente la procesa e identifica el método de trabajo elegido (40), que puede ser en modo

automático o en modo manual. En el modo automático, el dispositivo queda en espera a que el aplicativo móvil le envíe la secuencia de trabajo (41) o listado de instrucciones que debe comenzar a ejecutar, las que son ingresadas línea por línea. Cuando se ha recibido el listado, el dispositivo lee las instrucciones del
5 listado y selecciona su modo de trabajo (42), si será encendiendo la tira led, mostrando textos, o en su defecto, mostrando imágenes. Una vez identificada el tipo de secuencia, el dispositivo maestro procede a ejecutar la primera instrucción de la secuencia, para lo que establece conexión vía Wifi (43) con el dispositivo remoto y procede a ejecutar la orden de encendido del dispositivo
10 remoto ya sea con el color (44), el texto (45) o la imagen (46) que indica el primer ítem de la secuencia. A continuación, el dispositivo maestro queda en espera de la respuesta del dispositivo remoto (47), por ejemplo, si el dispositivo fue apagado por el sensor de presencia o si ya termino la secuencia de ejecución (48). En caso de que la secuencia no se haya terminado, el dispositivo de control
15 procede a encender el siguiente dispositivo remoto (49) con las instrucciones de color, texto o imagen según la selección realizada, y procede de la misma manera hasta completar toda la secuencia. Cuando se termina la secuencia, el dispositivo maestro vuelve a modo de espera (39).

20 Por ejemplo, si la primera instrucción hace referencia a encender el dispositivo remoto #1 en color Verde, entonces el dispositivo maestro establece la comunicación vía Wifi con ese dispositivo, y le enviará la señal, haciendo que este encienda de color verde y se quedará en modo de espera, mientras recibe una retroalimentación por parte de ese dispositivo remoto #1 donde confirme que
25 ya terminó la ejecución, y es entonces donde el maestro leerá ahora la instrucción numero dos en la secuencia y la ejecutara, después de esto, esperará la retroalimentación del dispositivo remoto y repetirá los últimos pasos, hasta encontrar que ya ha ejecutado todas las instrucciones de la secuencia, por lo tanto, vuelve al estado donde espera un comando de la aplicación para saber el
30 modo en que realizará el nuevo trabajo.

Así mismo funcionará el dispositivo para los tipos de secuencia como texto o imágenes, por cada instrucción de la secuencia que se ejecute, mandará a mostrar un texto o imagen en la pantalla del respectivo dispositivo remoto, una vez el dispositivo devuelva el estado de finalización de la tarea, el dispositivo maestro podrá continuar con la secuencia y enviar la siguiente instrucción al siguiente dispositivo remoto de la lista, hasta terminar con toda la secuencia y volver al modo de espera para comenzar un nuevo trabajo.

En el modo manual, el dispositivo maestro simplemente espera una sola instrucción (50) proveniente desde el aplicativo móvil, apenas la instrucción sea recibida en el buffer de entrada, este se identificará (51) con cuál de los dispositivos remotos debe comunicarse y procesa la tarea para identificar si es por luces, por texto o por imágenes, después de esto se establece conexión con el dispositivo remoto (52) elegido desde el aplicativo y se envía la respectiva instrucción para encender el dispositivo remoto ya sea con el color (53), el texto (54) o la imagen (55) que indique la instrucción. Posteriormente se procede a esperar la señal de confirmación (56) de que el dispositivo remoto finalizó la tarea y vuelve a la espera (50) de una nueva instrucción.

Los dispositivos remotos comprenden un hardware similar al del dispositivo maestro. La diferencia principal recae en el procedimiento que ejecuta cada uno de los dispositivos remotos, en la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al procedimiento ejecutado en los dispositivos remotos. Independientemente del número de dispositivos remotos utilizados, todos comprenden las mismas instrucciones para ser ejecutadas en la tarjeta electrónica que comprende cada uno de los dispositivos, lo único que cambiará entre ellos es la dirección IP de cada uno, por la cual se diferenciarán y enlazarán al momento de comunicarse.

El procedimiento de ejecución en el dispositivo remoto inicia estableciendo conexión con el dispositivo maestro (57), a continuación, el dispositivo queda a

la espera de una señal (58) desde el dispositivo maestro con el envío de una instrucción para procesarla, cuando el dispositivo maestro envía un mensaje a la dirección del dispositivo remoto este la recibe y analiza que tipo de instrucción (59) es, si es por luces, por imagen o por texto. Si es por luces, el dispositivo encenderá la tira led del color según la instrucción (60), si es por texto, el dispositivo, procederá a mostrar en pantalla el texto solicitado por la instrucción (61), y si es por imagen, el dispositivo leerá que numero de imagen debe mostrar y buscará la imagen en el repositorio que ya tendrá descargado para abrirla en la pantalla (62).

Después de haber ejecutado las acciones anteriores, el dispositivo, quedará en espera de que el sensor de proximidad se active (63), al pasar alguna extremidad o tocar el dispositivo en la parte del sensor, este automáticamente se apagará (64) y enviará una señal de vuelta (65) al dispositivo maestro para que este pueda seguir la secuencia con otros dispositivos remotos. El dispositivo remoto regresa al estado de espera (58) de nuevas instrucciones.

Ejemplo de aplicación

El entrenador o terapeuta, tendrá en sus manos un teléfono móvil con la aplicación móvil de la presente invención previamente descargada y configurada. En la Figura 6 se presenta una posible vista de la aplicación, configurada en este caso con 4 dispositivos remotos y cuatro opciones de colores, verde, azul, rojo y blanco. En la aplicación se inicia la terapia y el terapeuta ubicará entre 1 o más dispositivos remotos en un espacio (o zona de entrenamiento) que sea destinado para la terapia (preferiblemente un espacio despejado). Espacio donde también se debe ubicar el paciente. Una vez ubicados los dispositivos remotos, a un lado de la zona de entrenamiento, se colocará el dispositivo maestro de control. Cabe aclarar que el paciente no tiene necesidad de interactuar con este dispositivo.

Una vez, se tenga adecuada la zona de entrenamiento, el entrenador o terapeuta, mediante la aplicación móvil, decidirá el orden en el que los dispositivos remotos encenderán, a cada dispositivo remoto se le asigna un número, así que el entrenador decidirá una secuencia encendidos, uno a uno y el orden en que estos encenderán, así mismo el color del que encenderá cada uno en su respectivo momento. La terapia también puede realizarse con sonidos, letras o números, lo cual es útil por ejemplo para ayudar a los niños a diferenciar las letras y números que son parecidos.

Orden de encendido	Dispositivo remoto a encender	Color de encendido
1	DISP 3	VERDE
2	DISP 2	BLANCO
3	DISP 3	ROJO
4	DISP 1	AZUL
5	DISP 4	AZUL

Cuando el entrenador haya realizado la secuencia de encendidos, presionará el botón de inicio en la aplicación móvil, automáticamente, el primer dispositivo en la lista de encendido (DISP 3) se iluminará del color estipulado (VERDE), este no se apagará hasta que el paciente en terapia realice una interacción con el dispositivo. Esta interacción podrá ser con cualquier extremidad, puede ser tocando la zona del sensor o simplemente con proximidad, cuando esto suceda, el dispositivo se apagará y se dará el encendido al siguiente dispositivo en la lista (DISP 2) con el color estipulado en la tabla y así sucesivamente hasta terminar con la terapia. Como se puede apreciar en la tabla, la rutina del ejemplo comprende una terapia en cinco pasos.

Se considera no necesario hacer más extensa esta descripción para que un experto en la materia comprenda el alcance y las ventajas de la invención. Los

materiales, forma, tamaño y disposición de los elementos serán susceptibles de variación siempre y cuando ello no suponga alteración en la forma esencial del invento. Todos los términos técnicos y científicos aquí empleados tienen el mismo significado tal como comúnmente los entienden aquellos expertos en la técnica. Todas las publicaciones, solicitudes de patente y patentes y otras referencias mencionadas, quedan incorporadas por referencia en su totalidad.

5