

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 072 458**

21 Número de solicitud: 202431111

51 Int. Cl.:

A61B 5/11 (2006.01)

A41D 1/00 (2008.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

27.12.2024

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.07.2026

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A
DISTANCIA (100,00%)**

**C/ Bravo Murillo 38; 3ª planta
28015 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**SANTOS MARTIN, Olga y
CASAS ORTIZ, Alberto**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **SISTEMA E-TEXTIL CON REALIDAD EXTENDIDA Y MÉTODO IMPLEMENTADO POR ORDENADOR PARA MEJORA DE HABILIDADES MOTORAS**

57 Resumen:

Sistema e-textil con realidad extendida y método implementado por ordenador para mejora de habilidades motoras. El sistema comprende un traje e-textil (2), sensores inerciales (6), al menos un sensor fisiológico (7), actuadores hápticos (8), unas gafas de realidad extendida (10) integradas en la capucha (4) del traje e-textil (2), y una unidad de control (11) configurada para representar en una pantalla (14) un movimiento patrón (20), obtener una serie temporal (32) de un esqueleto 3D (44) que describe el movimiento del usuario, detectar una desviación entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón (20), obtener una medida de fatiga (36) durante la realización del movimiento, y comprobar si la medida de fatiga (36) y la desviación (38) cumplen unas condiciones de aviso en tiempo real para, durante la realización del movimiento, activar actuadores hápticos (8) y reproducir en las gafas de realidad extendida (10) una señal de aviso (21) con información representativa de la desviación (38).

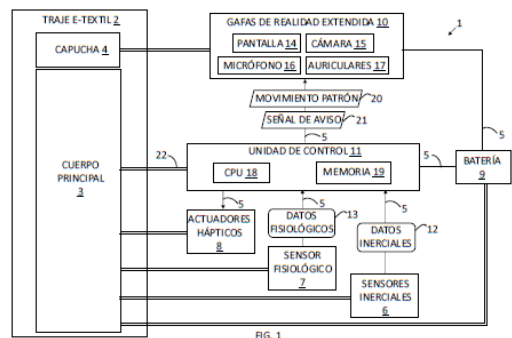


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

SISTEMA E-TEXTIL CON REALIDAD EXTENDIDA Y MÉTODO IMPLEMENTADO POR ORDENADOR PARA MEJORA DE HABILIDADES MOTORAS

5

Campo de la invención

La presente invención se engloba en el campo de los trajes de captura de movimientos empleados para la mejora de habilidades motoras de los usuarios.

10

Antecedentes de la invención

En los últimos años, diferentes tecnologías han emergido como herramientas clave para mejorar habilidades motoras y facilitar la rehabilitación física. Estos avances incluyen el uso de gafas de realidad virtual (VR) y trajes de captura de movimiento, que permiten la simulación de entornos interactivos y la evaluación precisa de los movimientos corporales. Los sistemas de realidad extendida (XR) y captura de movimiento son ampliamente utilizados en el entrenamiento de habilidades motoras, ya que ofrecen retroalimentación en tiempo real y proporcionan un entorno controlado para la práctica repetitiva de movimientos.

20 La captura de movimiento basada en sensores inerciales ha mostrado ser particularmente útil en la medición de movimientos con alta precisión. Estos sistemas permiten rastrear el movimiento del cuerpo en tres dimensiones y se utilizan en aplicaciones que van desde el entrenamiento deportivo hasta la rehabilitación física. Sin embargo, a pesar de sus ventajas, los sistemas basados en sensores inerciales suelen depender de conexiones externas para el procesamiento de datos, lo que limita su portabilidad y autonomía. Además, la mayoría de los sistemas de captura de movimiento se enfocan únicamente en aspectos motores, sin considerar otras dimensiones importantes en la mejora de las habilidades motoras o la rehabilitación, como el estado actual del usuario (e.g., nivel de fatiga).

30 Por otro lado, las gafas de realidad virtual han sido ampliamente utilizadas para crear entornos inmersivos que facilitan la mejora de habilidades motoras mediante la simulación de escenarios en 3D. No obstante, estas tecnologías también presentan limitaciones, especialmente en lo que respecta a su portabilidad y la posible necesidad de estaciones externas para el procesamiento de datos. Las gafas de VR, aunque efectivas en la creación de entornos de aprendizaje dinámicos, no integran de forma nativa la captura de los

35

movimientos del cuerpo completo o los aspectos fisiológicos del usuario, lo que restringe su efectividad en la mejora integral de habilidades motoras.

El análisis del estado del usuario ha avanzado mediante el uso de tecnologías que evalúan las expresiones faciales, la voz y los datos fisiológicos para inferir el estado actual del usuario. Estos sistemas pueden ofrecer una visión del estado durante el entrenamiento o la rehabilitación, pero generalmente operan de manera aislada, sin integrarse con sistemas que aborden las habilidades motoras o el estado físico del usuario. La falta de integración de estos dominios (psicomotor, estado del usuario) limita la efectividad de las soluciones existentes, creando una brecha en la evaluación y mejora de actividades motoras complejas.

Los sistemas actuales no contemplan la integración de sensores que miden características de los dominios psicomotor y estado del usuario, y pocos sistemas tienen en cuenta la fatiga del usuario, lo que puede afectar la eficacia del entrenamiento y la rehabilitación. Aunque existen estudios que abordan la estimación de fatiga mediante sensores biométricos, estas soluciones operan de manera aislada sin integrar todos los aspectos de la mejora de habilidades motoras.

La necesidad de una solución integrada que combine la captura de movimiento, el análisis fisiológico y del estado actual del usuario, y la retroalimentación en tiempo real es clara. Las soluciones actuales no ofrecen un análisis completo e interactivo que permita adaptar dinámicamente el entrenamiento según el estado del usuario, lo que limita su capacidad de ofrecer una experiencia personalizada. Además, la falta de arquitecturas de procesamiento independientes contribuye a la latencia en el análisis y la retroalimentación, lo que afecta la mejora de habilidades motoras.

La invención propuesta ofrece varias ventajas al integrar de manera completa y autónoma el dominio psicomotor y el estado del usuario en un único sistema inmersivo. Este sistema combina gafas de realidad virtual integradas en un traje inteligente con sensores inerciales, biométricos y visuales, eliminando la necesidad de dispositivos externos y estaciones de procesamiento adicionales. Esto mejora la portabilidad y ergonomía del sistema, optimizando la latencia en el análisis de datos mediante una interconexión de los componentes siguiendo tecnologías de e-textiles. Además, resuelve problemas clave en la mejora de habilidades psicomotoras, como la falta de sincronización entre el análisis de movimientos y la retroalimentación visual o háptica en tiempo real, e incluye la capacidad de estimar la fatiga muscular y emocional del usuario para ajustar dinámicamente la intensidad y duración de las

sesiones de entrenamiento. Así, se supera la fragmentación actual de sistemas que operan independientemente para evaluar el movimiento y el estado del usuario, ofreciendo una solución integral para la mejora de habilidades motoras y la rehabilitación psicomotora.

5 Descripción de la invención

La invención se refiere a un sistema e-textil con realidad extendida y un método implementado por ordenador para la mejora de habilidades motoras de un usuario.

El sistema comprende un traje e-textil (el cual incluye un cuerpo principal, una capucha y una pluralidad de hilos conductores) y una pluralidad de componentes electrónicos integrados en el traje e-textil e interconectados mediante hilos conductores.

Los componentes electrónicos incluyen una unidad de control, una pluralidad de sensores inerciales configurados para capturar unos datos inerciales de un usuario portador del traje e-textil durante la realización de un ejercicio o movimiento del usuario, al menos un sensor fisiológico configurado para capturar unos datos fisiológicos del usuario durante la realización del movimiento, una pluralidad de actuadores hápticos, una batería y unas gafas de realidad extendida integradas en la capucha del traje e-textil.

La unidad de control está configurada para representar en una pantalla de las gafas de realidad extendida, previo a la realización del movimiento, un movimiento patrón; obtener, durante la realización del movimiento y a partir de los datos inerciales, una serie temporal de un esqueleto 3D que describe el movimiento del usuario; detectar una desviación entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón mediante la comparación de la serie temporal del esqueleto 3D del movimiento del usuario con una serie temporal patrón de un esqueleto 3D asociada al movimiento patrón; obtener, a partir de los datos fisiológicos, una medida de fatiga durante la realización del movimiento; y comprobar si la medida de fatiga y la desviación cumplen unas determinadas condiciones de aviso en tiempo real. Si se cumplen dichas condiciones, la unidad de control determina y activa, en función de la desviación, al menos un actuador háptico durante la realización del movimiento, que genera una señal de aviso que incluye información representativa de la desviación, y reproduce la señal de aviso en las gafas de realidad extendida durante la realización del movimiento.

Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un método implementado por ordenador para mejora de habilidades motoras. El método comprende los siguientes pasos:

- 5 - Representar, previamente a la realización de un movimiento por parte de un usuario portador de un traje e-textil que comprende una pluralidad de hilos conductores, un movimiento patrón en una pantalla de unas gafas de realidad extendida, donde las gafas de realidad extendida están integradas en una capucha del traje e-textil.
- Capturar, mediante una pluralidad de sensores inerciales integrados en el traje e-textil, unos datos inerciales del usuario durante la realización del movimiento.
- Capturar, mediante al menos un sensor fisiológico integrado en el traje e-textil, unos datos fisiológicos del usuario durante la realización del movimiento.
- 10 - Recibir, por parte de una unidad de control integrada en el traje e-textil, los datos inerciales y los datos fisiológicos del usuario a través de hilos conductores.
- Obtener, durante la realización del movimiento y a partir de los datos inerciales, una serie temporal de un esqueleto 3D que describe el movimiento del usuario.
- 15 - Detectar una desviación entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón mediante la comparación de la serie temporal del esqueleto 3D del movimiento del usuario con una serie temporal patrón de un esqueleto 3D asociada al movimiento patrón.
- Obtener, a partir de los datos fisiológicos, una medida de fatiga.
- 20 - Comprobar si la medida de fatiga y la desviación cumplen unas determinadas condiciones de aviso en tiempo real, y en cuyo caso:
 - Determinar, en función de la desviación, al menos un actuador háptico para activar de entre una pluralidad de actuadores hápticos integrados en el traje e-textil.
 - Activar dicho al menos un actuador háptico durante la realización del movimiento.
 - Generar una señal de aviso que incluye información representativa de la desviación.
 - Reproducir la señal de aviso en las gafas de realidad extendida durante la realización del movimiento.
- 25 -
- 30 -

Un tercer aspecto de la presente invención se refiere a un producto de programa que comprende medios de instrucciones de programa para llevar a cabo el método definido

anteriormente cuando el programa se ejecuta en un procesador. La invención también se refiere a un medio de soporte de programas que almacena dicho producto de programa.

Breve descripción de los dibujos

5 A continuación, se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

10 La Figura 1 representa un sistema e-textil con realidad extendida para mejora de habilidades motoras de acuerdo a una realización.

Las Figuras 2A y 2B muestran un usuario portando el traje e-textil y los componentes del sistema.

15 La Figura 3 muestra, de acuerdo a una realización, el procesamiento de datos realizado por varias unidades de procesamiento de datos.

20 La Figura 4 muestra las gafas de realidad extendida y una cámara para capturar imágenes faciales integradas en la capucha del traje e-textil.

La Figura 5 ilustra un diagrama de flujo de un método implementado por ordenador para mejora de habilidades motoras.

25 Las Figuras 6A-6C muestran las series temporales de un esqueleto 3D del movimiento del usuario y del movimiento patrón.

Descripción detallada de la invención

30 La **Figura 1** muestra de manera esquemática un sistema 1 e-textil con realidad extendida para mejora de habilidades motoras de acuerdo a una realización. El sistema 1 comprende un traje e-textil 2 y una pluralidad de componentes electrónicos.

35 El traje e-textil 2 es elástico e incluye un cuerpo principal 3 (que incluye mangas y perneras que cubren, al menos parcialmente, las extremidades del usuario portador del traje e-textil 2), una capucha 4 y una pluralidad de hilos conductores 5. Los componentes electrónicos están integrados en el traje e-textil 2 y están interconectados mediante hilos conductores 5 del

mismo.

Los componentes electrónicos incluyen una pluralidad de sensores inerciales 6, al menos un sensor fisiológico 7, una pluralidad de actuadores hápticos 8, una batería 9 colocada preferentemente en la parte posterior de la cabeza (para hacer contrapeso al resto de componentes colocados en la capucha), unas gafas de realidad extendida 10 y una unidad de control 11. La batería proporciona energía a los componentes electrónicos. Por ejemplo, tal y como se representa en la Figura 1, la batería 9 puede suministrar energía directamente a las gafas de realidad extendida 10 y a la unidad de control 11, la cual a su vez alimenta, a través de hilos conductores 5 del traje e-textil 2, al resto de componentes electrónicos (sin embargo, se pueden utilizar otras configuraciones y conexiones para alimentar a los componentes electrónicos). Los hilos conductores 5 se emplean también para transmitir información entre los componentes electrónicos. Aunque en la Figura 1 se muestran hilos conductores 5 fuera del traje e-textil 2, dichos hilos conductores 5 forman en realidad parte del tejido que compone el traje e-textil 2. Los componentes electrónicos están conectados unos con otros mediante hilos conductores 5 del traje e-textil 2, pero esto no implica que todos los componentes electrónicos estén necesariamente conectados todos entre sí. Así, en el ejemplo de la Figura 1, una serie de componentes electrónicos (sensores inerciales 6, sensor fisiológico 7 y actuadores hápticos 8) están conectados mediante hilos conductores 5 únicamente a la unidad de control 11, mientras que las gafas de realidad extendida 10 están conectadas mediante hilos conductores 5 a la batería 9 y a la unidad de control 11. Otras diferentes conexiones mediante hilos conductores 5 entre los componentes electrónicos son también posibles.

Los sensores inerciales 6 están configurados para capturar unos datos inerciales 12 de un usuario portador del traje e-textil 2 durante la realización de un movimiento por parte del usuario. El sensor fisiológico 7 se encarga de capturar unos datos fisiológicos 13 del usuario durante la realización del movimiento. El sistema puede incorporar varios sensores fisiológicos 7 que capturan diferentes parámetros fisiológicos y que pueden ser, entre otros, de los siguientes tipos: un sensor de temperatura, sensor de frecuencia cardíaca, sensor de saturación de oxígeno en sangre, sensor de frecuencia respiratoria, sensor de actividad electrodérmica.

Las gafas de realidad extendida 10 están integradas en la capucha 4 del traje e-textil 2, rodeadas del tejido e interconectadas con el resto de los componentes a través de hilos

conductores. Las gafas de realidad extendida 10 pueden ser unas gafas de realidad virtual, mixta o aumentada e incluyen al menos una pantalla 14 (e.g., una única pantalla o dos pantallas, una para cada ojo) para la visualización de contenido virtual y/o aumentado. Las gafas de realidad extendida 10 pueden incluir otros componentes, como una cámara 15 (o
5 varias cámaras), un micrófono 16 y unos auriculares 17.

La unidad de control 11 dispone de medios de procesamiento de datos configurados para procesar los datos capturados por los sensores inerciales 6 y fisiológicos 7, e interactuar con los actuadores hápticos 8 y las gafas de realidad extendida 10. La unidad de control 11 puede
10 ser una unidad centralizada (como se representa en la Figura 1, que comprende por ejemplo una unidad central de procesamiento (CPU) 18 y una memoria 19) o una unidad distribuida en varias unidades de procesamiento de datos (e.g. una unidad de procesamiento de datos principal y una unidad de procesamiento de datos secundaria) ubicadas en diferentes zonas del traje e-textil 2.

Previo a la realización del movimiento por parte del usuario que porta el traje e-textil 2, la unidad de control 11 representa en la pantalla 14 de las gafas de realidad extendida 10 un movimiento patrón 20 para que el usuario intente replicar dicho movimiento. El movimiento patrón 20 puede ser, por ejemplo, una animación previamente generada por ordenador o un
20 video de un tutor previamente capturado y almacenado en memoria. Durante la realización del movimiento, la unidad de control 11 obtiene, a partir de los datos inerciales 12, una serie temporal de un esqueleto 3D que describe un movimiento del usuario, y detecta una desviación entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón 20 mediante la comparación de la serie temporal del esqueleto 3D del movimiento del usuario con una serie temporal patrón de un esqueleto 3D que está asociada al movimiento patrón 20 y preferentemente
25 almacenada previamente en memoria.

La unidad de control 11 también obtiene, a partir de los datos fisiológicos, una medida de fatiga física del usuario durante la realización del movimiento, y comprueba si la medida de fatiga y la desviación cumplen unas determinadas condiciones de aviso en tiempo real. En
30 una realización, las condiciones de aviso en tiempo real se cumplen si la medida de fatiga es menor que un umbral inferior de fatiga y la desviación supera un umbral de desviación. Cuando las condiciones de aviso en tiempo real se cumplen, la unidad de control 11 determina, en función de la desviación, el actuador háptico 8 (o actuadores hápticos) que
35 necesita ser activado, y activa dicho actuador háptico 8 (o dichos actuadores hápticos, en el

caso que se determine la activación de varios) durante la realización del movimiento. Además, la unidad de control 11 genera una señal de aviso 21 que incluye información representativa de la desviación y la reproduce en las gafas de realidad extendida 10 durante la realización del movimiento. La señal de aviso 21 puede incluir, por ejemplo, información visual que es reproducida en la pantalla 14 de las gafas de realidad extendida 10. Adicionalmente, o
5 alternativamente, la señal de aviso 21 puede incluir información auditiva que es reproducida en los auriculares 17 de las gafas de realidad extendida 10.

Los componentes electrónicos están sujetos a la tela elástica del traje e-textil 2, integrados en ella cosidos directamente, con una recubierta aislante para evitar que pliegues causen conexiones no deseadas. En la Figura 1 dicha sujeción 22 se ilustra mediante una línea doble. En la realización mostrada en la Figura 1 las gafas de realidad extendida 10 es el único componente integrado en la capucha 4 del traje e-textil 2, estando el resto de los componentes integrados en el cuerpo principal 3; sin embargo, otros componentes (por ejemplo, la unidad
15 de control 11) podrían estar sujetos a la capucha 4 en lugar de al cuerpo principal 3.

En las **Figuras 2A y 2B** se muestra una realización del sistema 1 en la que la unidad de control 11 está distribuida en una unidad de procesamiento de datos principal 25 y una unidad de procesamiento de datos secundaria 26, estando la unidad de procesamiento de datos principal 25 incluida en las gafas de realidad extendida 10 (e.g., un procesador de las gafas) y la unidad de procesamiento de datos secundaria 26 (implementada por ejemplo mediante un procesador o un microcontrolador) en una región central del cuerpo principal 3. En la Figura 2A se muestra a un usuario 27 portando el traje e-textil con los brazos parcialmente extendidos y separados del tronco, donde se representan los sensores inerciales 6 y los sensores fisiológicos 7 pero no los actuadores hápticos 8. Estos se ilustran en la Figura 2B (por simplicidad en esta figura no se muestran los sensores inerciales 6 y fisiológicos 7), en la cual se representa al usuario 27 con los brazos pegados al tronco. Los sensores inerciales 6 y los actuadores hápticos 8 están ubicados preferentemente al menos en las extremidades del traje e-textil 2.

En la **Figura 3** se muestra un esquema de las informaciones procesadas por las distintas unidades de procesamiento de datos, principal 25 y secundaria 26.

En esta realización el traje e-textil 2 es un traje de captura de movimiento que abarca mayormente todo el cuerpo del usuario 27, el traje e-textil 2 incluyendo mangas 28 y perneras

29. El traje e-textil 2 es elástico, para permitir ajustarse mejor al cuerpo del usuario 27, y contiene una serie de sensores inerciales 6 (representados mediante cubos) repartidos por el cuerpo principal 3 para realizar captura de movimiento y una serie de actuadores hápticos 8 para proveer retroalimentación háptica al usuario 27. Estos sensores inerciales 6 y actuadores hápticos 8 van conectados, mediante hilos conductores 5, a una unidad de procesamiento de datos secundaria 26 que se encarga, a través de un módulo de integración inercial 30, de integrar la información de los sensores inerciales 6 y, a través de un módulo de coordinación háptica 31, de informar a los actuadores hápticos 8 de una retroalimentación háptica que deben dar al usuario 27.

En la parte superior, en la capucha 4, el traje e-textil 2 tiene integradas unas gafas de realidad extendida 10 que hacen a su vez de unidad de procesamiento principal 25. Estas gafas de realidad extendida 10 están totalmente integradas en el traje, siendo parte integra de él y fusionadas con la tela elástica. Esto permite por un lado un mejor ajuste de las gafas de realidad extendida 10 al ser la tela elástica, y por otro lado que la propia elasticidad de la tela haga de contrapeso al tirar hacia atrás, reduciendo así la presión de las gafas de realidad extendida 10 sobre la cara y la nariz del usuario 27. Las gafas de realidad extendida 10 llevan preferentemente integradas unos auriculares 17, un micrófono 16 y una cámara 15 que enfoca a la boca del usuario 27.

Las gafas de realidad extendida 10 se encargan de proveer retroalimentación visual y auditiva al usuario 27 durante la realización del movimiento, o posteriormente al mismo. La unidad de procesamiento de datos principal 25 de las gafas de realidad extendida 10 recibe información de diferentes componentes para tomar decisiones. Esta información proviene de la información inercial integrada por el módulo de integración inercial 30 de la unidad de procesamiento de datos secundaria 26, de una serie de sensores fisiológicos 7 colocados en diferentes partes del cuerpo principal 3 y, opcionalmente, de un micrófono 16 y de una cámara 15 que adquiere, durante la realización del movimiento, imágenes faciales que incluyen al menos parcialmente la boca del usuario 27. El micrófono 16, en caso de que se utilice, sirve para recoger respuestas y preguntas del usuario 27. En la **Figura 4** se ilustra la parte superior del traje e-textil 2 con las gafas de realidad extendida 10 integradas en la capucha 4 y la cámara 15 apuntando a la cara del usuario (en particular, a la zona de la boca 43).

Los sensores inerciales 6 están colocados en diferentes partes del cuerpo principal 3 para capturar los movimientos del usuario 27 (e.g., movimiento de las extremidades, de las rodillas,

- de los hombros, etc.). Los datos inerciales 12 capturados por los sensores inerciales 6 durante el movimiento son procesados por el módulo de integración inercial 30 de la unidad de procesamiento de datos secundaria 26, el cual devuelve una serie temporal 32 de un esqueleto 3D del usuario (el cálculo se puede realizar utilizando cuaterniones para obtener las rotaciones 3D de cada articulación e inferir así el esqueleto 3D en cada instante) que envía a un módulo de cálculo de desviación 35 de la unidad de procesamiento de datos principal 25 encargado de detectar una desviación 38 entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón 20.
- 10 Los sensores fisiológicos 7 se encargan de obtener información fisiológica del usuario 27 relativa a la fatiga y cansancio. Los datos fisiológicos 13 provenientes de todos los sensores fisiológicos 7 (se puede emplear uno o varios) es analizada por un módulo de cálculo de fatiga 33 para obtener una medida de fatiga 36.
- 15 La cámara 15 que apunta a la boca 43 sirve para adquirir imágenes faciales 23 que recogen expresiones faciales del usuario 27, las cuales son analizadas por un módulo de estimación de estado 34 para detectar, mediante una red neuronal convolucional previamente entrenada, un estado 37 del usuario.
- 20 La medida de fatiga 36 y la desviación 38 (y, opcionalmente, el estado 37 del usuario) son después utilizados por un módulo de toma de decisiones 39 de la unidad de procesamiento de datos principal 25 para tomar decisiones. En particular, el módulo de toma de decisiones 39 comprueba si la medida de fatiga 36 y la desviación 38 (y, opcionalmente, el estado 37) cumplen unas determinadas condiciones de aviso en tiempo real para enviar retroalimentación al usuario 27 durante el movimiento. Si se cumplen dichas condiciones, el módulo de toma de decisiones 39 determina, en función de la desviación 38 detectada, qué actuador o actuadores hápticos 8 deben activarse durante la realización del movimiento y, opcionalmente, con qué intensidad y durante cuánto tiempo. La señal de activación de los actuadores hápticos llega al módulo de coordinación háptica 31 de la unidad de procesamiento de datos secundaria 26, el cual activa los correspondientes actuadores hápticos 8 a través de una señal de aviso háptico 40. El instante de activación de dichos actuadores hápticos 8 es marcado por el módulo de toma de decisiones 39, cuando se cumplen las condiciones de aviso en tiempo real (e.g., cuando detecta una desviación 38 superior a un umbral de desviación). La intensidad y duración de la activación háptica puede estar predeterminado o puede ser fijado

también por el módulo de toma de decisiones 39, por ejemplo, en función de la magnitud de la desviación 38 detectada.

Adicionalmente, si se cumplen las condiciones de aviso en tiempo real, el módulo de toma de decisiones 39 genera una señal de aviso 21 para indicar al usuario 27 la desviación 38 producida en el movimiento del usuario con respecto al movimiento patrón 20. En el ejemplo de la Figura 3, se genera una señal de aviso visual 41 y una señal de aviso auditivo 42 para reproducir, respectivamente, en la pantalla 14 y en los auriculares 17 durante la realización del movimiento.

Como se ha indicado anteriormente, opcionalmente se puede emplear una cámara 15 para adquirir imágenes faciales 23 del usuario. El módulo de toma de decisiones 39 recibe el estado 37 estimado por el módulo de estimación de estado 34 para, en función del estado detectado, cambiar el movimiento patrón 20 representado en la pantalla 14 para la realización de un movimiento posterior. Alternativamente, o adicionalmente, el estado 37 se puede emplear para determinar si se cumplen las condiciones de aviso en tiempo real.

La medida de fatiga 36 física se puede calcular con diferentes parámetros fisiológicos medidos mediante sensores: pulso cardíaco (medido por un sensor de pulso cardíaco), temperatura (obtenida mediante un termómetro), saturación de oxígeno (obtenida mediante un sensor de saturación de oxígeno), CO₂ exhalado (medido a través de un sensor de CO₂ colocado bajo las gafas integradas en el traje), ritmo respiratorio (estimado a partir de los niveles de CO₂ medidos), variabilidad de ritmo cardíaco (estimada a través de los intervalos medidos entre los latidos detectados con el sensor de pulso cardíaco), actividad eléctrica de la piel (medido utilizando uno o varios sensores electrodérmicos colocados en el traje).

En una realización, la unidad de control 11 está configurada para obtener la medida de fatiga 36 mediante la comparación de los datos fisiológicos 13 capturados durante la realización del movimiento con unos valores base de fatiga del usuario obtenidos previamente a la realización del movimiento. Para obtener los valores base de fatiga del usuario, se capturan unos datos fisiológicos 13 del usuario durante unas pruebas de fatiga anteriores a la realización del movimiento y se determina los valores base de fatiga en función de los datos fisiológicos 13 capturados en las pruebas de fatiga, almacenando los valores base de fatiga obtenidos en la memoria 19. El uso de los valores base de fatiga obtenidos en función el usuario permite proporcionar una medida personalizada a la fisiología del individuo.

En una realización, las pruebas de fatiga incluyen unas mediciones de los valores obtenidos por los sensores fisiológicos 7 mientras la persona está en reposo. Posteriormente, se solicita al usuario que realice una actividad intensa, tras lo cual se vuelven a medir los valores fisiológicos. Los valores base de fatiga así obtenidos incluyen un mínimo (valor medido en reposo) y un máximo (valor medido en actividad intensa), y se utilizan para normalizar las medidas de los sensores fisiológicos 7 durante el movimiento y obtener así una medida fisiológica normalizada PC_{norm} . Por ejemplo, se puede obtener una puntuación en una escala de 1 a 10, que se correlaciona con la escala de Borg CR10 para la medida de fatiga física, donde 1 indica ausencia de fatiga y 10 indica un nivel elevado de fatiga. Si el valor actual medido durante el movimiento es menor o igual que el mínimo, la puntuación normalizada será 1, y si es mayor o igual que el máximo, la puntuación normalizada será 10. Por ejemplo, si el valor en reposo del pulso cardiaco es 50 (valor base de fatiga mínimo, PC_{min}), el valor en actividad intensa es 150 (valor base de fatiga máximo, PC_{max}) y el valor actual PC medido durante el movimiento es 120, la medida fisiológica normalizada PC_{norm} (puntuación en la escala Borg CR10) será la siguiente:

$$PC_{norm} = \frac{PC - PC_{min}}{PC_{max} - PC_{min}} \times 10 = \frac{120 - 50}{150 - 50} \times 10 = 7$$

A continuación, si se emplean varios sensores fisiológicos 7, se calcula una media del valor obtenido por todos los sensores fisiológicos 7, obteniendo así una puntuación en la escala Borg CR10 de fatiga física apoyada por múltiples sensores, la cual constituye la medida de fatiga 36.

La unidad de procesamiento de datos secundaria 26 integra la información de los sensores inerciales 6 para obtener así un esqueleto 3D de la persona en tiempo real, lo que da como resultado una serie temporal. Esta serie se compara con una plantilla de cómo sería el movimiento perfecto de acuerdo con la información capturada de un experto, obteniendo así en tiempo real la desviación 38 del movimiento del usuario con respecto al movimiento ideal del experto (movimiento patrón 20). En una realización, esta desviación 38 se calcula como la diferencia entre la trayectoria y posición de una parte del cuerpo en el movimiento patrón 20 y la trayectoria y posición de una parte del cuerpo en la ejecución del usuario. Para proporcionar una comparación justa, las dimensiones de la plantilla del experto primero se ajustan a las del usuario, y los umbrales para determinar correctitud se calculan relativos al cuerpo del usuario (e.g., mitad de distancia entre las caderas).

El módulo de toma de decisiones 39, en función de la medida de fatiga 36 y la desviación 38, puede decidir enviar al usuario un aviso o retroalimentación (háptico, visual y auditivo) en tiempo real o en diferido, y determinar la intensidad de la retroalimentación háptica.

- 5 - En tiempo real: Si la fatiga es baja, la desviación 38 puede avisarse al usuario en tiempo real con los actuadores hápticos (vibración en la parte del cuerpo indicando hacia donde debe mover para corregir), la retroalimentación visual (representación de desviación con respecto a trayectoria ideal o representación visual de la desviación y texto) y la retroalimentación auditiva (sonificación de movimientos e instrucciones verbales). La intensidad de la retroalimentación háptica aplicada puede ser
- 10 proporcional a la magnitud de la desviación 38. Lo mismo ocurre con la sonificación, a mayor desviación, mayor volumen o tono; y con la presentación visual de la desviación, a mayor desviación, mayor intensidad de color o se va a un color concreto.
- En diferido: Si la fatiga es alta, esta desviación puede avisarse en diferido, mientras
- 15 descansa. En este caso, cuando el usuario termine los movimientos, presentará ante el usuario un esqueleto 3D virtual de él mismo haciendo el movimiento, representando con sonificación y color la desviación.

La retroalimentación puede presentarse al usuario para corregir trayectorias y posiciones en el espacio, pero también para corregir la sincronización del movimiento. Por ejemplo, si el usuario debe hacer una acción como respuesta a un estímulo concreto en un momento determinado, la retroalimentación puede indicar cuál es el momento oportuno.

El sistema puede usar los sensores inerciales 6 no solo para capturar los movimientos y analizarlos, sino también para grabarlos, lo cual servirá después como plantilla para aprender estos nuevos movimientos.

La cámara 15 colocada en las gafas de realidad extendida 10 se puede encargar de detectar el estado 37 del usuario a través de expresiones de la boca 43. La detección de las expresiones se realiza preferentemente con una red neuronal convolucional. Estos estados 30 37 pueden ser, por ejemplo: aburrimiento, confusión, compromiso o frustración. El estado 37 se puede emplear para tomar decisiones:

- Si el usuario muestra signos de aburrimiento, el sistema incrementa la dificultad del movimiento.

- Si el usuario presenta confusión, se puede presentar retroalimentación tanto en tiempo real como en diferido.
- Si se detecta un alto nivel de compromiso, el sistema puede mantener la actividad actual, y aumentar la dificultad del movimiento progresivamente para optimizar la mejora de las habilidades motoras del usuario.
- Si el usuario manifiesta frustración, se pueden ofrecer pausas o ejercicios de respiración para ayudar a aliviar el estrés, así como la posibilidad de regresar a un movimiento más básico o conocido antes de avanzar nuevamente en la dificultad del movimiento.

De este modo, el sistema no solo ajusta la retroalimentación háptica y visual en base a la fatiga y desviaciones del movimiento, sino que también puede responder de manera dinámica a los estados actuales del usuario, garantizando una experiencia de mejora de habilidades motoras más efectiva y adaptada a sus necesidades individuales.

Durante las pausas, el sistema se puede centrar en el aspecto cognitivo y teórico de la actividad motora, realizando preguntas al usuario, que será capaz de responder verbalmente con el micrófono 16 de las gafas de realidad extendida 10 a las preguntas, empleando en la conversación tecnologías de reconocimiento y generación de voz.

El progreso y la mejora de habilidades motoras se puede calcular, por ejemplo, en un valor de 0 a 100, donde 0 se considera 0 aciertos con respecto al movimiento patrón y 100 representa perfección con respecto al movimiento patrón. Cada sesión de movimientos se puede calcular un valor medio del error cometido y añadirse a una gráfica que representa el nivel de mejora de las habilidades motoras. Si el nivel de mejora disminuye, el sistema se adaptará al usuario y disminuirá la dificultad del movimiento, mostrando movimientos patrones 20 más básicos y reduciendo la intensidad del movimiento. Cuando el nivel de mejora aumenta, se puede avanzar a movimientos patrones más complejos, aumentando la intensidad del movimiento. Para cada sesión de movimientos se pueden anotar los niveles de fatiga y estados capturados, como manera de explicar las mejoras en el rendimiento.

La presente invención también se refiere a un método implementado por ordenador para mejora de habilidades motoras. La **Figura 5** muestra un diagrama de flujo del método 100, el cual comprende las siguientes etapas:

- 5 - Representar 102, previamente a la realización de un movimiento por parte de un usuario 27 portador de un traje e-textil 2 que comprende una pluralidad de hilos conductores 5, un movimiento patrón 20 en una pantalla 14 de unas gafas de realidad extendida 10, donde las gafas de realidad extendida 10 están integradas en una capucha 4 del traje e-textil 2.
- Capturar 104, mediante una pluralidad de sensores inerciales 6 integrados en el traje e-textil 2, unos datos inerciales 12 del usuario 27 durante la realización del movimiento.
- Capturar 106, mediante al menos un sensor fisiológico 7 integrado en el traje e-textil 2, unos datos fisiológicos 13 del usuario 27 durante la realización del movimiento.
- 10 - Recibir 108, por parte de una unidad de control 11 integrada en el traje e-textil 2, los datos inerciales 12 y los datos fisiológicos 13 del usuario 27 a través de hilos conductores 5.
- Obtener 110, a partir de los datos inerciales 12, una serie temporal 32 de un esqueleto 3D que describe el movimiento del usuario 27.
- 15 - Detectar 112 una desviación 38 entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón 20 mediante la comparación de la serie temporal 32 del esqueleto 3D del movimiento del usuario con una serie temporal patrón de un esqueleto 3D asociada al movimiento patrón 20.
- Obtener 114, a partir de los datos fisiológicos 13, una medida de fatiga 36.
- 20 - Comprobar 116 si la medida de fatiga 36 y la desviación 38 cumplen unas determinadas condiciones de aviso en tiempo real, y en cuyo caso:
 - Determinar 118, en función de la desviación 38, al menos un actuador háptico 8 para activar de entre una pluralidad de actuadores hápticos 8 integrados en el traje e-textil 2.
 - 25 ○ Activar 120 dicho al menos un actuador háptico 8 durante la realización del movimiento.
 - Generar 122 una señal de aviso 21 que incluye información representativa de la desviación 38.
 - Reproducir 124 la señal de aviso 21 en las gafas de realidad extendida 10
 - 30 durante la realización del movimiento.

Las condiciones de aviso en tiempo real se pueden considerar cumplidas si la medida de

fatiga 36 es menor que un umbral inferior de fatiga y la desviación 38 supera un umbral de desviación. En una realización, el método 100 comprende adicionalmente comprobar si la medida de fatiga 36 cumple una condición de aviso en diferido, y en cuyo caso generar una señal de aviso diferida que incluye información representativa de la desviación 38 y reproducir la señal de aviso diferida en las gafas de realidad extendida 10 posteriormente a la realización del movimiento. La señal de aviso diferida puede incluir información visual y/o auditiva. La condición de aviso en diferido se puede considerar cumplida si la medida de fatiga 36 está incluida en un determinado rango de fatiga, donde los valores del rango de fatiga son superiores al umbral inferior de fatiga empleado en las condiciones de aviso en tiempo real.

En una realización, la desviación 38 incluye al menos una diferencia espacial entre una o varias posiciones del esqueleto 3D del movimiento del usuario y unas o varias posiciones del esqueleto 3D del movimiento patrón 20, analizados en un rango temporal o en instante de tiempo determinado.

En la **Figura 6A** se muestra una serie temporal 32 de un esqueleto 3D 44 capturado durante la realización de un movimiento de un usuario 27 (en particular, un movimiento de elevación de codo). Por simplicidad, solo se muestran los esqueletos 3D 44 obtenidos a partir de los datos inerciales 12 de los sensores inerciales 6 en tres instantes de tiempo (t_0 , t_1 y t_N), pero la serie temporal 32 comprende en realidad N esqueletos 3D 44, donde N depende de la frecuencia de muestreo de los sensores inerciales 6 y la duración del movimiento del usuario. En el ejemplo mostrado en la Figura 6, el esqueleto 3D está formado por diez puntos, correspondiendo a las posiciones en tiempo real de diez sensores inerciales 6 ubicados en los extremos de las mangas 28, los codos, los hombros, las rodillas y los extremos de las perneras 29 del traje e-textil 2.

En la **Figura 6B** se representa una serie temporal patrón 45 de un esqueleto 3D 46, donde la serie temporal patrón 45 corresponde al movimiento patrón 20 que ha realizado previamente un experto y se ha registrado y almacenado en memoria 19. En este ejemplo la serie temporal patrón 45 comprende M esqueletos 3D 46, donde M y N pueden diferir.

Para detectar la desviación 38 entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón 20 se compara la serie temporal 32 del movimiento del usuario con la serie temporal patrón 45 del movimiento patrón 20. Para obtener la desviación 38 se comparan unos parámetros concretos de las series temporales, los cuales pueden depender en cada caso del movimiento patrón 20

que se esté intentando replicar. Cada movimiento patrón 20 puede tener marcado los parámetros a analizar y los umbrales de desviación, los cuales pueden estar almacenados también en memoria 19.

- 5 Como se ilustra en el ejemplo de la **Figura 6C**, en el movimiento de elevación de codo se puede comparar la altura máxima D_{MAX_U} de elevación del codo 47 con respecto al hombro 48 en el movimiento del usuario, que tiene lugar en el instante t_N de la serie temporal 32, con la altura máxima D_{MAX_P} de elevación del codo 47 con respecto al hombro 48 en el movimiento patrón 20, que ocurre en el instante t_M de la serie temporal patrón 45. La diferencia espacial
- 10 ($D_{MAX_P} - D_{MAX_U}$) entre ambas alturas marcaría la desviación 38. Se pueden también considerar otros parámetros adicionales para obtener la desviación 38, como la diferencia de ángulos ($\alpha_p - \alpha_u$) en el codo (ángulo que forma el brazo con el antebrazo) entre ambos instantes. La desviación 38 calculada se compara con un umbral de desviación (si se analizan varios parámetros, se puede emplear varios umbrales de desviación). Para que la
- 15 comparación sea más correcta, preferentemente se ajustan las dimensiones del esqueleto 3D 46 del experto a las dimensiones del esqueleto 3D 44 del usuario 27. El umbral de desviación se puede definir de manera absoluta o relativa al cuerpo del usuario (por ejemplo, el umbral de desviación se puede definir con una distancia o un ángulo predeterminado, e.g., 15 cm, o como un tercio del antebrazo del usuario). Se pueden realizar otras múltiples diferentes
- 20 comparaciones entre las series temporales (32,45) de los esqueletos 3D, en función de la condición que se establezca para cada movimiento patrón, en las que pueden intervenir diferencias temporales y/o diferencias espaciales entre posiciones del esqueleto 3D analizados en un rango temporal o en instante de tiempo determinado.
- 25 Por ejemplo, en el movimiento de elevación de codo se calculan las distancias D_{MAX_U} y D_{MAX_P} para un determinado rango de tiempo (e.g. durante los 2 primeros segundos del movimiento), se determina la desviación 38 entre ambas distancias y, si dicha desviación 38 es superior a un determinado umbral de desviación D_{TH} (e.g., si $D_{MAX_P} - D_{MAX_U} > D_{TH}$) y la medida de fatiga 36 es menor que un umbral inferior de fatiga, se activa el actuador háptico 8 situado en dicho
- 30 codo 47 y se reproduce una determinada señal de aviso 21 en las gafas de realidad extendida 10 para que el usuario 27 corrija el movimiento (en el ejemplo, para que suba más el codo y así se acerque más al movimiento patrón). La intensidad de activación del actuador háptico 8 activado se puede determinar en función de la magnitud de la desviación, esto es, del valor $D_{MAX_P} - D_{MAX_U}$; por ejemplo, la intensidad puede ser proporcional a dicho valor. Esta
- 35 retroalimentación háptica y visual/auditiva se produce durante la realización del movimiento,

para la corrección del mismo durante su ejecución. La detección de la desviación 38 se puede llevar a cabo de manera continua o de manera puntual durante la realización del movimiento. Por ejemplo, si el movimiento patrón dura 6 segundos, se puede calcular la desviación 38 cada segundo o puntualmente en medio del ejercicio (e.g., en el segundo 3), y enviar al usuario 27 la retroalimentación cuando la desviación 38 sea superior al umbral de desviación, de forma que el usuario 27 tiene tiempo para corregir el movimiento durante su ejecución.

Para determinar la desviación 38 entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón 20 se pueden considerar múltiples parámetros temporales y espaciales de las series temporales de esqueleto 3D, utilizando diferentes algoritmos y herramientas de comparación matemáticas, puesto que se está comparando la evolución temporal de múltiples posiciones (articulaciones del esqueleto 3D) correspondientes a dos movimientos diferentes (movimiento del usuario vs movimiento patrón 20).

La desviación 38 puede también incluir al menos una diferencia temporal entre la serie temporal del esqueleto 3D del movimiento del usuario y la serie temporal patrón del movimiento patrón 20. Por ejemplo, si en el movimiento de elevación del codo el usuario sube el codo la cantidad correcta, pero con un retraso de 1 segundo con respecto al movimiento patrón, se puede activar el actuador háptico 8 del codo 47 y/o reproducir en las gafas de realidad extendida 10 una señal de aviso 21 para que el usuario acelere el movimiento y se acerque así al ritmo marcado por el movimiento patrón. En este caso el umbral de desviación sería un valor de tiempo, en lugar de una distancia.

A continuación, se explican un caso de uso de la presente invención aplicado a la mejora de habilidades motoras en artes marciales:

- El usuario se coloca el traje e-textil con las gafas de realidad extendida, las cuales realizan un calibrado inicial de los sensores.
- El sistema pide al usuario que realice una serie de pruebas iniciales para establecer valores mínimos y máximo de sus señales fisiológicas. De esta forma, se obtienen los valores base de fatiga del usuario y se guardan en memoria.
- El sistema comienza con una sesión de calentamiento. El usuario la realiza y el sistema monitoriza su información fisiológica como modo de comprobar cuándo terminar el calentamiento y la intensidad del movimiento. El sistema se encarga de monitorizar el calentamiento corrigiendo posibles errores que podrían causar lesiones.

- Empieza la sesión de entrenamiento de técnicas y movimientos. El sistema realiza una presentación de la técnica a realizar (movimiento patrón) en las gafas de realidad extendida. El sistema comienza a guiar la práctica de la técnica. A medida que los movimientos se ejecutan, los sensores inerciales están capturando datos en tiempo real, generando una serie temporal del esqueleto 3D. El sistema contiene una plantilla de cómo se debe realizar el movimiento ideal, la serie temporal generada se compara continuamente con la plantilla, calculando la desviación en tiempo real. Si la desviación supera un umbral, el sistema proveerá retroalimentación auditiva, visual y háptica cuya intensidad se corresponde a la cantidad de desviación. El sistema podrá adaptar la dificultad de los movimientos en función de la desviación.
- Opcionalmente, se puede también iniciar una sesión de entrenamiento de sincronización. El sistema puede medir la sincronización del usuario al hacer un movimiento o una técnica. El sistema puede mostrar en la pantalla de las gafas de realidad extendida a un oponente virtual atacando al usuario, midiendo el tiempo de respuesta a ese ataque. Cada técnica tiene un ritmo y una sincronización entre los movimientos. El sistema puede usar los actuadores hápticos para indicar al usuario cuándo mover una determinada parte del cuerpo.
- A medida que la sesión avanza, los niveles de fatiga del usuario aumentan. Cuando se cruza un umbral de fatiga media (e.g., 5), el sistema baja la intensidad de la retroalimentación en tiempo real. Cuando se cruza un umbral de fatiga alta (e.g., 7) el sistema deja de dar retroalimentación en tiempo real y pasará a dar avisos en diferido tras realizar el movimiento, para que el usuario pueda descansar mientras ve y escucha la retroalimentación visual y auditiva. Cuando se cruza un umbral de fatiga muy alta (e.g., 9), el sistema puede proponer pausas y descansos.
- Durante el movimiento, se capturan expresiones faciales a través de la cámara integrada en las gafas de realidad extendida y se detecta el estado actual del usuario:
 - o Si se detecta un estado de confusión, se puede aportar retroalimentación en tiempo real y después retroalimentación en diferido para explicar la realización del movimiento en detalle.
 - o Si se detecta aburrimiento, la dificultad de los movimientos aumenta.
 - o Si se detecta frustración, el sistema puede sugerir pausas y movimientos más sencillos, dando retroalimentación en diferido tras los movimientos.

- Si se detecta compromiso, el sistema continúa la sesión y aumenta la dificultad si la desviación o error cometido es bajo.

- El sistema termina la sesión de múltiples movimientos con un informe del progreso total. Se notifica al usuario sobre qué áreas debe mejorar y qué movimientos específicos debe realizar en la siguiente sesión.

5

El sistema se puede aplicar para la mejora de habilidades motoras en otras diferentes actividades, como por ejemplo danza. Así, en una sesión de entrenamiento de coreografía, el sistema puede realizar una presentación de la coreografía a realizar, representando en las

10 gafas de realidad extendida un modelo 3D del movimiento a realizar que el usuario puede pausar, continuar, o mover para ver desde otro ángulo. El sistema comienza a guiar la práctica de la coreografía, proporcionando realimentación para mejorar el movimiento del usuario y que este se acerque cada vez más a la coreografía a realizar. El sistema puede también incluir:

- 15 - Una sesión de entrenamiento de ritmo, donde se reproduce música para la coreografía y con los sensores inerciales se detectan picos en los movimientos para comprobar si el usuario se mueve al ritmo de la música y detectar de esta forma si existe coordinación con la música. En este caso, se puede medir la desviación de los picos detectados en movimiento con respecto al ritmo de la música, medida en tiempo.
- 20 - Una sesión de asistencia en ritmo, donde si el usuario es avanzado y conoce los movimientos de la coreografía, los sensores hápticos pueden marcar el ritmo de la música con vibraciones para ayudar al usuario a seguir el ritmo.
- Una sesión de creatividad, donde se pone música al usuario, y el usuario crea una coreografía. El sistema puede grabar esta coreografía. La coreografía medida puede
- 25 detectar movimientos existentes y calcular su desviación con respecto al movimiento original. Si el movimiento es nuevo, lo guarda. El sistema puede medir la coordinación con la música, para después visualizarla en 3D, y practicarla.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema e-textil con realidad extendida para mejora de habilidades motoras, caracterizado por que comprende:

5 un traje e-textil (2) que incluye un cuerpo principal (3), una capucha (4) y una pluralidad de hilos conductores (5); y

una pluralidad de componentes electrónicos integrados en el traje e-textil (2) e interconectados mediante hilos conductores (5), incluyendo:

10 una pluralidad de sensores inerciales (6) configurados para capturar unos datos inerciales (12) de un usuario (27) portador del traje e-textil (2) durante la realización de un movimiento del usuario;

al menos un sensor fisiológico (7) configurado para capturar unos datos fisiológicos (13) del usuario (27) durante la realización del movimiento;

una pluralidad de actuadores hápticos (8);

15 una batería (9);

unas gafas de realidad extendida (10) integradas en la capucha (4) del traje e-textil (2); y

una unidad de control (11) configurada para:

20 representar en una pantalla (14) de las gafas de realidad extendida (10), previo a la realización del movimiento del usuario, un movimiento patrón (20);

obtener, a partir de los datos inerciales (12), una serie temporal (32) de un esqueleto 3D (44) que describe el movimiento del usuario;

25 detectar una desviación (38) entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón (20) mediante la comparación de la serie temporal (32) del esqueleto 3D (44) del movimiento del usuario con una serie temporal patrón (45) de un esqueleto 3D (46) asociada al movimiento patrón (20);

obtener, a partir de los datos fisiológicos (13), una medida de fatiga (36) durante la realización del movimiento; y

30 comprobar si la medida de fatiga (36) y la desviación (38) cumplen unas determinadas condiciones de aviso en tiempo real, y en cuyo caso:

determinar, en función de la desviación (38), al menos un actuador háptico (8) para activar;

activar dicho al menos un actuador háptico (8) durante la realización del movimiento;

35 generar una señal de aviso (21) que incluye información

representativa de la desviación (38); y

reproducir la señal de aviso (21) en las gafas de realidad extendida (10) durante la realización del movimiento.

5 2. El sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que las condiciones de aviso en tiempo real se cumplen si la medida de fatiga (36) es menor que un umbral inferior de fatiga y la desviación (38) supera un umbral de desviación.

10 3. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la señal de aviso (21) incluye información visual y/o auditiva.

4. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la unidad de control (11) está configurada para comprobar si la medida de fatiga (36) cumple una condición de aviso en diferido, y en cuyo caso:

15 generar una señal de aviso diferida que incluye información representativa de la desviación (38); y

reproducir la señal de aviso diferida en las gafas de realidad extendida (10) posteriormente a la realización del movimiento del usuario.

20 5. El sistema según la reivindicación 4, caracterizado por que la condición de aviso en diferido se cumple si la medida de fatiga (36) está incluida en un determinado rango de fatiga.

25 6. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la desviación (38) incluye al menos una diferencia espacial entre una o varias posiciones del esqueleto 3D (44) del movimiento del usuario y unas o varias posiciones del esqueleto 3D (46) del movimiento patrón (20).

30 7. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la desviación (38) incluye al menos una diferencia temporal entre la serie temporal (32) del esqueleto 3D (44) del movimiento del usuario y la serie temporal patrón (45).

8. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el al menos un sensor fisiológico (7) se selecciona entre:

un sensor de temperatura;

35 un sensor de frecuencia cardíaca;

un sensor de saturación de oxígeno en sangre;
 un sensor de frecuencia respiratoria;
 un sensor de actividad electrodérmica; o
 una combinación de los anteriores.

5

9. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la unidad de control (11) está configurada para obtener la medida de fatiga (36) mediante la comparación de los datos fisiológicos (13) capturados durante la realización del movimiento con unos valores base de fatiga del usuario (27) obtenidos previamente a la realización del movimiento.

10

10. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la unidad de control (11) está configurada para controlar la intensidad de activación de los actuadores hápticos (8) activados en función de la magnitud de la desviación (38).

15

11. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los sensores inerciales (6) y los actuadores hápticos (8) están ubicados al menos en las extremidades del traje e-textil (2).

20

12. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las gafas de realidad extendida (10) incluyen una cámara (15) configurada para adquirir, durante la realización del movimiento del usuario, imágenes faciales (23) que incluyen al menos parcialmente la boca (43) del usuario (27);

y donde la unidad de control (11) está configurada para:

25

detectar un estado (37) del usuario (27) mediante el análisis de las imágenes faciales (23) utilizando una red neuronal convolucional; y

en función del estado (37) detectado, cambiar el movimiento patrón (20) representado en la pantalla (14) para la realización de un movimiento posterior del usuario (27).

30

13. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la unidad de control (11) comprende una unidad de procesamiento de datos principal (25) ubicada en las gafas de realidad extendida (10) y una unidad de procesamiento de datos secundaria (26) ubicada en el cuerpo principal (3) del traje e-textil (2).

35

14. Un método implementado por ordenador para mejora de habilidades motoras,

caracterizado por que comprende:

representar (102), previamente a la realización de un movimiento por parte de un usuario (27) portador de un traje e-textil (2) que comprende una pluralidad de hilos conductores (5), un movimiento patrón (20) en una pantalla (14) de unas gafas de realidad extendida (10), donde las gafas de realidad extendida (10) están integradas en una capucha (4) del traje e-textil (2);

capturar (104), mediante una pluralidad de sensores inerciales (6) integrados en el traje e-textil (2), unos datos inerciales (12) del usuario (27) durante la realización del movimiento;

capturar (106), mediante al menos un sensor fisiológico (7) integrado en el traje e-textil (2), unos datos fisiológicos (13) del usuario (27) durante la realización del movimiento;

recibir (108), por parte de una unidad de control (11) integrada en el traje e-textil (2), los datos inerciales (12) y los datos fisiológicos (13) del usuario (27) a través de hilos conductores (5);

obtener (110), a partir de los datos inerciales (12), una serie temporal (32) de un esqueleto 3D (44) que describe el movimiento del usuario;

detectar (112) una desviación (38) entre el movimiento del usuario y el movimiento patrón (20) mediante la comparación de la serie temporal (32) del esqueleto 3D (44) del movimiento del usuario con una serie temporal patrón (45) de un esqueleto 3D (46) asociada al movimiento patrón (20);

obtener (114), a partir de los datos fisiológicos (13), una medida de fatiga (36); y
comprobar (116) si la medida de fatiga (36) y la desviación (38) cumplen unas determinadas condiciones de aviso en tiempo real, y en cuyo caso:

determinar (118), en función de la desviación (38), al menos un actuador háptico (8) para activar de entre una pluralidad de actuadores hápticos (8) integrados en el traje e-textil (2);

activar (120) dicho al menos un actuador háptico (8) durante la realización del movimiento;

generar (122) una señal de aviso (21) que incluye información representativa de la desviación (38); y

reproducir (124) la señal de aviso (21) en las gafas de realidad extendida (10) durante la realización del movimiento.

15. El método según la reivindicación 14, caracterizado por que las condiciones de aviso en tiempo real se cumplen si la medida de fatiga (36) es menor que un umbral inferior de fatiga y

la desviación (38) supera un umbral de desviación.

16. El método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 15, caracterizado por que la señal de aviso (21) incluye información visual y/o auditiva.

5

17. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende comprobar si la medida de fatiga (36) cumple una condición de aviso en diferido, y en cuyo caso:

10 generar una señal de aviso diferida que incluye información representativa de la desviación (38); y

reproducir la señal de aviso diferida en las gafas de realidad extendida (10) posteriormente a la realización del movimiento del usuario.

15 18. El método según la reivindicación 17, caracterizado por que la condición de aviso en diferido se cumple si la medida de fatiga (36) está incluida en un determinado rango de fatiga.

19. El método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, caracterizado por que la desviación (38) incluye al menos una diferencia espacial entre una o varias posiciones del esqueleto 3D (44) del movimiento del usuario y unas o varias posiciones del esqueleto 3D (46) del movimiento patrón (20).

20

20. El método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, caracterizado por que la desviación (38) incluye al menos una diferencia temporal entre la serie temporal (32) del esqueleto 3D (44) del movimiento del usuario y la serie temporal patrón (45).

25

21. El método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, caracterizado por que comprende:

capturar unos datos fisiológicos (13) del usuario (27) durante unas pruebas de fatiga anteriores a la realización del movimiento;

30 determinar unos valores base de fatiga del usuario (27) en función de los datos fisiológicos (13) capturados en las pruebas de fatiga; y

almacenar los valores base de fatiga en una memoria (19).

22. El método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 21, caracterizado por que la medida de fatiga (36) es obtenida mediante la comparación de los datos fisiológicos (13)

35

capturados durante la realización del movimiento con unos valores base de fatiga del usuario (27) obtenidos previamente a la realización del movimiento.

5 23. El método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 22, caracterizado por que la intensidad de activación de los actuadores hápticos (8) activados se determina en función de la magnitud de la desviación (38).

24. El método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 23, caracterizado por que comprende:

10 adquirir, durante la realización del movimiento del usuario, imágenes faciales (23) que incluyen al menos parcialmente la boca (43) del usuario (27);

 detectar un estado (37) del usuario (27) mediante el análisis de las imágenes faciales (23) utilizando una red neuronal convolucional; y

15 en función del estado (37) detectado, cambiar el movimiento patrón (20) representado en la pantalla (14) para la realización de un movimiento posterior.

25. Un producto de programa que comprende medios de instrucciones de programa para llevar a cabo el método (100) de cualquiera de las reivindicaciones 14 a 24 cuando el programa se ejecuta en un procesador.

20 26. Un medio de soporte de programas, que almacena el producto de programa según la reivindicación 25.

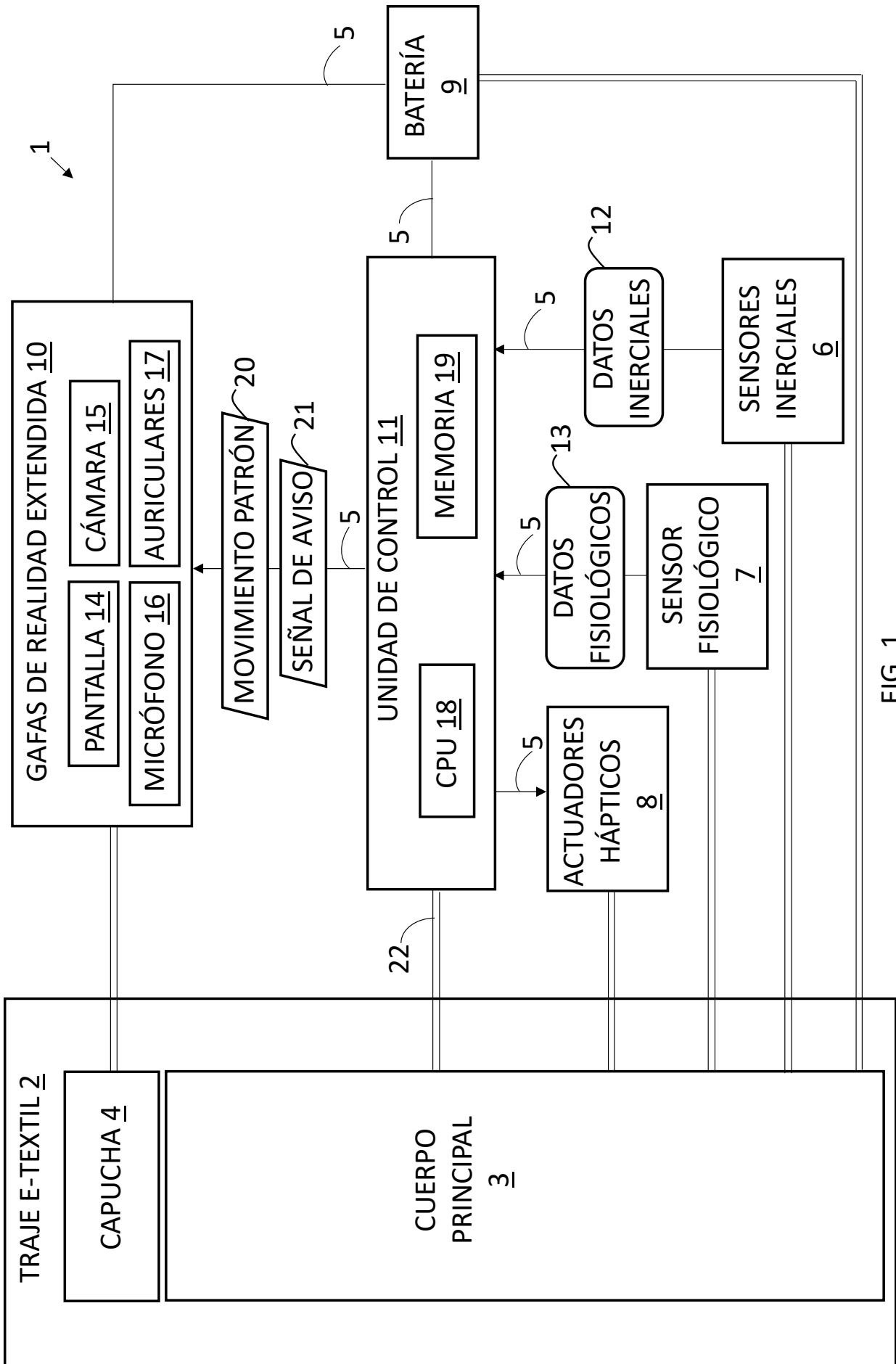


FIG. 1

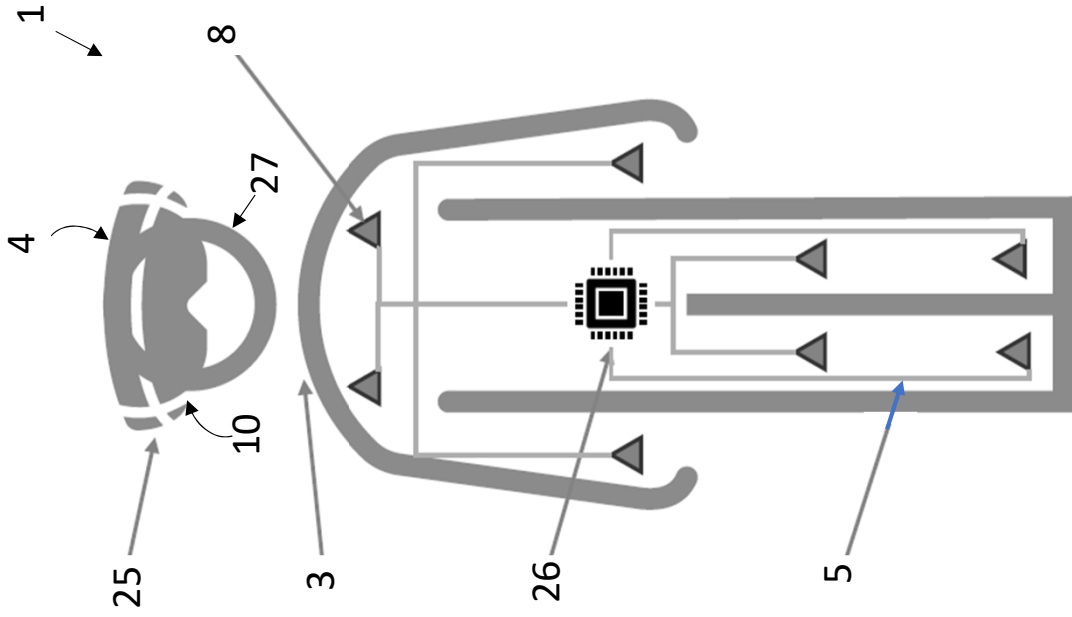


FIG. 2B

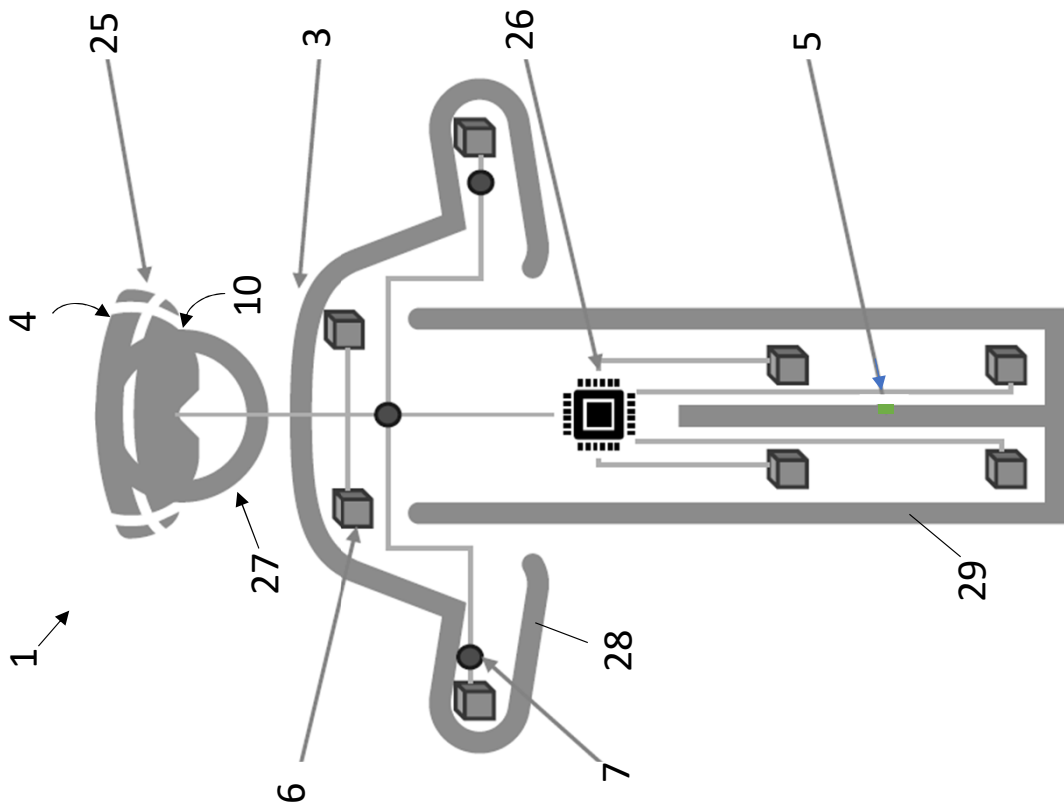


FIG. 2A

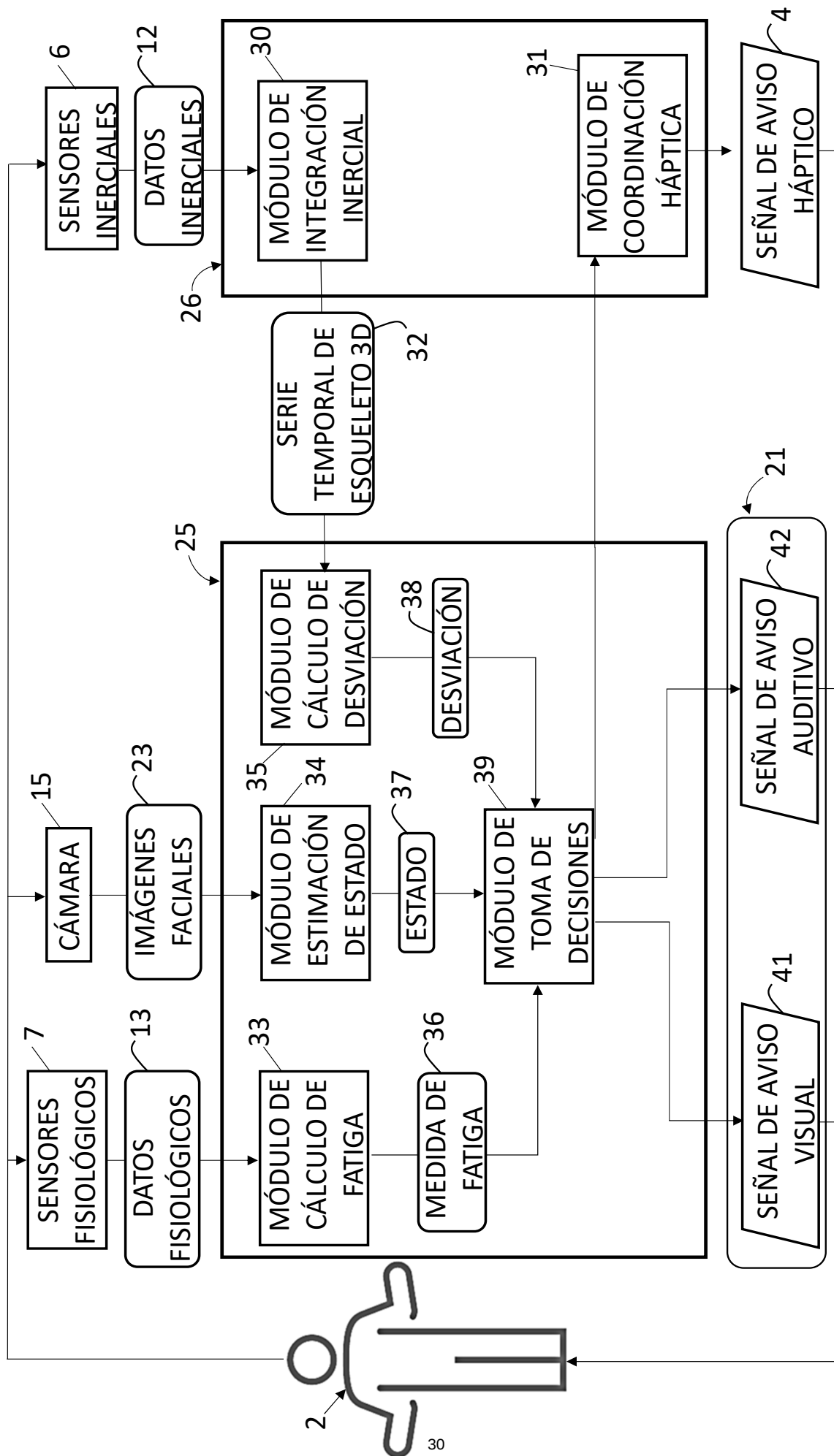


FIG. 3

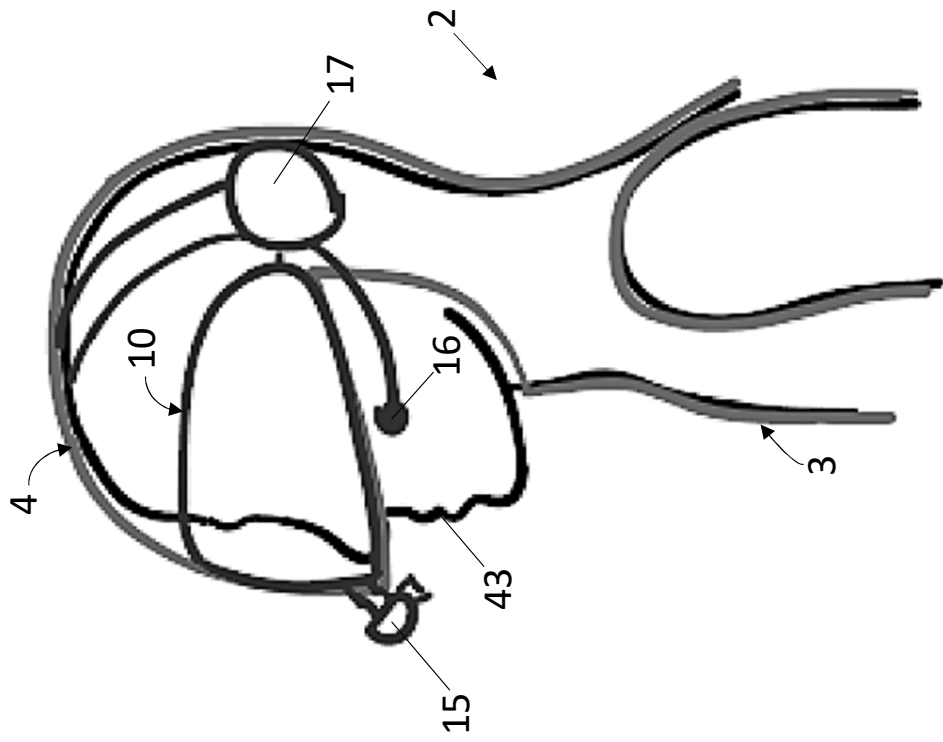
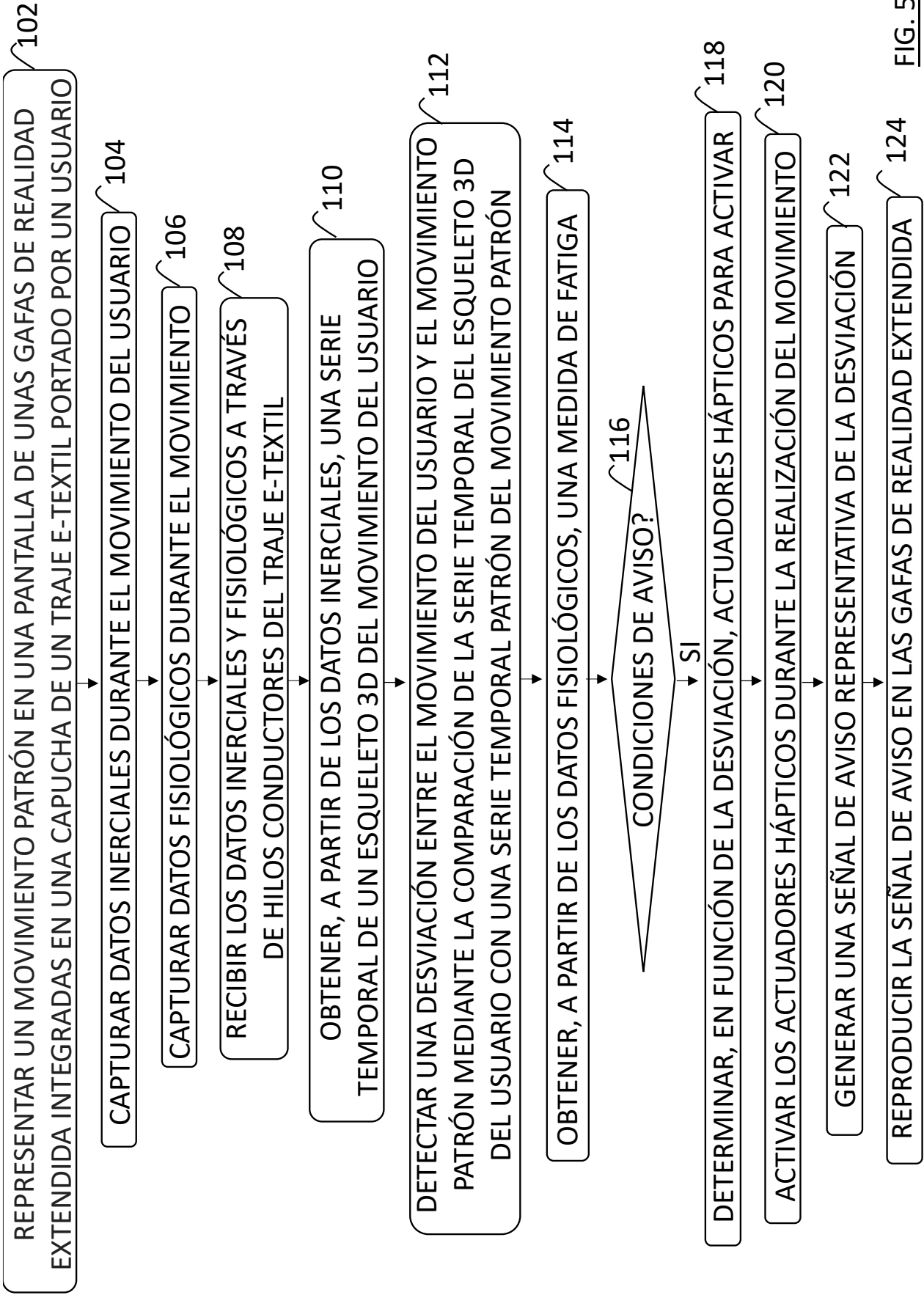


FIG. 4



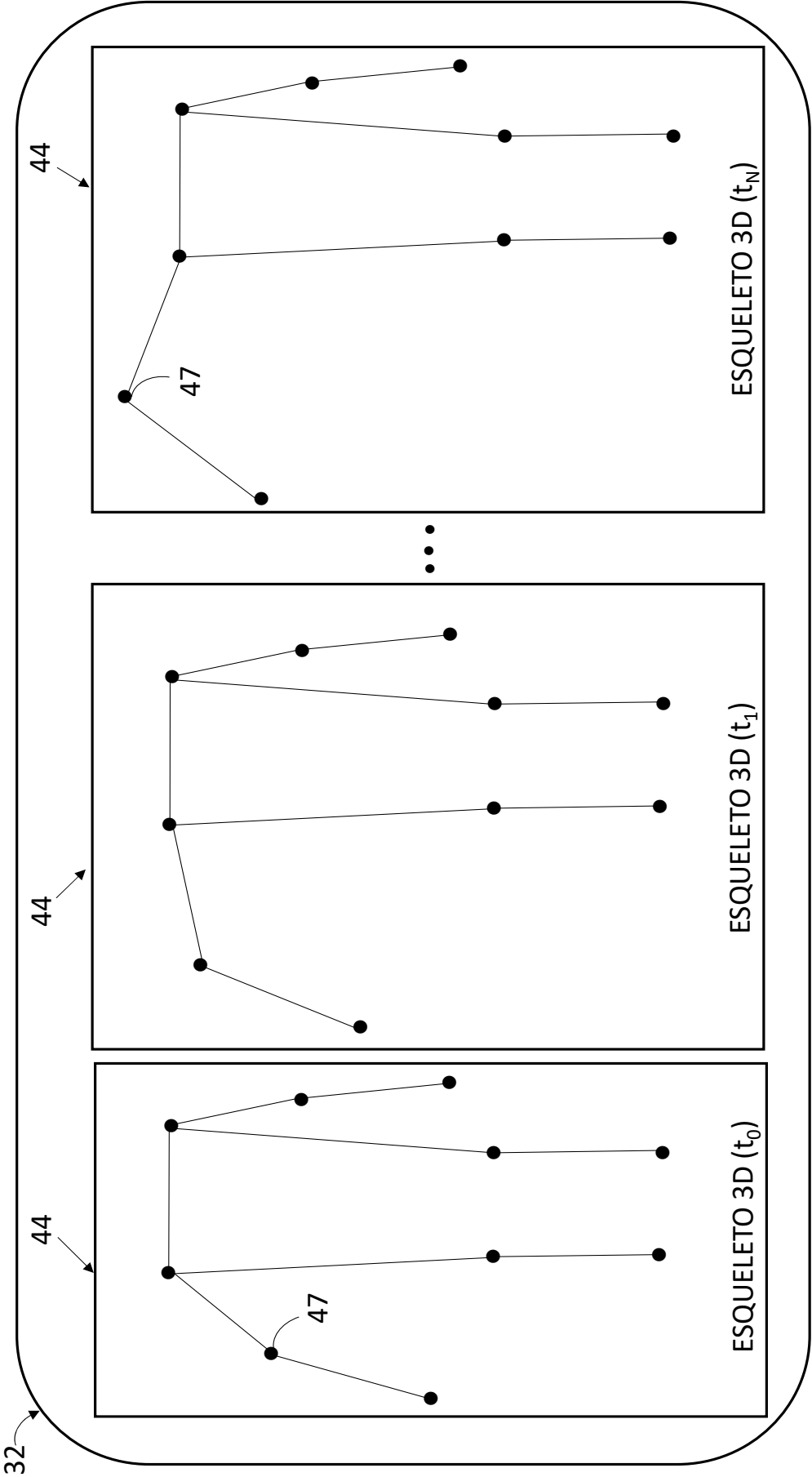


FIG. 6A

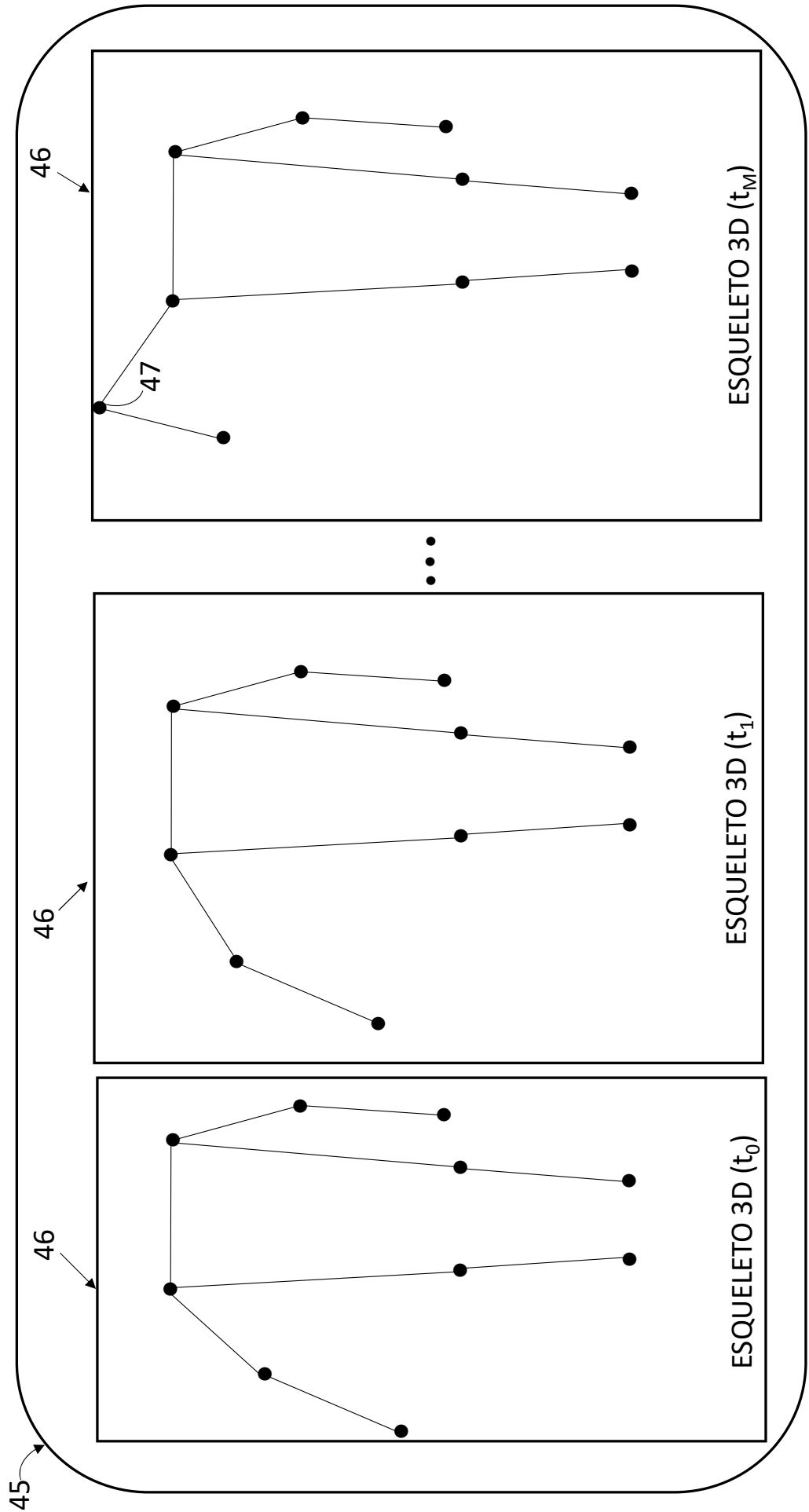


FIG. 6B

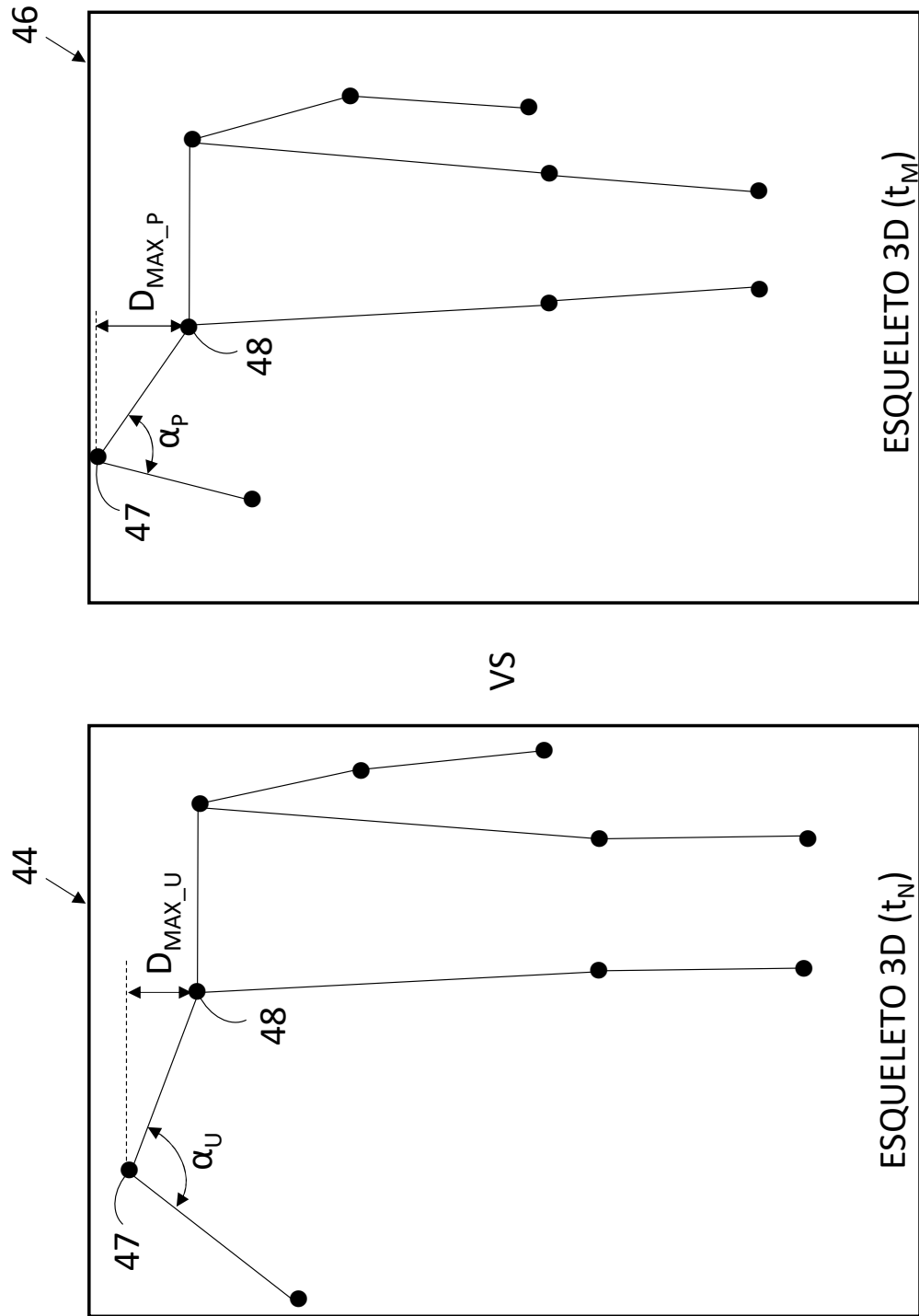


FIG. 6C



21 N.º solicitud: 202431111
22 Fecha de presentación de la solicitud: 27.12.2024
32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

51 Int. cl.:
A61B5/11 (2006.01)
A41D1/00 (2018.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2023072423 A1 (OSBORN et al.) 09/03/2023, párrafos [257 - 1736].	1-26
A	WO 2015138515 A1 (LIFE CORP.) 17/09/2015, párrafo [3]; párrafos [13 - 64]; figuras 1 - 7.	1-26
A	US 2016338644 A1 (CONNOR) 24/11/2016, párrafo [4]; párrafos [78 - 79]; párrafos [150 - 734].	1-26
A	US 2023270352 A1 (ZELIK et al.) 31/08/2023, párrafo [4]; párrafos [17 - 79]; párrafos [111 - 174].	1-26
A	US 2021272376 A1 (VAN ANDEL) 02/09/2021, párrafo [2]; párrafos [17 - 76].	1-26

Categoría de los documentos citados
X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado
☒ para todas las reivindicaciones
☐ para las reivindicaciones nº:

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

A61B, A41D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, DWPI