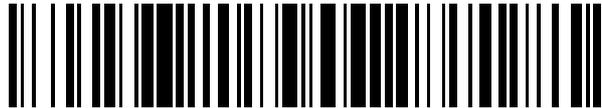


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 594 805**

21 Número de solicitud: 201600222

51 Int. Cl.:

G08C 23/04 (2006.01)
A63F 9/24 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

16.03.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

22.12.2016

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

25.08.2017

Fecha de concesión:

25.10.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

02.11.2017

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE MURCIA (48.0%)
Oficina de Transferencia de Resultados de
Investigación (OTRI). Vicerrectorado de
Investigación e Internacionalización. Campus
Universitario de Espinardo, Edificio Rector Soler,
1ª planta
30100 Murcia (Murcia) ES y
PÉREZ CABALLERO , Carlos Esteban (52.0%)**

72 Inventor/es:

**PÉREZ CABALLERO , Carlos Esteban;
ARENAS DALLA-VECCHIA , Aurelio ;
SÁNCHEZ MEDINA, Luis;
SÁEZ MUÑOZ, Roberto Carlos y
PÉREZ CABALLERO , Carlos Esteban**

54 Título: **Sistema opto-electrónico para el seguimiento de trayectorias en la evaluación del rendimiento físico y deportivo**

57 Resumen:

Sistema opto-electrónico para el seguimiento de trayectorias en la evaluación del rendimiento físico y deportivo.

La presente invención consiste en un sistema opto-electrónico diseñado para localizar, seguir y registrar la trayectoria descrita a lo largo del tiempo por uno o varios focos de luz infrarroja que se mueven dentro de un área plana. Esto permite la determinación de una serie de variables como: distancia entre focos, longitud de la trayectoria recorrida, ángulo descrito, velocidad instantánea, velocidad media, velocidad máxima, aceleración y otras magnitudes físicas derivadas de éstas.

Este sistema opto-electrónico puede aplicarse en distintos ámbitos relativos al control del entrenamiento y el rendimiento deportivo, la actividad física y la salud, tales como: pruebas de atletismo, ejercicios de entrenamiento de fuerza muscular, evaluación de la condición física, programas de rehabilitación física en personas lesionadas o en personas mayores, etc.

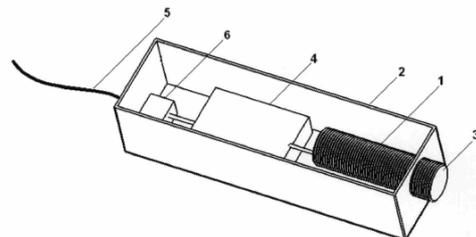


Figura 1

ES 2 594 805 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

DESCRIPCIÓN

Sistema opto-electrónico para el seguimiento de trayectorias en la evaluación del rendimiento físico y deportivo

5

Objeto de la invención

La presente invención consiste en un sistema opto-electrónico diseñado para registrar la trayectoria descrita a lo largo del tiempo por uno o varios focos de luz infrarroja que se mueven dentro de un área perpendicular al eje del sistema. El registro y procesado de los datos obtenidos a partir de la serie de los pares de coordenadas cartesianas de las posiciones de cada foco y los instantes de tiempo relativos a esas posiciones, permite la determinación de una serie de parámetros físicos, tales como: distancias entre focos, longitudes de las trayectorias recorridas, ángulos descritos, velocidades instantáneas, velocidades medias, velocidades máximas, aceleraciones y otras magnitudes físicas derivadas de éstas.

Este sistema opto-electrónico puede aplicarse en distintos ámbitos relativos al control del entrenamiento y el rendimiento deportivo, la actividad física y la salud. Algunos ejemplos podrían ser: pruebas de atletismo, ejercicios de entrenamiento de fuerza muscular, evaluación de la condición física, programas de rehabilitación física en personas lesionadas o en personas mayores, etc.

Concretamente, el sistema que se expone en la presente invención es especialmente útil para controlar o monitorizar el rendimiento físico en ejercicios de entrenamiento de fuerza muscular, tales como, press de banca, salto con contra-movimiento, sentadillas, dominadas, remo y diferentes ejercicios de levantamiento de peso (halterofilia), entre otros; también, para caracterizar pruebas de atletismo como carreras de velocidad, salto de longitud, triple salto y lanzamientos de disco, jabalina, peso y martillo; igualmente para evaluar amplitud de movimiento y rango de movimiento articular de diferentes articulaciones. Las principales personas usuarias de estos ejercicios son atletas y deportistas de alto nivel, practicantes de numerosos deportes a nivel recreativo o aficionado, profesionales pertenecientes a cuerpos de bomberos, a cuerpos y fuerzas de seguridad, así como profesionales del sector de fisioterapia y la rehabilitación física.

35

Sector de la técnica

Este sistema opto-electrónico se encuadra en el sector de la instrumentación electrónica aplicada a la metrología, en distintos ámbitos como el de la preparación física deportiva y el entrenamiento deportivo, la evaluación de la condición física, así como en el sector de equipos para la evaluación del rendimiento físico-deportivo y para la rehabilitación física de personas que salen de lesiones corporales o de personas mayores.

Antecedentes de la invención y estado de la técnica

Los dispositivos utilizados hasta ahora para caracterizar los ejercicios para el desarrollo de la fuerza física, se basan principalmente en tres técnicas. La primera emplea transductores de posición que miden el desplazamiento del objeto que se mueve (generalmente una barra de pesas o el propio cuerpo del atleta) y, por derivaciones matemáticas sucesivas, se obtiene la velocidad y la aceleración del movimiento. Posiblemente, el primer sistema de este tipo sea el desarrollado por Bosco y colaboradores en la década de 1990, denominado “Ergopower”, tal y como se plantea en [BOSCO et al., “A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work”, Eur J Appl Physiol, 1995, Vol. 70, páginas 379-386] y del cual surgieron diferentes variantes y marcas comerciales en años posteriores, todas las cuales centraban su atención en la potencia mecánica como principal variable a controlar durante el entrenamiento de fuerza. Otro sistema de este tipo se plantea en [SIEGEL, J., GILDERS, R., STARON, R., Y HAGERMAN, F., “Human muscle power output during upper and lower body exercises”, JSCR, 2002, Vol. 16(2), páginas 173-178]; este sistema utiliza luces y reflectores en un pórtico construido a propósito para las distancias de desplazamiento en ejercicios de press de banca. Una segunda técnica plantea el entrenamiento de la fuerza basado en el control de la velocidad de ejecución, tal y como se plantea en [SÁNCHEZ-MEDINA, L. y GONZÁLEZ-BADILLO, J.J. “Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training”, Med Sci Sports Exerc, 2011, Sep., Vol. 43(9), páginas 1.725-1.734] y para ello utiliza un tipo de transductor electromecánico que mide directamente la velocidad en los movimientos realizados en dichos ejercicios (ver www.tforcesystem.com). Así, a partir de la velocidad, por integración matemática se obtiene el desplazamiento y por derivación matemática se obtiene la aceleración. La tercera técnica está basada en el uso de dispositivos (acelerómetros) que miden la aceleración y por integración matemática determinan sucesivamente la velocidad y el desplazamiento. Ejemplos de estos dispositivos comerciales pueden encontrarse en: www.myotest.com, www.sensorize.it, www.trainwithpush.com, www.realtracksystems.com, www.vincid.com, alguno de los cuales también plantea el entrenamiento de la fuerza basado en el control de la velocidad.

La evaluación de la velocidad en distintas disciplinas del atletismo, se suele realizar utilizando balizas o barreras de células fotoeléctricas, que suelen situarse a distancias de 5 o 10 metros a lo largo de la pista por donde transcurre la carrera. Su funcionamiento se basa en la medida de los tiempos cronometrados utilizando las señales que generan las fotocélulas de las barreras al paso del atleta. Existen numerosos cronómetros comerciales que funcionan con barreras de células fotoeléctricas, los más modernos emplean sistemas completamente inalámbricos.

En otros casos se utiliza cámaras de alta velocidad cuyos registros se procesa posteriormente para determinar tiempos y velocidades de las pruebas. También se utiliza barras de LEDs y fotodiodos colocados en el suelo de la pista para medir tiempos de paso del atleta, por ejemplo, los fabricados por la empresa Microgate que se pueden encontrar en: <http://www.microgate.it/Training/Products/OptoJump-Next/Description>. Igualmente se ha utilizado transductores lineales de velocidad (conocidos como "encoders") conectados con un cable a la cintura del atleta para medir su velocidad de desplazamiento.

Para medir los desplazamientos angulares y el rango de movimiento en la evaluación de la flexibilidad de las articulaciones, se utiliza generalmente transportadores de ángulos mecánicos fabricados al efecto.

En cuanto a los dispositivos utilizados para el seguimiento de trayectorias de puntos móviles se ha utilizado un tipo de cámara de visión infrarroja con procesador gráfico incorporado que localiza el centro geométrico de uno o varios focos de luz infrarroja y asigna un par de coordenadas cartesianas a cada punto, realizando esta operación con una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Esta cámara es la que incorpora el mando a distancia de la popular consola Wii de Nintendo [CHUNG LEE, J. "Hacking the nintendo wii remote", Pervasive Computing, 2008, July-September, www.computer.org/pervasive]. Una aplicación que utiliza ese mando a distancia puede encontrarse en: [ABELLÁN, F.J., ARENAS, A., NÚÑEZ, M.J. y VICTORIA, L., "The use of a Nintendo Wii remote control in physics experiments", Eur J Phys, 2013, Vol. 34, páginas 1.277-1.286], artículo en el que se estudia la adquisición y registro de datos en prácticas de laboratorio de física. Este mando a distancia se comunica con la consola de Nintendo de forma inalámbrica mediante el protocolo de comunicación y dispositivo de Bluetooth.

Descripción de la invención

La caracterización dinámica de distintos ejercicios físicos y deportivos suele realizarse a partir de la medida del tiempo, junto con una de estas tres variables: posición, velocidad o aceleración. Del procesado del par de variables medidas: espacio+tiempo, velocidad+tiempo o aceleración+tiempo, se deduce mediante operaciones de integración o derivación matemática el resto de las variables en cada caso. A partir de estas variables puede obtenerse otras como fuerza y potencia.

El sistema que aquí se presenta mide la posición de uno o más puntos que se desplazan, con una resolución del 0.1% del fondo de escala, dentro de un rango de dimensiones variables y con una frecuencia de muestreo configurable entre 100 Hz y 1000 Hz. Para ello se utiliza una cámara de visión infrarroja que tiene un procesador gráfico embebido, que localiza uno o varios focos (hasta 4) que emiten luz infrarroja, determina su centro geométrico y le asigna un par de coordenadas cartesianas (x_i , y_i) a cada uno de ellos; todo ello en un tiempo de 1 ms. El rango de visión de la cámara es una ventana rectangular de 1.024 píxeles en la dirección horizontal y 768 píxeles en la vertical y los ángulos de apertura del objetivo son de 35° y 25° respectivamente, de forma que, a mayor distancia de la cámara, mayores son las medidas en unidades de longitud del rango de visión. Por ejemplo, a una distancia de unos 1.500 mm el campo de visión de la cámara es de 1.000 mm x 750 mm, aproximadamente. Es decir, un foco de luz infrarroja que se mueva en un plano perpendicular al eje de visión del objetivo de la cámara, situada a 1.500 mm, podrá realizar un movimiento registrado por la cámara dentro de un rectángulo de 1.000 mm x 750 mm, representando 1 mm cada pixel, aproximadamente. Lógicamente, para determinar exactamente la relación mm/pixel deberá realizarse un calibrado previo que nos proporcione la conversión de unidades en píxeles a unidades en milímetros.

La comunicación que hace posible el trasvase de datos recogidos por la cámara hasta el ordenador se hace por cable del estándar USB mediante un circuito electrónico desarrollado al efecto.

Este sistema presenta dos ventajas respecto del funcionamiento de la cámara del mando de la Wii descrito en el apartado de antecedentes y estado de la técnica, que son: 1) mejora de la frecuencia de muestreo, que en este sistema es configurable entre 100 Hz y 1000 Hz mientras que en el mando de la Wii es de 100 Hz, y 2) mejora en la comunicación mediante cable USB, pues la comunicación inalámbrica bluetooth que utiliza el mando de la Wii suele presentar dificultades de emparejamiento o sincronización entre el mando y el ordenador, que presenta variaciones y se complica según el sistema operativo que se utilice (Windows XP, Windows 7, Windows Vista, Windows 8, Windows 10, Mac OS, Linux, etc); mientras que

el sistema de comunicación por cable es de detección automática (plug and play), lo que simplifica su uso.

5
10
15
20
25

Conviene aclarar que, al tratarse de un sistema óptico, el sistema presenta una ventaja destacable respecto de los sistemas que usan un transductor lineal, citados en el apartado de estado de la técnica. Mientras aquéllos necesitan para su funcionamiento conectar un cable mecánico a alguna parte del cuerpo del atleta, este sistema captura y registra los datos sin contacto, es decir, sin perturbar el movimiento del cuerpo bajo observación. Dicho cable, que va conectado a un resorte que garantiza su enrollamiento en el propio encóder, añade una fuerza no despreciable, en modo estático, 5 N con el cable recogido y 7 N con el cable estirado y mayor aún en modo dinámico. Ello distorsiona la medida y, además, quita libertad al ejercicio del atleta. Este problema se ve acentuado cuando el ejercicio se realiza en modo libre, es decir, sin aparato de gimnasia, como "multipower" u otra máquina de entrenamiento, pues causa problemas de movilidad en la realización de los ejercicios. El problema también es considerable cuando los ejercicios son realizados por personas débiles, sedentarias, o en fase de rehabilitación con cargas de unos 80 N, donde la resistencia del cable representa cerca del 10% de la carga total del ejercicio. Otra consecuencia del uso de ese cable mecánico es la pérdida de tiempo que se produce durante el cambio del cable entre atletas, cuando se está evaluando a un equipo numeroso de individuos con ese sistema; e incluso, el riesgo de rotura del propio cable, hecho también frecuente, cuando accidentalmente se "escapa" de las manos al realizar los cambios entre atletas. Otra limitación que presenta la presencia del cable es la imposibilidad de conectarlo en ejercicios donde los recorridos son de una longitud considerable como carreras y saltos de longitud y triples saltos, o como en lanzamiento de artefactos, como jabalina, disco, peso, etc.

30

Este problema técnico se resuelve con el sistema que se propone en la invención, que utiliza un sistema óptico para realizar el mismo análisis que los sistemas con encóder y que resuelve el problema técnico del "enganche" y "desenganche" del cable cada vez que se realiza un ejercicio y los problemas de perturbación en la medida y de la limitación de movimiento que introduce dicho cable.

35

Otra ventaja destacable es la rentabilidad económica. Los sistemas basados en transductor con encóder lineal tienen un costo de adquisición en torno a 3000 €, mientras el sistema óptico que aquí se presenta puede tener un coste de una quinta parte de aquellos, lo que hace que su adquisición esté al alcance de un mayor número de usuarios.

Descripción de las figuras

FIG 1.- Vista general de las distintas partes del sistema opto-electrónico.

FIG 2.- Vista de la regleta de calibrado.

5 FIG 3.- Mini-linternas con diodo LED. a) mini-linterna alimentada con pila del 1.5 V y b) mini-linterna alimentada con pila botón.

FIG 4.- a) Cámara de visión infrarroja con el sistema de iluminación de luz infrarroja y b) trozo de material reflectante.

FIG 5.- Dibujo de aplicación del sistema a un ejercicio de sentadillas.

10 FIG 6.- Ejemplo de representación gráfica de las variables desplazamiento y velocidad vs. tiempo como resultado de una repetición en un ejercicio de sentadillas.

FIG 7.- Dibujo de una vista aérea de la aplicación del sistema a una prueba de carrera de velocidad (sprint).

FIG 8.- Dibujo de aplicación del sistema a la evaluación de la flexibilidad de una articulación.

15

Lista de referencias

1. Cámara de visión infrarroja.

2. Caja envolvente.

20 3. Objetivo.

4. Circuito electrónico.

5. Cable de comunicación.

6. Conector USB.

7. LED.

25 8. Soporte.

9. Regleta rígida para calibrado.

10. Foco de luz infrarroja.

11. Placa de circuito impreso de la fuente de luz infrarroja.

12. Trozo de lámina de material reflectante

30

Descripción de un modo de realización preferente de la invención

El funcionamiento del sistema opto-electrónico para el seguimiento de trayectorias se ilustra en la FIG 1, donde se aprecia la cámara de visión infrarroja 1 alojada en una caja 2 y con su
35 objetivo 3 orientado al exterior. La cámara puede localizar de uno hasta cuatro focos de emisión de luz infrarroja que se encuentren en su campo de visión. En el interior de la caja

también se aloja un circuito electrónico **4** que controla el funcionamiento de la cámara, realizando varias funciones: alimenta de corriente eléctrica con regulación de voltaje a la cámara, inicia y detiene el funcionamiento de la cámara, recoge los datos entregados por la cámara adaptando sus niveles de voltaje, y los envía según el protocolo de comunicación serie al ordenador, con una frecuencia de 100 Hz a 1000 Hz a través de un cable de comunicación **5** con conector del tipo USB **6**.

La cámara está apoyada en un soporte **8** que la mantiene con una determinada orientación y en una posición fija en el espacio.

El ordenador recoge los datos por un puerto COM virtual (VCP) asignado a dicha conexión USB, donde un programa informático registra y procesa los datos de dichas coordenadas y tiempos y presenta mediante tablas y gráficos las variables físicas de interés: posición, distancia recorrida, velocidad instantánea, velocidad máxima, velocidad media, ángulo entre segmentos definidos por pares de focos, velocidad angular, aceleración lineal y angular, etc. Esto permite caracterizar cualitativa y cuantitativamente el movimiento de los focos emisores de luz infrarroja.

Cuando la cámara localiza un foco de luz infrarroja, un procesador gráfico embebido en ella determina el centro geométrico de dicho foco y le asigna las coordenadas de posición (X_i , Y_i) respecto del campo rectangular de 1.024x768 píxeles que representa su rango de visión. La información de esas coordenadas se envía al ordenador a través del cable USB, pero el programa debe traducir esa información de píxeles a unidades de longitud. Por ello se ha previsto un sistema de calibración que debe realizarse previo a la realización de las series de medidas. Como puede observarse en la FIG 2, se dispone de una regleta rígida **9**, cerca de cuyos extremos se fijan dos focos **10** de luz infrarroja a una distancia exacta entre ellos (1.000 mm, por ejemplo). En el proceso de calibrado, el programa informático registra las coordenadas (en píxeles) de las posiciones de los dos focos de la regleta capturadas por la cámara y asocia la distancia entre esas coordenadas con la distancia real en milímetros (1.000 mm) que hay entre los focos. Esa correspondencia directamente proporcional permite obtener la transformación matemática de cada dato en píxeles a unidades de longitud (milímetros), pudiendo a partir de ello obtener las posiciones y los desplazamientos de los focos en milímetros.

Los focos que se fijan en el cuerpo en movimiento y de los cuales la cámara ha de seguir y registrar su trayectoria, han de emitir luz infrarroja y al mismo tiempo deben ser ligeros de peso para que interfieran lo menos posible en el movimiento que se quiere registrar. Por su

tamaño, pueden seleccionarse diodos emisores de luz (LED), que al ser alimentados eléctricamente con el voltaje adecuado emiten luz infrarroja de la longitud de onda (940 nm) a la que es sensible la cámara que utilizamos, de esta forma la cámara verá únicamente focos que emitan dicha luz. En la FIG 3 se muestra dos ejemplos de mini-linternas con LED
5 7 alimentadas, a) con pila botón y b) con pila de 1.5 V.

Otra forma de conseguir focos que emitan luz infrarroja es utilizando elementos que actúan por reflexión. En lugar de las mini-linternas se fijará al cuerpo del cual se quiere registrar su movimiento, un trozo de lámina de material reflectante 12, que, al ser iluminado por una
10 fuente de luz infrarroja situada en una posición próxima al objetivo de la cámara, reflejará la luz en la dirección desde donde la recibe, de forma que dicho trozo de material reflectante será "visto" por la cámara como un foco de luz infrarroja. El tamaño de dicho trozo de material reflectante puede oscilar entre 5 cm² y 30 cm² de superficie, dependiendo de la distancia que lo separe del objetivo de la cámara. En la FIG 4 se muestra una fuente de luz
15 infrarroja a modo de anillo de LEDs montados sobre una placa de circuito impreso 11, situada en torno al objetivo de la cámara. Los LEDs de esta fuente de luz infrarroja son alimentados eléctricamente por el ordenador a través del cable USB. En dicha figura también se muestra un trozo de lámina de material reflectante.

20 Estos dos tipos de focos de luz infrarroja, alternativamente, podrán ser utilizados también para ser fijados en los extremos de la regleta de calibrado.

Este sistema puede aplicarse en distintas situaciones donde se quiera caracterizar la dinámica de ciertos ejercicios de entrenamiento. Comparado con otros sistemas descritos
25 en el apartado de antecedentes y estado de la técnica, este sistema es muy preciso en la evaluación de ejercicios de fuerza como sentadillas, press de banca, dominadas, saltos verticales sin carga "squat jump" (SJ) y salto con contra-movimiento (CMJ), y estos mismos saltos con cargas.

30 En la FIG 5 puede verse una representación de la aplicación del sistema opto-electrónico para la evaluación de un ejercicio de sentadillas.

En estos ejercicios, el foco de luz infrarroja se coloca sobre la barra de pesas que desplaza el deportista para registrar correctamente los movimientos. Los desplazamientos en estos
35 ejercicios se producen en la dirección vertical, por ello interesa colocar la cámara girada 90° respecto de su eje longitudinal, de forma que la coordenada X de la cámara, que

corresponde a un rango de visión mayor (1.024 píxeles), coincide con la dirección del movimiento, así se aprovecha mejor la capacidad de la cámara.

5 A partir de las posiciones y los tiempos medidos por el sistema, se determinan los recorridos en las fases de subida y bajada de los ejercicios, los tiempos de duración de esos recorridos, la velocidad instantánea, la velocidad máxima, la velocidad media, la velocidad media en la fase propulsiva, la aceleración instantánea, la fuerza instantánea, la fuerza media, la potencia instantánea, la potencia media y la potencia máxima en esas fases. En la FIG 6 se muestra un ejemplo de gráfica generada por el programa informático para las variables desplazamiento y velocidad vs. tiempo como resultado de un ejercicio de sentadillas.

Otro ámbito donde se demuestra la utilidad de este sistema se encuentra en las pruebas de atletismo: carreras de velocidad, salto de longitud y triple salto. En estos ejercicios el sistema es muy útil para determinar la evolución de la velocidad en una carrera: fase de aceleración hasta alcanzar la velocidad máxima, la propia velocidad máxima, fase de mantenimiento de la velocidad máxima, velocidad de llegada y los tiempos que duran las fases de aceleración y mantenimiento de la velocidad. Dado que se puede determinar la posición del atleta cada 1 ms de tiempo y con una precisión del orden de 1 cm; este sistema proporciona una información sensiblemente más precisa que la que se obtiene con el método que utiliza barreras con fotocélulas colocadas cada 5 o 10 metros para detectar los tiempos de paso del paso del atleta. En la FIG 7 puede verse una representación de la aplicación del sistema opto-electrónico a la evaluación de una prueba de carrera de velocidad en pista, en vista aérea. El foco emisor de luz infrarroja se coloca en una parte del cuerpo (la cabeza, por ejemplo), de forma que la cámara pueda localizarlo y seguir su trayectoria.

En el caso de la prueba de salto de longitud, se puede obtener la representación gráfica de una curva de la velocidad instantánea (cada 1 ms) en la pista de aceleración, la velocidad máxima, la velocidad de llegada a tabla, las velocidades vertical y horizontal en el punto de la batida y el ángulo de despegue del salto.

Algo similar puede determinarse en la prueba de triple salto, donde además se determina el ángulo de despegue de cada uno de los tres saltos.

35 Durante los entrenamientos de los atletas en las pruebas de lanzamiento de artefactos: jabalina, disco, peso y martillo, es muy importante conocer las variables físicas: velocidad de

salida y ángulo de salida del artefacto lanzado. Además, es conveniente expresar los resultados de forma cuantitativa (mediante valores numéricos) y de forma cualitativa (mediante gráficos).

- 5 Durante la aplicación de programas de rehabilitación de personas que han sufrido lesiones físicas o que se recuperan de intervenciones quirúrgicas y en programas de mantenimiento de personas mayores, interesa hacer un seguimiento de la evolución de los sujetos, mediante pruebas de evaluación del grado de flexibilidad y rango de movimientos de ciertas articulaciones. En la actualidad, para medir los ángulos de flexión articular en los ejercicios
- 10 propuestos en dichas pruebas, suele utilizarse un transportador de ángulos mecánico adaptado a estos casos. El sistema opto-electrónico objeto de la invención se aplica con resultados muy precisos en la medida de los ángulos de flexión de distintas articulaciones. Para ello hay que elegir convenientemente la colocación de los focos emisores de luz, de
- 15 articulación que va a flexionarse. Conociendo las coordenadas de dichos cuatro puntos, se determinan las pendientes de los dos segmentos y mediante cálculos geométricos se determina el ángulo que forman éstos en cada instante, así como la velocidad angular del movimiento realizado.
- 20 En la FIG 8 puede verse una representación de la aplicación del sistema opto-electrónico a una prueba de evaluación de la flexibilidad y rango de movimiento de una articulación; en el apartado a) se aprecia el método de medida con transportador de ángulos y en el apartado b) se aprecia los dos trozos de lámina reflectante que definen un segmento recto; el cambio que se produce en la pendiente de dicho segmento al realizar el ejercicio, permite
- 25 determinar el ángulo de giro en dicha articulación con gran precisión, haciendo uso de cálculos trigonométricos.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema opto-electrónico para el seguimiento de trayectorias de focos puntuales de luz infrarroja inscritas en un área plana, que comprende:

- 5 - una cámara de visión infrarroja (1) localizadora de 1, 2, 3, o 4 focos de emisión de luz infrarroja que asigna las coordenadas cartesianas en dos dimensiones de sus centros geométricos dentro de un marco rectangular de referencia;
- un soporte (8) que mantiene a la cámara en una posición fija en el espacio;
- un circuito electrónico (4) para la comunicación de dicha cámara con un ordenador;
- 10 - un programa informático instalado en el ordenador que recibe la información del sistema electrónico, registra, procesa los datos de dichas coordenadas y presenta mediante tablas y gráficos las variables físicas; posición, distancia recorrida, velocidad instantánea, velocidad máxima, velocidad media, ángulo entre segmentos, velocidades angulares y aceleración lineal y angular, para caracterizar cualitativa y
- 15 cuantitativamente el desplazamiento de los focos emisores de luz infrarroja.

2.- Sistema opto-electrónico según la reivindicación 1, donde el sistema electrónico recibe los datos de la cámara de luz infrarroja y los envía al ordenador a una frecuencia de muestreo configurable entre 100 Hz y 1000 Hz.

20

3.- Sistema opto-electrónico según las reivindicaciones anteriores, donde el sistema electrónico está conectado al ordenador por cable con protocolo USB a través de un puerto COM virtual (PCV).

25

4.- Sistema opto-electrónico según las reivindicaciones anteriores, donde se utiliza un sistema de calibración de la distancia constituido por una regleta rígida (9) con dos focos (10) emisores de luz infrarroja en sus extremos, situados a una distancia determinada conocida.

30

5.- Sistema opto-electrónico según las reivindicaciones anteriores, donde los focos emisores de luz infrarroja que localiza la cámara y los de la regleta de calibrado son LEDs (7) infrarrojos alimentados por baterías.

35

6.- Sistema opto-electrónico según las reivindicaciones 1 a 4, donde los focos emisores de luz infrarroja que localiza la cámara y los de la regleta de calibrado son unos trozos de lámina de material reflectante (12), a la vez que a la cámara de visión

infrarroja se le acopla una placa de circuito impreso que contiene un conjunto de diodos LED (7) dispuestos en torno al objetivo de la cámara y orientados de forma que emiten su luz hacia los trozos de lámina de material reflectante, estando los citados LEDs alimentados eléctricamente desde el ordenador a través del cable USB.

5

7.- Sistema opto-electrónico según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 y 6, donde el área de la lámina de material reflectante puede tener distinto tamaño, comprendido entre 1 cm² y 30 cm².

10

8.- Sistema opto-electrónico según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 6 y 7, donde la forma del material reflectante puede ser circular, poligonal regular o poligonal irregular, de lados rectos o de lados curvos, o de contorno irregular.

15

9.- Uso del sistema opto-electrónico según las reivindicaciones 1 a 8, para la medida y caracterización cualitativa (mediante gráficas) y cuantitativa (mediante valores numéricos) de las variables: recorridos de subida y de bajada, tiempos de subida y de bajada, velocidad instantánea, velocidad media, velocidad media en la fase propulsiva, velocidad máxima, fuerza instantánea, fuerza media, fuerza máxima, potencia instantánea, potencia media y potencia máxima, en los ejercicios físicos diseñados para el desarrollo de la fuerza: sentadillas, press de banca, saltos verticales, saltos con contra-movimiento, dominadas y remo.

20

10.- Uso del sistema opto-electrónico según las reivindicaciones 1 a 8, para la medida y caracterización cuantitativa (mediante valores numéricos) y cualitativa (mediante gráficas) de las variables: velocidad instantánea en la fase de aceleración, velocidad máxima, tiempo en alcanzar la velocidad máxima, tiempo de mantenimiento de la velocidad máxima y velocidad de llegada en pruebas de carreras de velocidad de 60 metros y de 100 metros.

25

30

11.- Uso del sistema opto-electrónico según las reivindicaciones 1 a 8, para la medida y caracterización cuantitativa (mediante valores numéricos) y cualitativa (mediante gráficas) de las variables: velocidad máxima en la carrera, velocidad de llegada a tabla, velocidad vertical y velocidad horizontal en el despegue y ángulo de despegue en las pruebas de salto de longitud y de triple salto.

12.- Uso del sistema opto-electrónico según las reivindicaciones 1 a 8, para la medida y caracterización cuantitativa (mediante valores numéricos) y cualitativa (mediante gráficas) de las variables: velocidad de salida y ángulo de salida del artefacto en las pruebas atléticas de lanzamiento de artefactos: jabalina, peso, martillo y disco.

5

13.- Uso del sistema opto-electrónico según las reivindicaciones 1 a 8, para la determinación del ángulo y velocidad angular de flexión de las articulaciones durante pruebas de evaluación de la flexibilidad y rango de movimiento en programas de rehabilitación y fisioterapia.

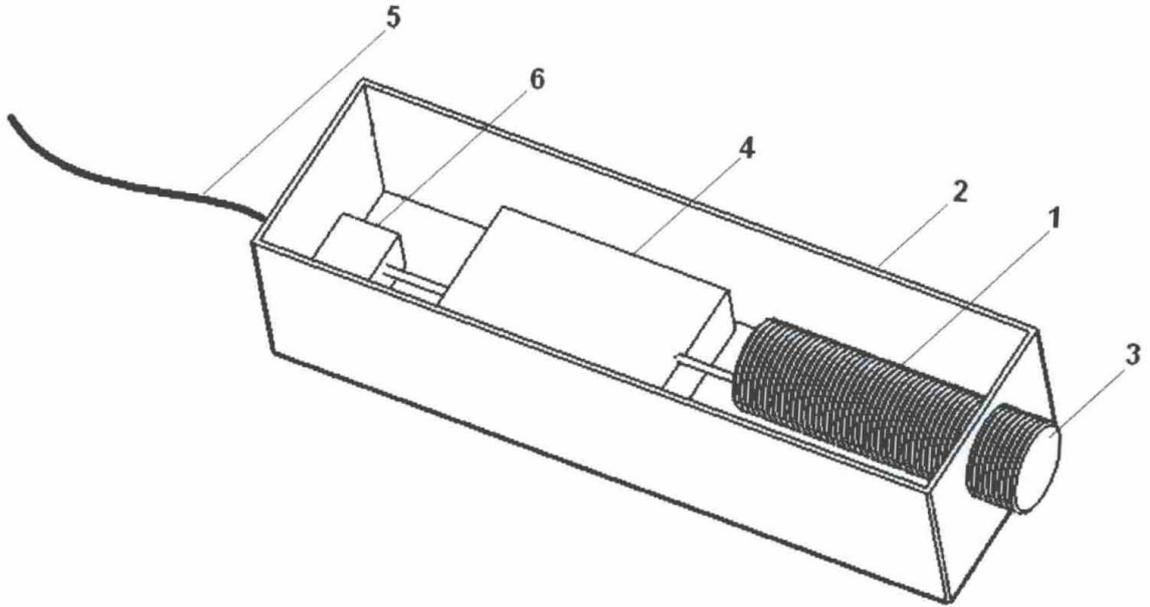


Figura 1

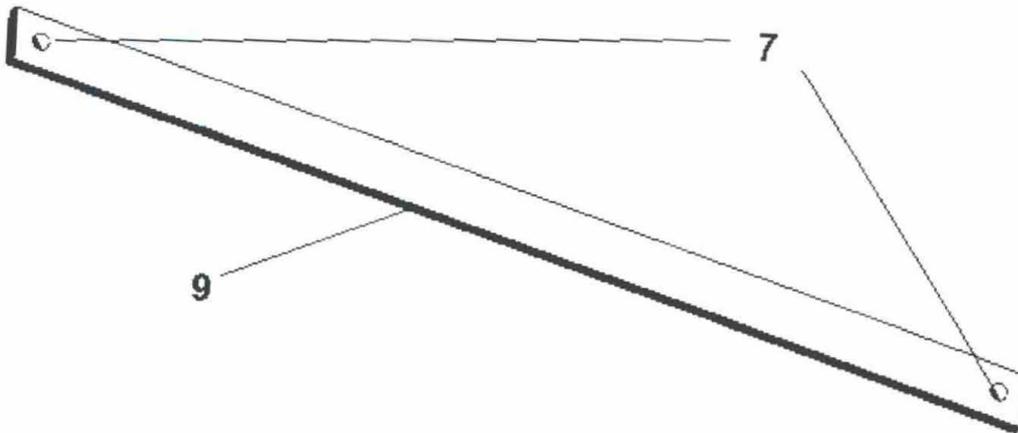
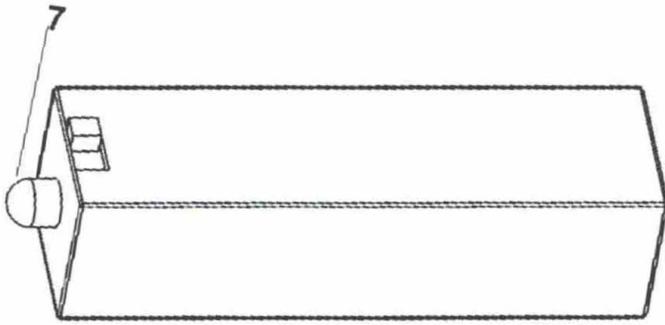
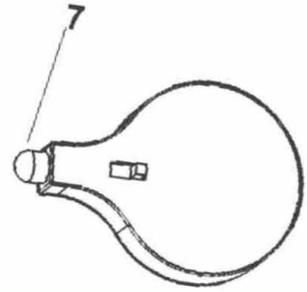


Figura 2

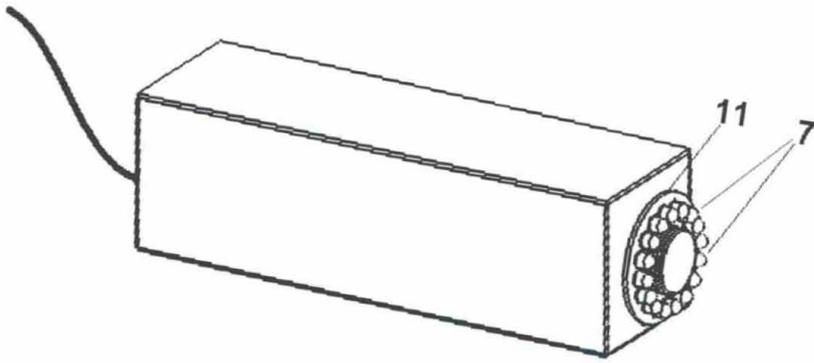


a)

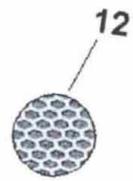


b)

Figura 3



a)



b)

Figura 4

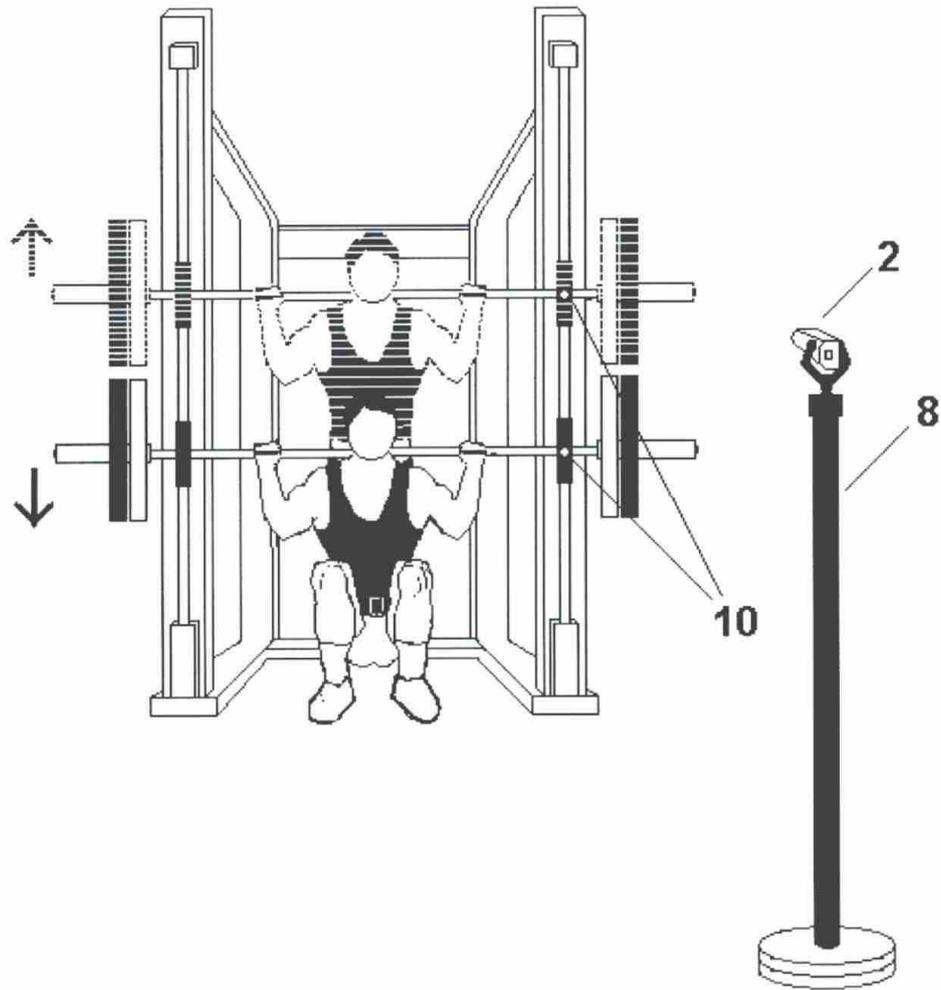


Figura 5

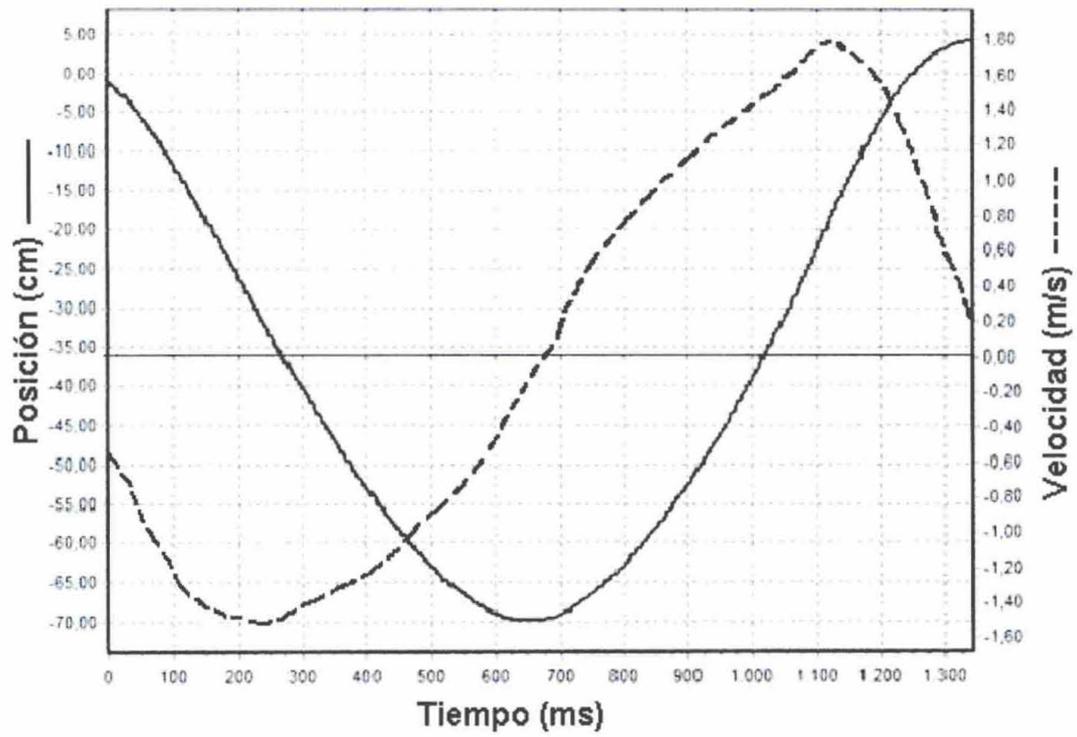


Figura 6

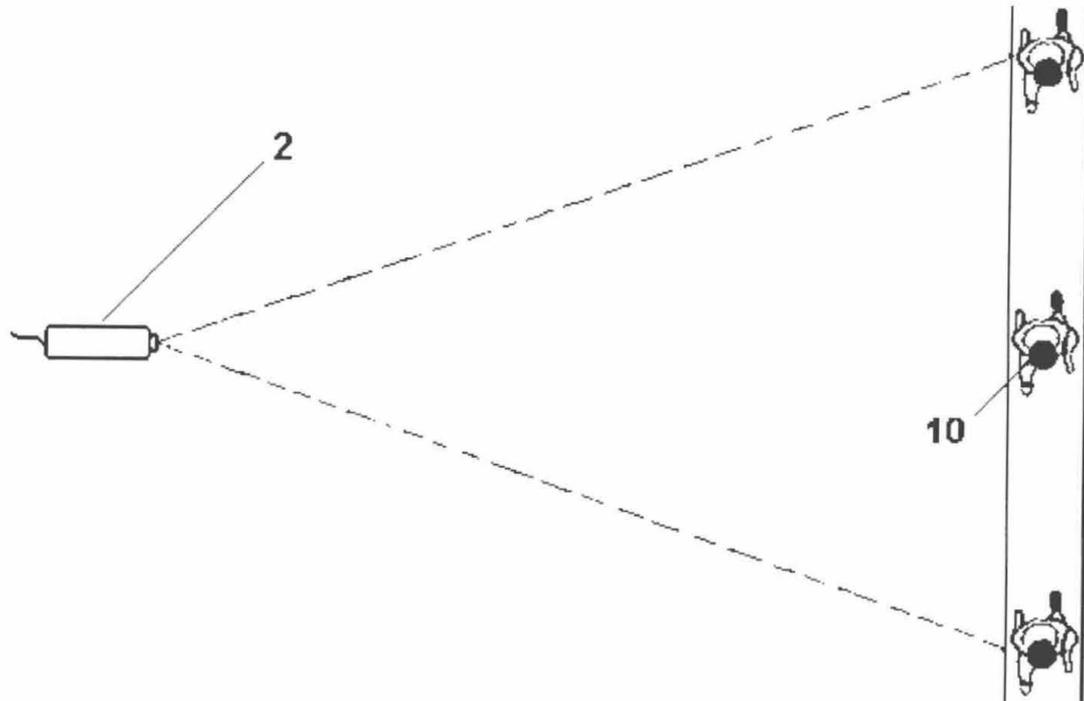


Figura 7

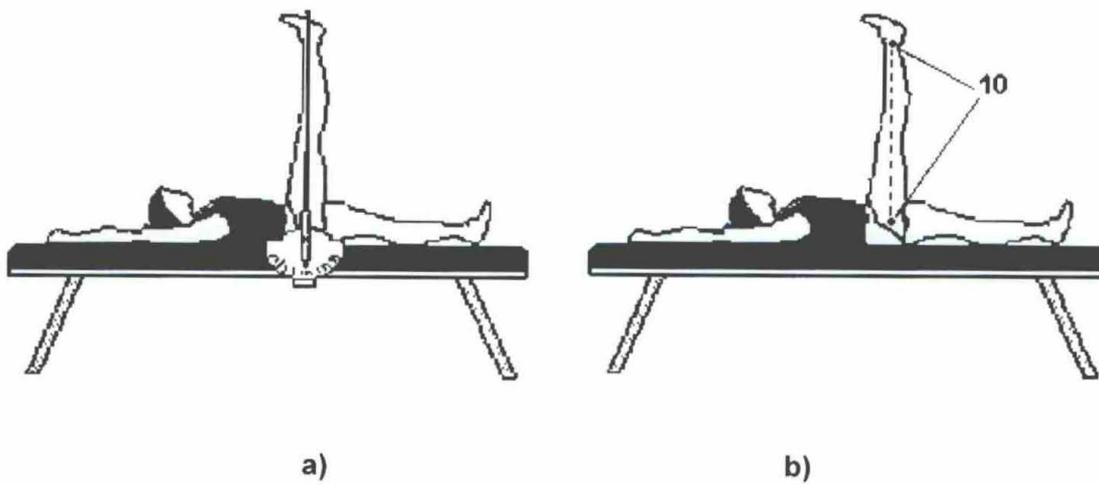


Figura 8



②① N.º solicitud: 201600222

②② Fecha de presentación de la solicitud: 16.03.2016

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G08C23/04** (2006.01)
A63F9/24 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	Hacking the Nintendo Wii Remote (Johnny Chung Lee; 31/12/2008; Todo el documento.	1-5
Y		6-13
Y	Tecnología Biomecánica (Kinescan/IBV) 31/07/2012, Todo el documento.	6-13
A	Biomecánica deportiva y control del entrenamiento (Gustavo Ramón Suárez) 31/12/2009	1-13
A	CN 201470076 U (KADER HOLDINGS CO., LTD) 19/05/2010, Resumen WPI base de datos EPODOC.	1-13
A	JP 2001070268 A (TORIUMU KK) 21/03/2001, Resumen WPI base de datos EPODOC.	1-13
A	US 20090149256 A1 (KAM LIM LUI) 11/06/2009, Todo el documento	1-13
A	Biomecánica deportiva y control del entrenamiento (Gustavo Ramón Suárez) 31/12/2009	1-13

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:

Fecha de realización del informe
14.12.2016

Examinador
G. Foncillas Garrido

Página
1/5

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

G05D, G08C, A63F

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 14.12.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-13	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-13	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Hacking the Nintendo Wii Remote (Johnny Chung Lee; 31/12/2008; Todo el documento.	31.12.2008
D02	Tecnología Biomecánica (Kinescan/IBV) 31/07/2012, Todo el documento.	31.07.2012
D03	Biomecánica deportiva y control del entrenamiento (Gustavo Ramón Suárez) 31/12/2009	
D04	CN 201470076 U (KADER HOLDINGS CO., LTD)	19.05.2010
D05	JP 2001070268 A (TORIUMU KK)	21.03.2001
D06	US 20090149256 A1 (KAM LIM LUI)	11.06.2009
D07	Biomecánica deportiva y control del entrenamiento (Gustavo Ramón Suárez) 31/12/2009	31.12.2009

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**Reivindicación 1**

El documento más próximo al objeto de la invención es D01, dicho documento presenta (página 39) un sistema opto-electrónico para el seguimiento de trayectorias de puntos móviles, el sistema comprende una cámara de infrarrojos (página 39) con procesador gráfico incorporado que localiza el centro geométrico de uno o varios puntos móviles que incorporan focos de emisión de luz y asigna a cada punto móvil un par de coordenadas cartesianas.

El sistema permite (página 42) el seguimiento y estudio de puntos móviles, siguiendo el movimientos de focos de luz, en concreto se indica la utilización de Leds o también de material reflectante evitando problemas de peso o necesidad de incluir baterías; por otro lado, el dispositivo presenta la posibilidad de establecer el estudio del movimiento de puntos móviles a una superficie bidimensional analizando un movimiento en un sistema cartesiano.

La comunicación entre los diferentes elementos (página 40) se establece de forma inalámbrica, en concreto bajo la tecnología bluetooth.

Existe una unidad central (página 41) que recoge y analiza los datos de las posiciones de los puntos móviles y bajo un programa informático, procesa dichos datos y presenta tablas o gráficas que indican la posición, distancia recorrida, aceleración etc...

La consideración de utilizar un soporte para mantener la cámara fija a cierta altura establece novedad al sistema, no obstante, indica un elemento sobradamente conocido en el estado de la técnica que nos ocupa como además se pone de manifiesto en los documentos citados.

Por tanto, la reivindicación 1 es nueva (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

Reivindicaciones 2 -5

En la descripción se indica que el objeto de la presente solicitud presenta una frecuencia de muestreo que puede superar los 100Hz, llegando hasta los 1000Hz.

En base a la descripción y a las reivindicaciones, dicha consideración se establece como una reivindicación de deseo, no estableciéndose claridad respecto a cómo es posible dicha amplitud de frecuencia.

Por otro lado, respecto a la comunicación entre dispositivos, la utilización de un cable USB en lugar de utilizar comunicación inalámbrica, sin indicarse elementos técnicos o problemas técnicos resueltos, se considera un paso atrás, es decir un experto en la materia que utilice comunicación inalámbrica no tendría aparentemente dificultad técnica alguna para poder establecer la comunicación bajo un cable USB.

Por último, se considera una opción de diseño establecer dos focos en una regleta o que dichos focos sean Leds, dicha opción es una alternativa más, que no reviste dificultad alguna y su resolución es comúnmente conocida en el estado de la técnica que nos ocupa.

En base a lo indicado, dichas reivindicaciones son nuevas (Artículo 6 LP) pero carecen de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

Reivindicaciones 6 -8

Se presenta un segundo documento D02, que centra claramente (página 1 y 2) la utilización de material reflectante iluminado por una cámara de visión (página 7) la cual incorpora un conjunto de diodos Led dispuestos a lo largo del objetivo de la cámara emitiendo luz hacia los trozos de lámina del material reflectante realizando el seguimiento de los puntos móviles.

En la presente solicitud se establece la alimentación de los Leds a través de un cable conectado a un ordenador, y en D02 se establece bajo (página 9) Ethernet PoE, es decir se establece igualmente bajo cable.

El tamaño de la lámina reflectante o la forma de la misma, no son aspectos tenidos en cuenta en D02, no obstante se consideran opciones de diseño, por tanto no establecen un avance, es decir la solución técnica a un problema técnico planteado que no pueda ser resuelto de forma evidente por un experto en la materia del sector que nos ocupa.

Por tanto, dichas reivindicaciones son nuevas (Artículo 6 LP) pero carecen de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

Reivindicaciones 9-13

Teniendo en cuenta las indicaciones realizadas en las anteriores reivindicaciones, el uso del dispositivo en si, no establece aportación técnica alguna al objeto de la invención, siendo nuevas (Artículo 6 LP) pero carecen de actividad inventiva (Artículo 8 LP).