(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 684 568**

(21) Número de solicitud: 201700503

(51) Int. Cl.:

***G06F 17/00*** (2006.01)
***G06K 9/00*** (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

**30.03.2017**

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

**03.10.2018**

(71) Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA (100.0%)**
**Juan de Quesada, 30**
**35001 Las Palmas de Gran Canaria (Las Palmas) ES**

(72) Inventor/es:

**TRAVIESO GONZÁLEZ, Carlos Manuel y**
**GARCÍA MERINO, Ciro Ángel**

(54) Título: **Metodología para la ayuda al diagnóstico de la enfermedad del Parkinson, mediante espirales tridimensionales**

(57) Resumen:

En la presente invención se plantea una metodología para analizar los temblores funcionales de las personas, utilizando un sistema de clasificación para establecer en que grado, dichos temblores pueden constituir o no, a la enfermedad del Parkinson.

La metodología se basa en captar datos de forma aérea basado en el dibujo de la espiral de Arquímedes. De este modo, se podrá establecer una comparativa entre gráficos de tres dimensiones de pacientes sanos y pacientes con temblores, que pueden ser o no debidos a síntomas de Parkinsonismo.

ES 2 684 568 A1

## DESCRIPCIÓN

# Metodología para la ayuda al diagnóstico de la enfermedad del Parkinson, mediante espirales tridimensionales

## Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un método de realización de análisis de los temblores funcionales que puedan padecer las personas. Para ello, se aplica un método basado en la toma de datos mediante sensores de detección de actividad volumétrica, captando por tanto la información en tres dimensiones. Con esta adquisición de datos tridimensional al realizar la espiral de Arquímedes, se obtendrán los temblores de forma natural, sin que ningún elemento influya en los mismos, como por ejemplo puntos de apoyo, cuando se hace sobre el papel o una tableta.

A partir de estos datos obtenidos, se podrá determinar si dicho temblor pertenece o no a la enfermedad del Parkinson, gracias al uso de un sistema de clasificación basado en distancias euclídeas que calculará el grado del error frente una espiral de Arquimedes ideal.

## Antecedentes de la invención

Siendo la enfermedad de Parkinson la segunda enfermedad neurodegenerativa que más afecta a las personas, después del Alzheimer, en lo que a técnicas para la detección de la misma se refiere, se encuentra con un número muy escaso de trabajos realizados en este campo.

En estos momentos existe un proyecto en pruebas con cierta similitud al propuesto. Se trata de un sistema que utiliza, al igual que en este trabajo, la espiral de Arquímedes, en dos dimensiones, utilizando la adquisición de datos a través de un dispositivo electrónico.

Por otro lado, un desarrollo realizado por profesionales de varios hospitales, trata de medir la habilidad motriz de las personas, a partir del análisis temporal del tecleo. Consiste en una solución que mide el tiempo de pulsación y liberación de las teclas durante el uso normal de un ordenador y lo convierte en un índice de motor. Para ello, utiliza la detección automática de patrones en la serie temporal empleando algoritmos de regresión de conjunto.

i) https://www.neuroqwerty.com/es/

En cuanto al análisis de la calidad de Voz, existen trabajos que permiten estudiar los temblores, producidos por enfermedades neurodegenerativas. Uno de estos casos es un *software* desarrollado por el hospital Vithas Nuestra señora de América y el centro Tecnológico de Biomedicina de la Universidad Politécnica de Madrid, que proporcionan información sobre Defecto de Cierre Glótico y Vibración Asimétrica de los Pliegues Vocales.

ii) Pedro Gómez, Victoria Rodellar, Víctor Nieto, Rafael Martínez, Agustín Álvarez, Bartolomé Scola, Carlos Ramírez, Daniel Poletti1, Mario Fernández, "BioMet®Phon: A System to Monitor Phonation Quality in the Clinics"

Por otro lado, en la actualidad existen varias pruebas médicas, en el ámbito clínico, para detectar la enfermedad del Parkinson:

- SPECT cerebral. El SPECT cerebral es una prueba gammagráfica, en la cual se utiliza una pequeña cantidad de radioactividad para obtener imágenes cerebrales, con lo cual se pueden detectar crisis parciales.

- PET cerebral: Es una tecnología dentro de la especialidad de la medicina nuclear. Se basa en detectar y analizar la distribución adoptada por un radiofármaco dentro del cerebro.

- Ecografía transcraneal: prueba médica que mediante ultrasonidos estimula la actividad neuronal.

Este repaso por el estado del arte, permite visualizar los trabajos y los modos de trabajo realizados hasta el momento, y demuestra la innovación de la propuesta, al trabajar con información tridimensional a la hora de obtener la información de los posibles usuarios del sistema.

## Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un método de realización de análisis que permite medir de manera no invasiva los temblores que puedan tener algunas personas, para asimilar

dicho temblor al producido por la enfermedad del Parkinson. Este método se implementa siguiendo los siguientes cinco pasos:

i) Obtención de los datos mediante el uso de sensores de detección de actividad volumétrica, para así realizar una prueba no invasiva de la representación de la espiral de Arquímedes.

ii) Pre-procesado de los datos obtenidos, para de esta manera, evitar factores como translación espacial, escalabilidad o rotación.

iii) Comparación de las espirales 3D obtenidas frente a la espiral de Arquímedes ideal, para así calcular los errores entre ambas representaciones.

iv) Definición de los umbrales por los que un temblor es considerado como temblor de Parkinson, o temblor funcional propio de la persona u otro tipo de enfermedad a realizar la espiral de Arquímedes.

v) Obtener un resultado en una escala numérica, que identifica el temblor a una persona sana, o propio de la enfermedad del Parkinson al implementar una representación tridimensional de la espiral de Arquímedes.

**Descripción de las figuras**

La figura 1 muestra en forma de diagrama de bloques los cinco pasos que conforma este método. El primer paso, es la adquisición de datos, que se realiza de forma no invasiva a trasvés de sensores. Le sigue el pre-procesado, donde se transforman los datos para evitar factores como el escalado, la rotación o la translación. Una vez pre-procesados los datos, se les aplica un algoritmo clasificador, en este caso el *Dynamic Time Warping*, cuyo resultado serán los errores entre las espirales adquiridas y la espiral patrón. Posteriormente, se fijan los valores umbrales por los cuales se van a poder diferenciar los temblores, y a razón de esto se podrá interpretar el resultado de la comparación

La figura 2 muestra la ventana utilizada como guía, para hacer la prueba mas intuitiva al usuario.

La figura 3 muestra una de las pruebas realizada a un paciente sano. En ella se puede observar la espiral captada por los sensores y representada en el plano X-Y.

La figura 4 muestra una de las pruebas realizada a un paciente con temblor leve. En ella se puede observar la espiral captada por los sensores y representada en el plano X-Y.

La figura 5 muestra una de las pruebas realizada a un paciente con temblor moderado. En ella se puede observar la espiral captada por los sensores y representada en el plano X-Y.

La figura 6 muestra una de las pruebas realizada a un paciente sano. En ella se puede observar la espiral captada por los sensores y representada en las tres dimensiones.

La figura 7 muestra una de las pruebas realizada a un paciente con temblor leve. En ella se puede observar la espiral captada por los sensores y representada en las tres dimensiones.

La figura 8 muestra una de las pruebas realizada a un paciente con temblores moderados. En ella se puede observar la espiral captada por los sensores y representada en las tres dimensiones.

La figura 9 muestra la espiral de referencia, la espiral de Arquímedes ideal.

En la figura 10 se representa la espiral de Arquímedes ideal en tres dimensiones.

Se muestra la Figura 11, como la imagen obtenida a la salida del algoritmo *Dynamic Time Warping*, al comparar una serie temporal tridimensional, procedente de una persona sana, resaltando en rojo el camino óptimo de deformación

Se muestra la Figura 12, como la imagen obtenida a la salida del algoritmo *Dynamic Time Warping*, al comparar una serie temporal tridimensional, procedente de una persona con temblores moderados, resaltando en rojo el camino óptimo de deformación

**Descripción detallada de una realización preferida de la invención**

La invención propuesta consiste en un método de realización de análisis que sea capaz de captar temblores funcionales a través de sensores no invasivos, en tres dimensiones al realizar la espiral de Arquímedes, para una posterior clasificación basada en estudio de errores, tal y como se indica en la figura 1.

El primer paso consiste en la adquisición de los datos que conforman la espiral de Arquímedes en tres dimensiones. Para ello se ha creado un dibujo que contiene la espiral a dibujar, para así, proponer una guía en la prueba, tal y como se muestra en la figura 2.

La adquisición de datos se realiza de forma aérea, a través de sensores de captación de la actividad volumétrica, realizada por la persona a analizar; por lo que el resultado obtenido es una serie temporal de tres componentes, una por cada posición tridimensional.

Una vez obtenidos los datos de la espiral de Arquímedes tridimensional a estudiar, se lleva a cabo un pre-procesado de estos datos, para de este modo, evitar factores como la magnitud, translación o rotación. Para este paso, es necesario normalizar los valores obtenidos para hacerlos independientes del escalado de cada espiral. La normalización aplicada responde a la siguiente expresión:

$$x_{normalizada} = \frac{x[n]}{máx\{x[n]\}} * 100$$

Donde x[n] es una de las componentes de la serie temporal captada, y n la posición en el vector de la serie temporal.

En lo referido a la independencia en el espacio, se aplica un procesado en derivadas de primer orden a cada uno de los tres ejes de las series temporales, donde la información discreta de las series temporales realizar una adaptación del concepto de derivada en funciones a dichos valores discretos, tal y como se recoge en la siguiente expresión:

$$\frac{dx[n]}{dn} \leftrightarrow x[n+1] - x[n]$$

Donde x[n] es una de las componentes de la serie temporal captada, y n la posición en el vector de la serie temporal de la representación de la espiral de Arquímedes.

El siguiente paso es comparar la espiral obtenida mediante los sensores no invasivos, con la espiral ideal de Arquímedes. Para ello, se utiliza un sistema de clasificación como es el *Dynamic Time Warping.* Este algoritmo mide la similitud entre dos series temporales que pueden variar en tiempo o velocidad. Mediante el *Dynamic Time Warping*, se puede encontrar la alineación óptima entre series de dos veces si una serie temporal puede ser "deformada" no linealmente por estiramiento o contracción a lo largo de su eje de tiempo.

En la aplicación del sistema de clasificación, se mide el error como el resultado de la medida de la distancia euclídea, comparando la serie temporal tridimensional de la espiral de Arquímedes captada por los sensores, y la serie temporal ideal. Esta medida será el valor a establecer frente al umbral de decisión. Y el umbral se establece como el valor intermedio entre la media de las distancias euclídea de personas sanas y la media de personas con la enfermedad de Parkinson.

## REIVINDICACIONES

1.- Método de realización de análisis de los temblores funcionales que puedan padecer las personas. Para ello, se aplica un método basado en la toma de datos mediante sensores no invasivos en las tres dimensiones espaciales para representar la espiral de Arquímedes, y a partir de estos poder determinar si dicho temblor pertenece o no a la enfermedad del Parkinson, aplicando la derivada de primer grado a las series tridimensionales captadas de la representación de la espiral y posteriormente, el uso de un sistema de clasificación basado en el cálculo de errores resultado de la medida de la distancia euclídea de la serie temporal tridimensional de la espiral ideal frente la espiral realizada, una componente por cada dimensión del espacio medida. Este método consta de los siguientes pasos con invención:

i) Obtención de los datos tridimensionales de la representación de la espiral de Arquímedes, realizado por una persona de la que se quiere analizar sus temblores, mediante el uso del sensor volumétrico de la actividad aérea a la hora de realizar el trazo.

ii) Pre-procesado de los datos tridimensionales obtenidos de las series temporales a la hora de realizar una espiral de Arquímedes. Es necesario realizar un tratamiento a los datos obtenidos del trazado aéreo, para conseguir minimizar errores producidos a la diferencia de tamaños, rotaciones, o adquisiciones en diferentes posiciones del espacio. Para ello, se realiza una normalización de los valores de la siguiente forma:

$$x_{normalizada} = \frac{x[n]}{máx\{x[n]\}} * 100$$

Con esto se puede tratar cada una de las capturas tridimensionales de la representación de la espiral de Arquímedes, como iniciadas en el mismo punto espacial, independientes de su tamaño, y de su traslación. Así como la aplicación de la derivada de primer orden a los datos normalizados para resaltar su variabilidad, mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{dx[n]}{dn} \leftrightarrow x[n+1] - x[n]$$

iii) Comparación de la derivación de las espirales de Arquímedes tridimensionales obtenidas, con la derivación de la espiral de Arquímedes ideal, para así calcular los errores entre ambas, mediante el estudio de la distancia euclídea.

iv) Definición de los umbrales por los que una serie temporal captada por los sensores al realizar la espiral de Arquímedes, es considerada como temblor de Parkinson, o temblor funcional propio de la persona u otro tipo de enfermedad. Este umbral se establece como el valor intermedio entre la media de las distancias euclídea de personas sanas y la media de personas con la enfermedad de Parkinson.

v) Obtener un resultado en una escala numérica, que identifica que la espiral de Arquímedes tridimensional captada por los sensores, e incluyendo el umbral establecido, así se puede ubicar la media de distancia euclídea de una persona y observar si es sana o tiene la enfermedad del Parkinson; además de observar la cercanía al umbral.

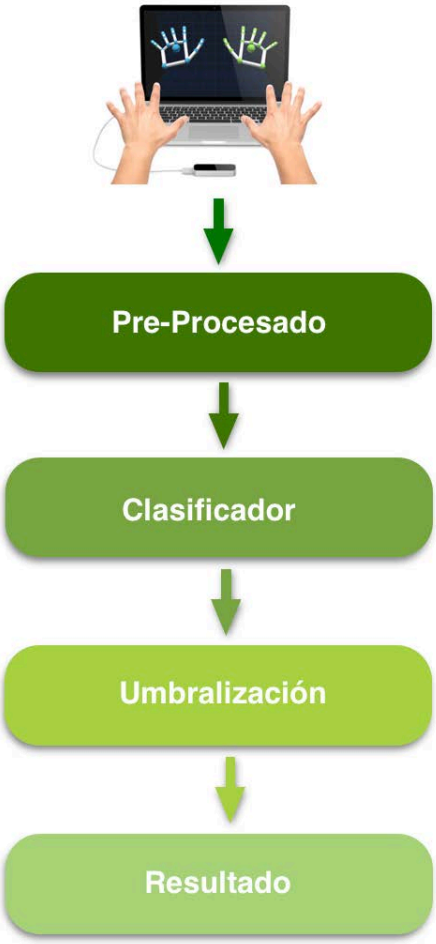


Figura 1

Figura 2

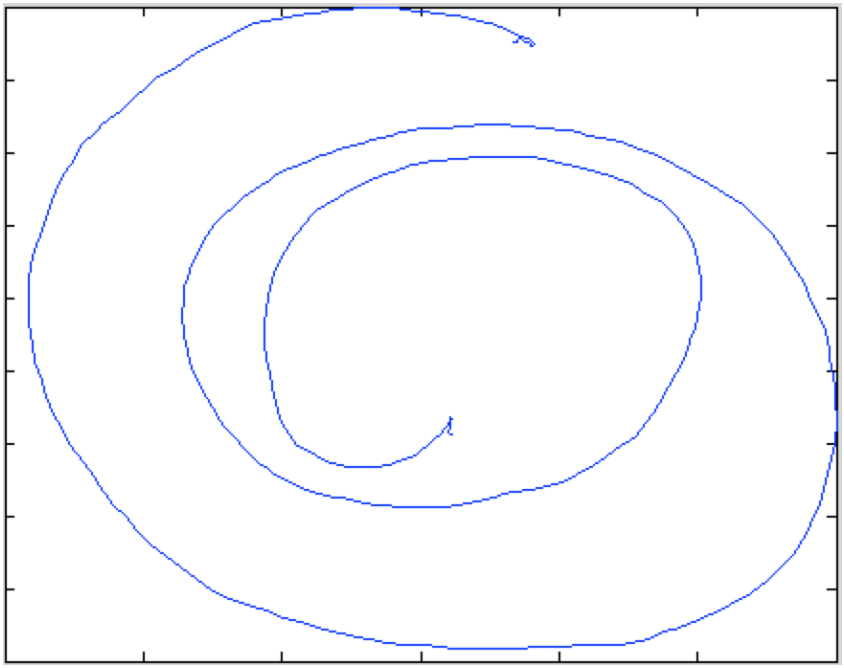

Figura 3

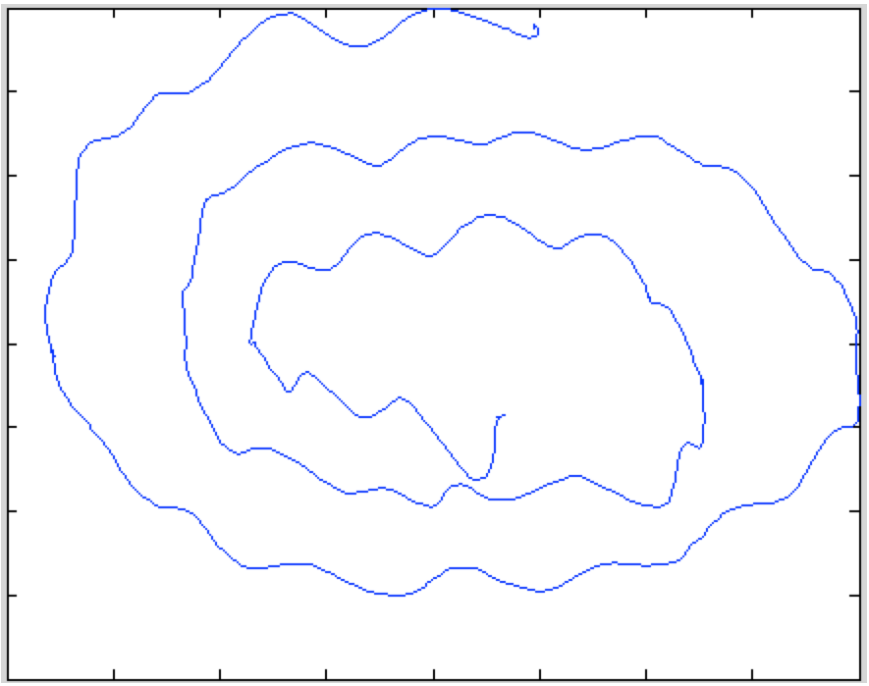

Figura 4

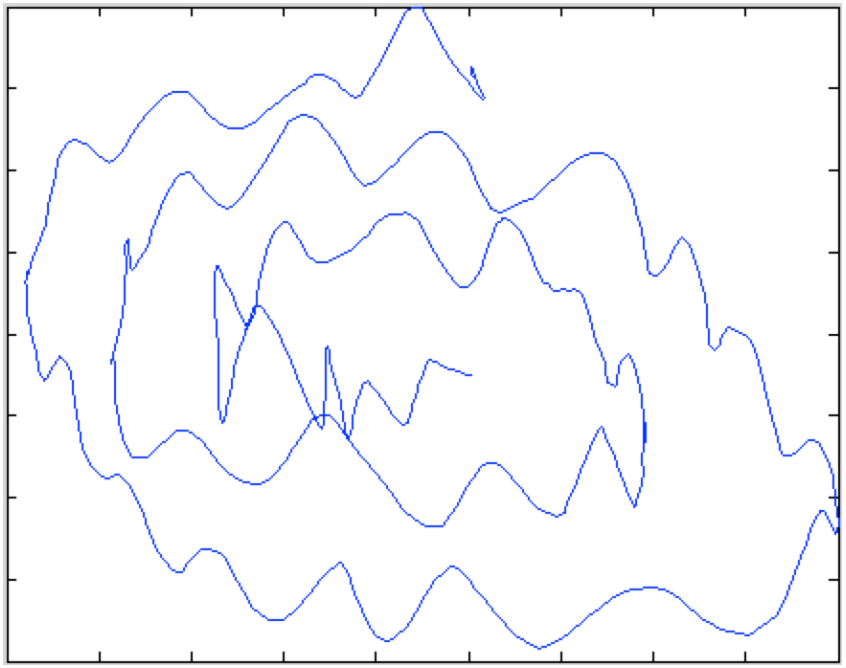

Figura 5

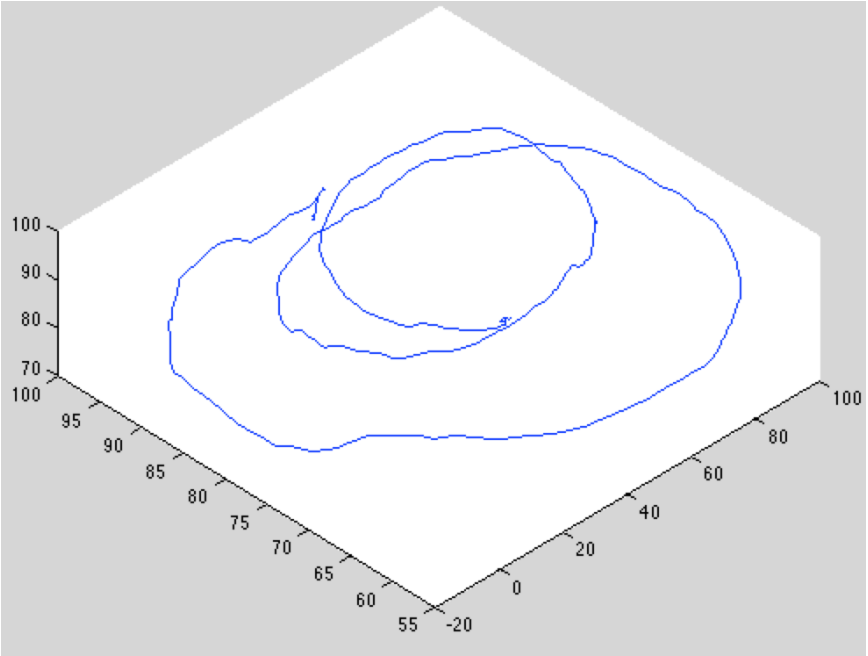


Figura 6

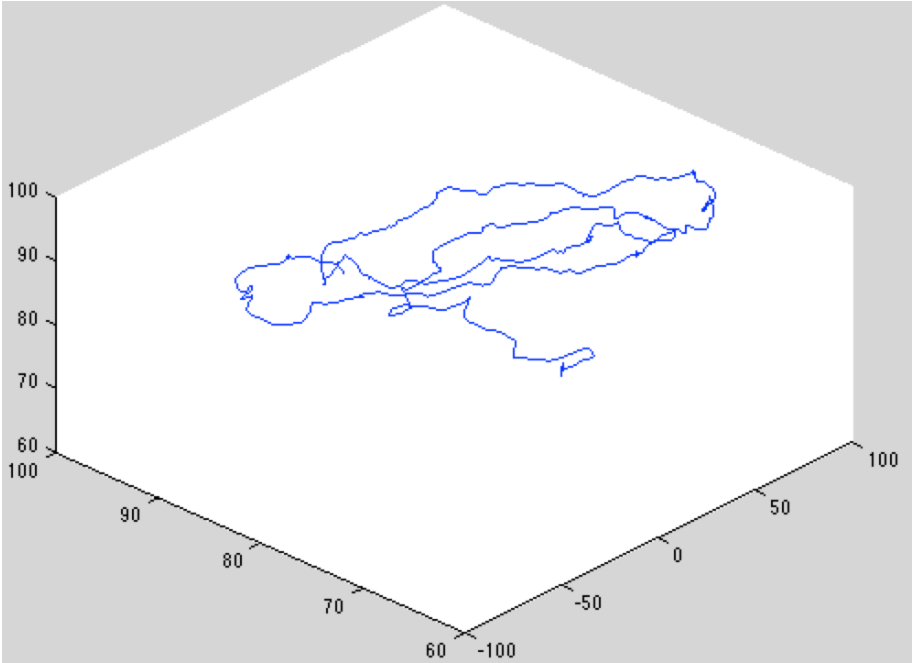


Figura 7

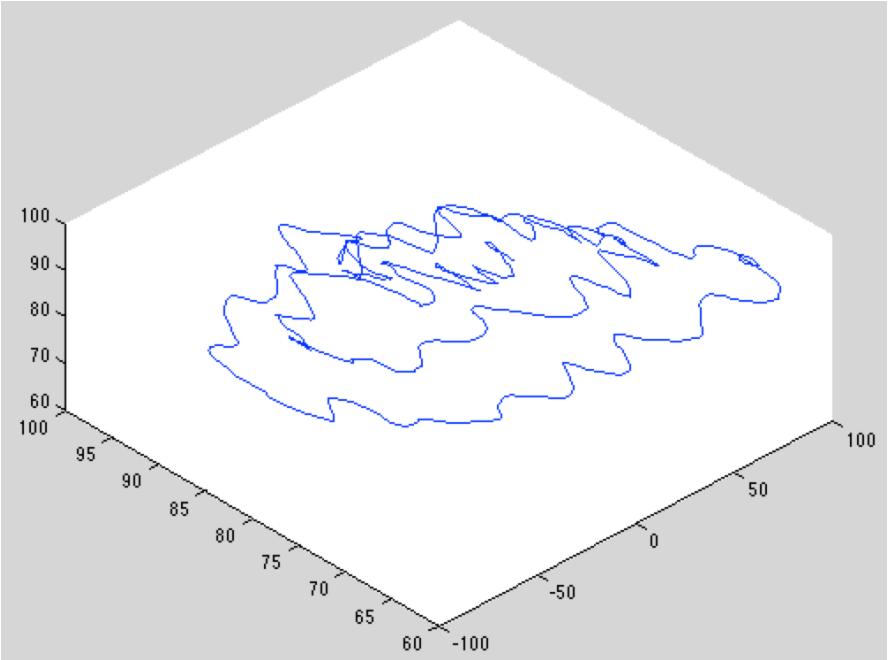


Figura 8

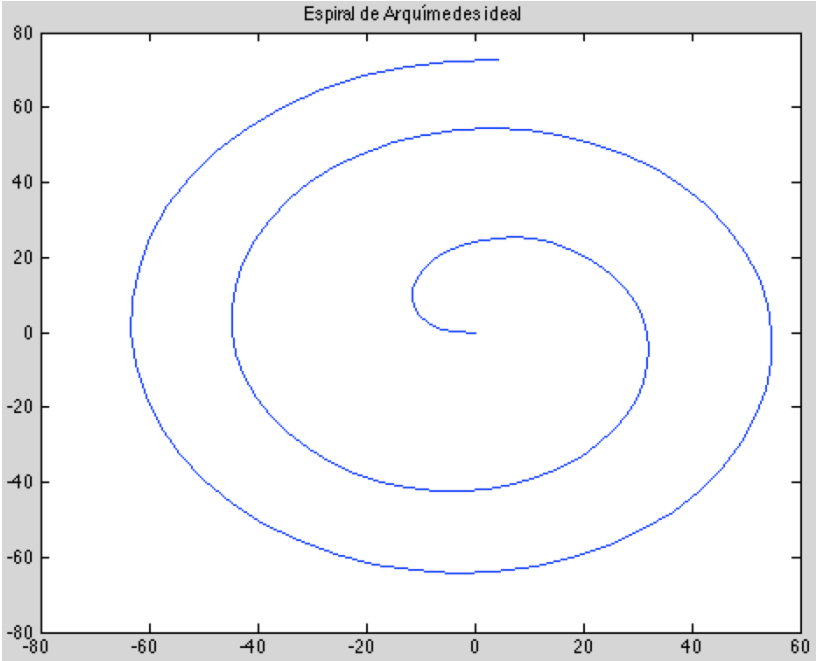


Figura 9

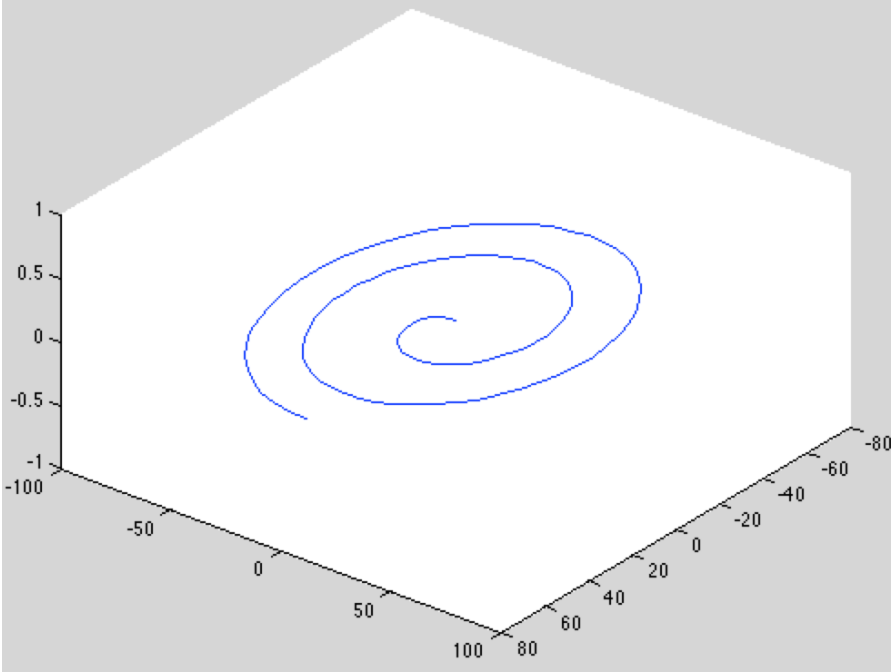


Figura 10

Figura 11

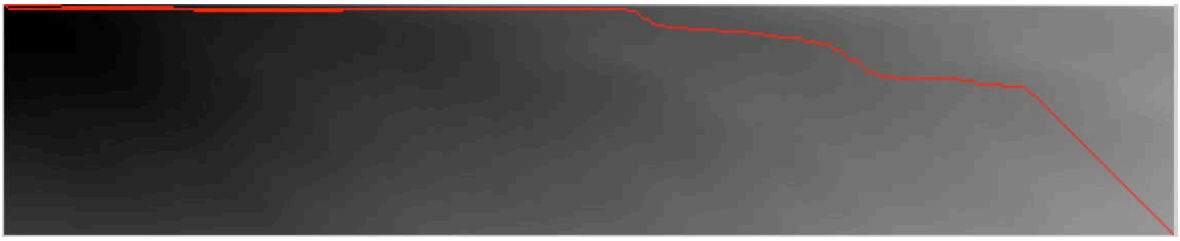

Figura 12

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201700503

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 30.03.2017

(32) Fecha de prioridad:

# INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***G06F17/00*** (2006.01)
***G06K9/00*** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | (56) Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|---|---|---|
| X | WO 2012098388 A1 (UNIV YORK et al.) 26/07/2012.<br>Reivindicaciones, figura 1. | 1 |
| A | US 2008045804 A1 (WILLIAMS MARK E) 21/02/2008.<br>Todo el documento. | 1 |
| A | Drotïr Peter et al. EVALUATION OF HANDWRITING KINEMATICS AND PRESSURE FOR DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF PARKINSON&APOS;S DISEASE. Artificial Intelligence in Medicine, 20160204 Elsevier, NL. Holmes John; Sacchi Lucia; Bellazzi Riccardo; Peek Niels, 04/02/2016, Vol. 67, Páginas 39 - 46, ISSN 0933-3657, <DOI: 10.1016/j.artmed.2016.01.004>.<br>Todo el documento. | 1 |
| A | Rigas G et al. ASSESSMENT OF TREMOR ACTIVITY IN THE PARKINSON S DISEASE USING A SET OF WEARABLE SENSORS. IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, 20120501 IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US. 01/05/2012, Vol. 16, Nº 3, Páginas 478 - 487, ISSN 1089-7771, <DOI: doi:10.1109/TITB.2011.2182616>.<br>Todo el documento. | 1 |

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 | Examinador | Página |
|---|---|---|
| 20.03.2018 | M. Muñoz Sanchez | 1/4 |

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

G06F, G06K

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

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPIEE, XPI3E

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 20.03.2018

**Declaración**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)** | Reivindicaciones | 1 | **SI** |
| | Reivindicaciones | | **NO** |
| **Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)** | Reivindicaciones | 1 | **SI** |
| | Reivindicaciones | | **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 | WO 2012098388 A1 (UNIV YORK et al.) | 26.07.2012 |
| D02 | US 2008045804 A1 (WILLIAMS MARK E) | 21.02.2008 |
| D03 | Drotïr Peter et al. EVALUATION OF HANDWRITING KINEMATICS AND PRESSURE FOR DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF PARKINSON&APOS;S DISEASE. Artificial Intelligence in Medicine, 20160204 Elsevier, NL. Holmes John; Sacchi Lucia; Bellazzi Riccardo; Peek Niels, Vol. 67, Páginas 39 - 46, ISSN 0933-3657, <DOI: 10.1016/j.artmed.2016.01.004> | 04.02.2016 |
| D04 | Rigas G et al.. ASSESSMENT OF TREMOR ACTIVITY IN THE PARKINSON S DISEASE USING A SET OF WEARABLE SENSORS. IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, 20120501 IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US. Vol. 16, Nº 3, Páginas 478 - 487, ISSN 1089-7771, <DOI: doi:10.1109/TITB.2011.2182616> | 01.05.2012 |

**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**

Se considera D01 el documento más próximo del estado de la técnica al objeto de la solicitud.

## Reivindicaciones independientes

Reivindicación 1: El documento D01 divulga un aparato y un método para detección de disfunciones neurológicas (como el Parkinson) utilizando sensores tridimensionales. El método incluye un algoritmo de procesamiento de señales de las posiciones de dedo de la mano (distinto al pulgar) y el pulgar, que se registran en forma de series temporales que luego se comparan con posiciones de control a lo largo de una curva de cara a valorar una función de ajuste de carácter discriminante que produce como valor de salida si se da la enfermedad en cuestión y que se refina mediante programación genética hasta conseguir la confianza en la discriminación deseada. La curva puede ser una espiral (pentagonal), por ejemplo (alternativa evidente a una espiral de Arquímedes para un experto en la materia); reivindicaciones, figura 1. Las diferencias entre la reivindicación 1 y el documento D01 se refieren a operaciones matemáticas comunes de aplicación habitual en el procesamiento de series temporales (normalización, diferencias entre valores consecutivos, comparaciones y fijación de umbrales etc.).
Por tanto, la reivindicación 1 carece de actividad inventiva según el art. 8.1 de la Ley 11/86 Patentes.