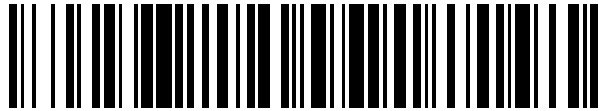


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 841**

21 Número de solicitud: 201830034

51 Int. Cl.:

E04B 1/19 (2006.01)

E04B 1/344 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

11.01.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

19.03.2018

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)**

**Avda. Ramiro de Maeztu nº 7
28040 MADRID ES**

72 Inventor/es:

**ANAYA DIAZ, Jesus y
ALVAREZ ELIPE, Maria Dolores**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **ESTRUCTURA RETICULAR TRANSFORMABLE**

57 Resumen:

La estructura reticular transformable que comprende la invención está formada por unos nudos (1) que permiten el giro esférico de las barras respecto al mismo y unas barras (2) que son capaces de modificar su longitud, caracterizándose por proporcionar conjuntamente a la estructura completa la capacidad de adoptar distintas posiciones y tamaños en el espacio con los mismos elementos de una estructura fija solucionando las necesidades de adaptación a la sollicitación exterior. Se pueden aplicar tanto a configuraciones planas de una única capa, cuando todas las barras (2) están fijas con la misma dimensión y orientación respecto a los nudos (1) o con diferentes dimensiones y orientaciones así como en configuraciones de doble capa tetraédrica cuando todas las barras (2) están fijas con la misma dimensión y orientación o con diferentes dimensiones y orientaciones.

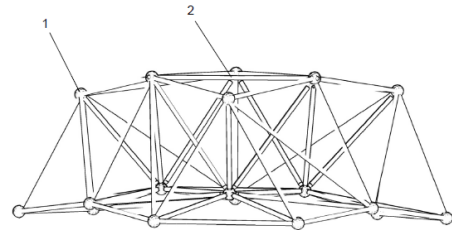


FIGURA 5

ES 2 659 841 A1

DESCRIPCIÓN

ESTRUCTURA RETICULAR TRANSFORMABLE

5 OBJETO DE LA INVENCION

Las estructuras espaciales de conexiones de barras a través de nudos articulados son utilizadas en distintos campos de la tecnología para obtener diferentes disposiciones con el objetivo principal de cubrir grandes luces con elementos ligeros. Estas formas constructivas de uniones de barras permiten una adecuada distribución de las solicitaciones provocadas por las cargas exteriores y las correspondientes reacciones en los apoyos permitiendo una gran variedad constructiva en lo que a disposición de los elementos se refiere.

El objeto de la invención es una estructura reticular móvil capaz de adaptarse a gran cantidad de configuraciones de movimiento y forma, desde soluciones sencillas para el montaje de una estructura plana a estructuras más complejas mediante las conexiones de las barras en una o en varias capas a través de la modulación de las partes obteniendo la rigidez del sistema en su forma definitiva.

La modulación se consigue haciendo uso de un único tipo de pieza de conexión y un único tipo de barra, reduciendo el coste a través de la estandarización del sistema respecto a las soluciones actuales. Se pretende con ello, establecer un reducido número de tipo de elementos a utilizar ampliando el rango de uso de cada unos de ellos.

Esta estandarización mantiene la rigidez de la estructura en lo que se refiere a la estabilidad geométrica que hace a la estructura capaz de resistir su propio peso y las cargas aplicadas sin superar el límite elástico de los materiales. De este modo, las estructuras espaciales finales tienen una función resistente y por tanto serán rígidas isostáticas en su conjunto y con forma geométrica definida pero pueden, del mismo modo, modificarse manualmente o mediante mecanismos internos transformando la forma y tamaño de todo el conjunto para volver a trabajar como estructura rígida.

La invención se encuadra entonces en el sector de las estructuras reticulares articuladas, concretamente en aquellas compuestas por mallas reticulares móviles como es el caso por ejemplo de las empleadas en construcción de cubiertas o similares, fundamentalmente utilizadas en el campo de la arquitectura, diferenciándose en este caso por el uso de mecanismos en los que las barras son móviles radialmente respecto a los nudos de conexión, es decir, que pueden realizar cualquier giro relativo al nudo, generando una articulación entre barras además de la capacidad de éstas de poder adaptarse a distintas longitudes gracias a su propiedad de ser extensible.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las estructuras transformables se han aplicado históricamente en numerosos campos como en la mecánica o la industria aeroespacial, sin embargo, el uso de estos elementos geométricos en la arquitectura se ha realizado a partir de la segunda mitad del siglo XX centrándose básicamente la plegabilidad estructural en soluciones temporales para arcos y bóvedas utilizando el mecanismo de tijera o pantógrafo.

Las estructuras reticulares se caracterizan por comprender articulaciones en los extremos de las barras que admiten que giren unas respecto de las otras permitiendo a la estructura variar su forma y posición previa a su uso pero, una vez que la estructura se encuentra en posición de funcionamiento, las barras forman una unión rígida isostática transmitiendo únicamente

esfuerzos axiales entre ellas a través de los nudos.

5 La complejidad de estas estructuras ha ido avanzando con el uso al que se le han ido aplicando. Desde las más simples en las que las barras forman uniones triangulares equiláteras con secciones regulares formando, en caso de tratarse de estructuras de varias capas, tetraedros perfectos, las compuestas, formadas por formas simples conectadas a través de las uniones, o las más complejas en las que las barras forman estructuras hiperestáticas mostrando figuras más intrincadas que los tetraedros.

10 En la actualidad existen diversos tipos de estructuras reticulares con diversas soluciones técnicas en las que barras pueden desplazarse o girar en torno a los nudos con el objetivo de plegarse o desplegarse, que si bien no es el objetivo de esta invención, si se basan en el mismo principio de permitir el giro solidario entre barras previo al uso como estructura.

15 Algunas patentes como la ES266801, describe una estructura reticular plegable formando un paquete compacto y fácilmente manejable, en el que las barras tienen una articulación intermedia que, al igual que las extremas, limitan el número de barras por nudo y la posición de éstas en el espacio respecto a los nudos y a otras barras generando una estructura final concreta sin permitir variaciones en su forma y tamaño.

20 La patente US3325958, relata una estructura de conexión de barras que al desplegarse forman una bóveda capaz de soportar esfuerzos como si de una estructura rígida se tratase, sin la posibilidad de adoptar otras formas y tamaños diferentes a los específicamente diseñados además de necesitar de elementos extras para su acople final donde las uniones tan solo permiten el giro de las barras sobre un plano y no en tres dimensiones.

25 La patente US4026313 define una estructura efímera que puede adoptar diferentes posiciones y formas como bóvedas o arcos, en los que se muestran diferentes conexiones intermedias entre los tubos que permiten que se giren sobre el mismo plano otorgando la capacidad de plegarse a toda la estructura, con conexiones entre barras en los nudos en los que se permiten el giro solo sobre un plano y no de forma esférica en tres dimensiones, además de mostrar una geometría concreta cuando la estructura se encuentra desplegada.

30 Las invenciones US3710806, US4689932, US4658560, US5444946, ES532117, se asemejan a las anteriores ya que proponen diversas estructuras desplegables portables en el que el fin último de su uso como carpa o estructura temporal en las que habitualmente no se soportan grandes esfuerzos.

35 La amplia mayoría de estos sistemas necesitan elementos externos como barras o cables para dotar de rigidez a la configuración final, por lo que los armazones desplegables, y por tanto deformables, hasta ahora no han sido útiles como estructura final con capacidad de soportar grandes cargas porque no se había encontrado su forma estable.

40 La presente invención aporta una solución a este problema al obtener rigidez en la estructura en sus diferentes posiciones gracias a su propia configuración geométrica de nudos y barras sin requerir elementos externos para asegurarla.

45 Es evidente que la novedad de la presente invención con respecto a las mencionadas radica en que las barras pueden adoptar varias longitudes y pueden acoplarse a los nudos en diferentes orientaciones generando cualquier forma deseada, de modo que las operaciones de cálculo y montaje se realizan una manera más cómoda y rápida reduciendo los costes otorgando a la estructura la rigidez deseada. No se trata de una estructura temporal ya que está preparada para soportar grandes esfuerzos, asemejándose más a una estructura de cerchas habituales

con la capacidad de movilidad que éstas no tienen.

5 No se han utilizado hasta el momento de una forma práctica estructuras de cerchas que permitan formas cambiantes o plegables y desplegadas como las mencionadas en esta invención. En el actual estado de la técnica no se conoce ninguna estructura reticular, con las características técnicas que se relatan en la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

10 Las estructuras reticulares móviles que constituyen el objeto de esta invención proponen una solución de gran flexibilidad, en cuanto al movimiento y estabilización de la estructura, en base al uso de elementos modulares de reducido peso, que se acoplan entre sí como barras autodimensionables que utilizan sistemas de unión móviles con la particularidad de que la estructura obtenida presenta tan buenas características mecánicas en todas sus posiciones como una estructura fija.

15 En concreto, la estructura de la invención comprende unos nudos y unas barras giratorias respecto a dicho nudo, que pueden variar de longitud, con el objeto de obtener estructuras móviles para arquitectura, capaces de adaptarse a diferentes configuraciones, tanto bidimensionales como tridimensionales.

20 Todo ello se consigue con una conexión que permite adaptarse a todas las uniones espaciales requeridas sin limitaciones, permitiendo el giro de las barras unidas a él en forma de articulación esférica, sin concentración de esfuerzos cortantes o flectores evitando toda excentricidad, a la vez que se permite su movimiento dentro de la configuración escogida. Además, se complementan por unas barras capaces de modificar su dimensión longitudinal funcionando únicamente bajo un axil puro. Es decir, los nudos y las barras de la invención presentan muy buenas propiedades de movimiento que hacen al conjunto válido para estructuras reticulares móviles de todo tipo.

25 La estructura reticular transformable, considerada en su conjunto, comprende la capacidad de modificar su tamaño y forma en función de las conexiones y longitudes escogidas en las barras ya sea mediante su manipulación manual o mediante otros medios de accionamiento, es por esa característica que se considera móvil a la estructura.

30 Preferentemente, los módulos de las uniones y de las barras que permiten las características mencionadas son idénticos en toda la estructura, pero en caso de ser necesario, pueden presentar diferentes tamaños en el mismo armazón.

35 Las secciones de las barras de una misma estructura son del mismo tipo y tamaño, ya que al hacer el cálculo de esfuerzos, se busca un reparto equitativo entre ellas y se selecciona el perfil en función de aquella que soporta mayor tensión. Esta aplicación facilita el ensamblaje de la instalación sin tener que seguir un procedimiento específico para el montaje.

40 La topología, distribución geométrica de barras en el espacio, se consigue como consecuencia de la repetición y yuxtaposición de poliedros sencillos correspondiéndose las barras con las aristas y los nudos con los vértices.

45 Según una realización preferente, los módulos de las barras y nudos están dispuestos de forma triangular, que permiten su posterior unión con otros triángulos formando un entramado tetraédrico estable cuando está en funcionamiento ya que el triángulo es la única forma poligonal que no varía su posición cuando actúa sobre él una fuerza. Cuando se somete a un esfuerzo sobre cualquiera de las barras el esfuerzo se comparte a través de las conexiones

con las otras que forman parte de la estructura, quedando todas sometidas a tensiones.

5 Cuando se pretende dar movilidad a la estructura, se modifican las longitudes de la totalidad o parte de las barras, ampliándose o reduciéndose en función de la necesidad constructiva manteniendo la rigidez del armazón sin generar ninguna inestabilidad obteniendo cambios en la orientación y posición del conjunto en el espacio gracias a la articulación libre de los nudos, sin tener que eliminar ni introducir en la estructura ninguna barra o elemento extra para este cambio.

10 Cuando la estructura se encuentra tanto en posición estática como móvil, al ser los nudos uniones articuladas sin conexiones rígidas, el único esfuerzo que sufren las barras es axial, manteniendo siempre la concetricidad entre las barras y los nudos, sin que existan momentos torsores o flectores ni tensiones cortantes que afectarían a la estructura dañándola aplicando las cargas directamente sobre los nudos.

15 Por las características explicadas, se puede resumir que la estructura de la invención destaca por la rapidez de fabricación y montaje que proporciona gracias en parte a la liviandad propia de estos tipos de elementos y a la independencia en el orden de ensamblaje de las partes, su capacidad de soportar grandes luces, de generar espacios diferentes con los mismos elementos pudiendo adaptarse a cualquier distribución geométrica solicitada, su fiabilidad estructural con un óptimo aprovechamiento de los materiales con un reducido coste de instalación y mantenimiento.

25 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

30 Figura 1.- Se muestra una perspectiva en vista isométrica del esquema geométrico en de una estructura reticular transformable cuando se halla en su configuración plana.

35 Figura 2.- Muestra una perspectiva en vista isométrica del esquema geométrico de la estructura mostrada en la figura 1, después de haber aplicado giros a las barras respecto a los nudos y haberlas alargado o encogido según correspondiera, dando como resultado la estructura modificada.

40 Figura 3.- Se muestra una perspectiva en vista isométrica del esquema geométrico de una estructura reticular tetraédrica transformable cuando se halla en su configuración plana.

45 Figura 4.- Muestra una perspectiva en vista isométrica del esquema geométrico de una estructura reticular tetraédrica similar a la de la figura 3 pero después de haber sufrido modificaciones en las longitudes de las barras, generando los cambios de ángulos visibles en cada nudo dejando de ser una estructura plana.

50 Figura 5.- Muestra una perspectiva en vista isométrica del esquema geométrico de la misma estructura geométrica de la figura 4, desde una perspectiva más lateral, mostrando la curvatura generada.

DESCRIPCIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Las estructuras reticulares en general pueden estar formadas por diversos tipos de materiales

ya que las características básicas a cumplir por los elementos que las componen son una amplia resistencia a la deformación siendo preferiblemente ligeros para facilitar su transporte y proceso de instalación. Habitualmente se utilizan materiales o compuestos metálicos tanto para las barras (2) como para los nudos (1).

5 La estructura en cuestión se monta "in situ", siendo ejecutada directamente sobre medios externos, como cimbras, o montada de forma plana y adaptarse a la forma deseada mediante mecanismos internos que accionen la longitud deseada de cada barra (2). Estos mecanismos pueden ser accionados de forma manual o automática por medio de motores, gatos hidráulicos o manivelas, etc.

10 Una vez la estructura se sitúa en su posición final, se fija al suelo o a las estructuras correspondientes con las que se mantienen en contacto. Dependiendo de las dimensiones de la estructura, del terreno y las diferentes cargas tanto verticales como horizontales de viento, se dimensionan el resto de los elementos necesarios como el tipo de anclaje o la cimentación necesaria.

15 A medida que se sitúa el primer nudo de conexión (1), se añaden a él tantas barras (2) sean necesarias en función de la estructura buscada. Una vez que se dispone de ese primer nudo (1) con una serie de barras (2) que salen de él, se pueden ir añadiendo nuevos nudos (1) a partir de los extremos de las barras incorporadas y así nuevas barras que generen polígonos o poliedros regulares estáticos. Al permitir los nudos (1) el movimiento esférico de las barras respecto a él, se genera la posibilidad de adquirir cualquier posición en el espacio y al tener las barras (2) la capacidad de modificar su longitud se obtiene la estructura móvil de la invención.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Estructura reticular, transformable móvil caracterizada por comprender unos nudos (1) que permiten el giro esférico tridimensional independiente de las barras (2) respecto al mismo y unas barras (2) que son capaces de modificar su longitud independientemente de su posición y unión.
- 10 2.- Estructura reticular transformable móvil, según reivindicación 1, caracterizada por poder trabajar como una estructura plana rígida de una única capa teniendo todas las barras (2) en estado fijo con la misma dimensión y con una única posición respecto a los nudos (1) en el espacio.
- 15 3.- Estructura reticular transformable móvil, según reivindicación 1, caracterizada por poder presentar configuraciones espaciales de una única capa con las barras (2) fijadas con diferentes dimensiones entre ellas y con distintas orientaciones respecto a los nudos (1) en el espacio.
- 20 4.- Estructura reticular transformable móvil, según reivindicación 1, caracterizada por poder presentar configuraciones planas de doble capa tetraédrica teniendo todas las barras (2) en estado fijo con la misma dimensión y con las mismas posiciones respecto a los nudos (1) en el espacio.
- 25 5.- Estructura reticular transformable móvil, según reivindicación 1, caracterizada por poder presentar configuraciones espaciales de doble capa tetraédrica con las barras (2) fijadas con diferentes dimensiones entre ellas y con distintas posiciones respecto a los nudos (1) en el espacio.

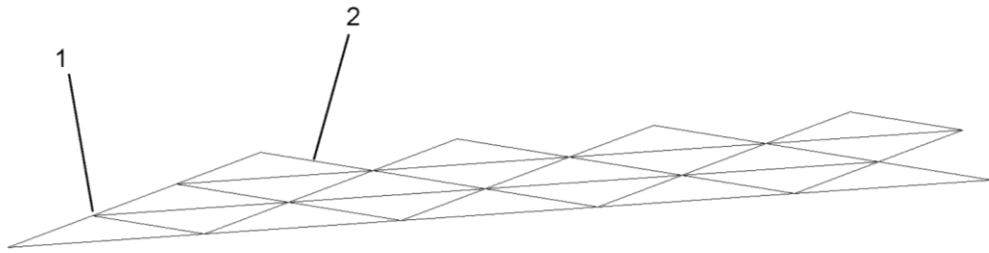


FIGURA 1

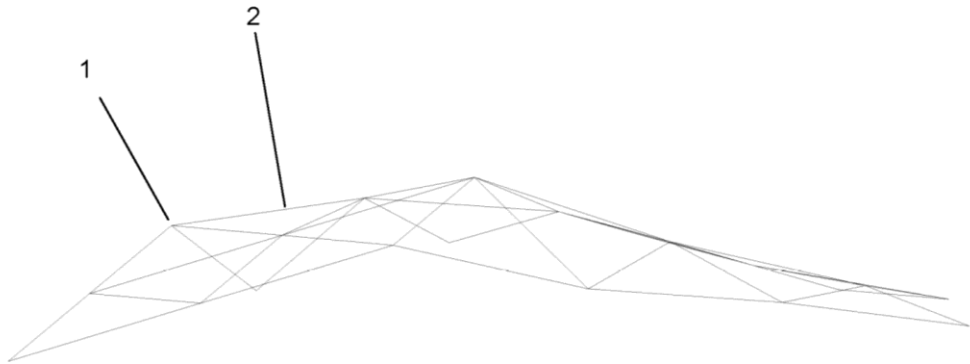


FIGURA 2

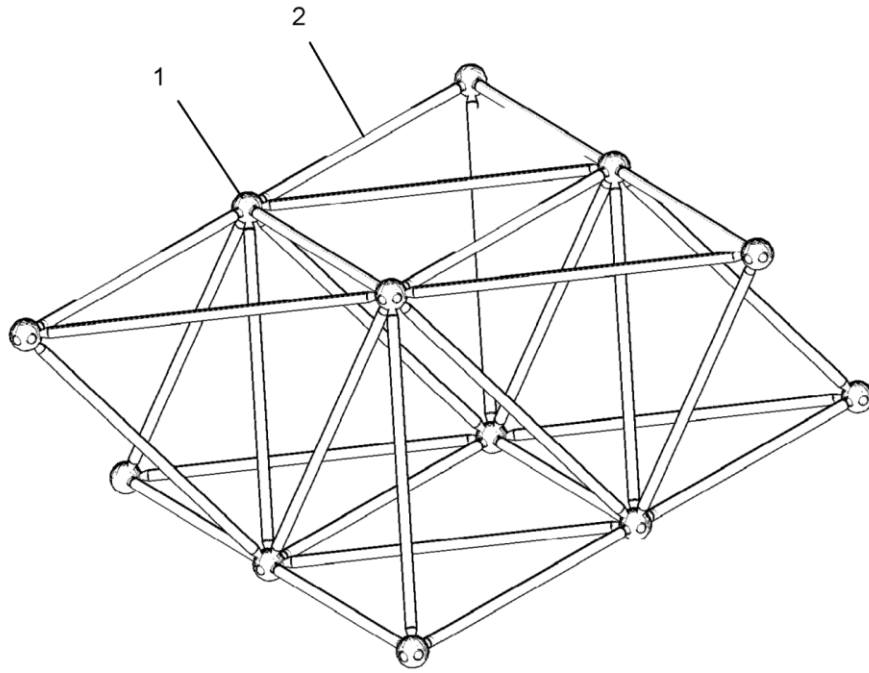


FIGURA 3

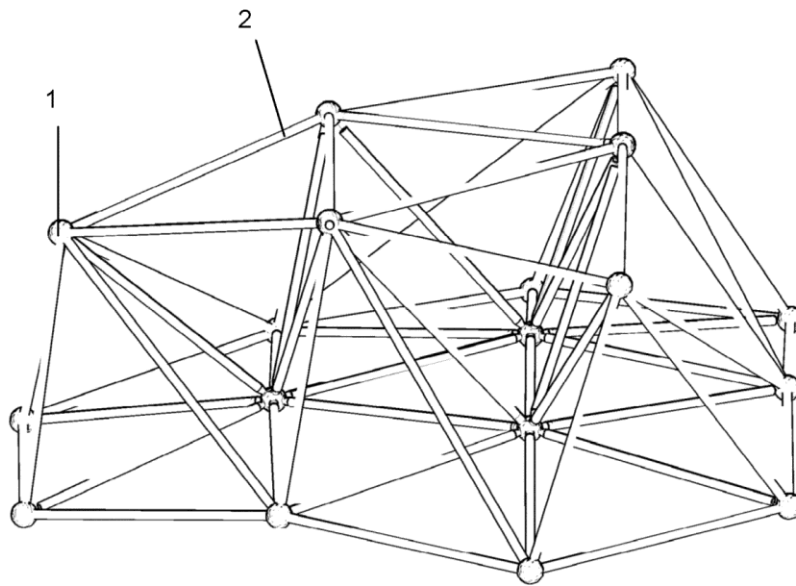


FIGURA 4

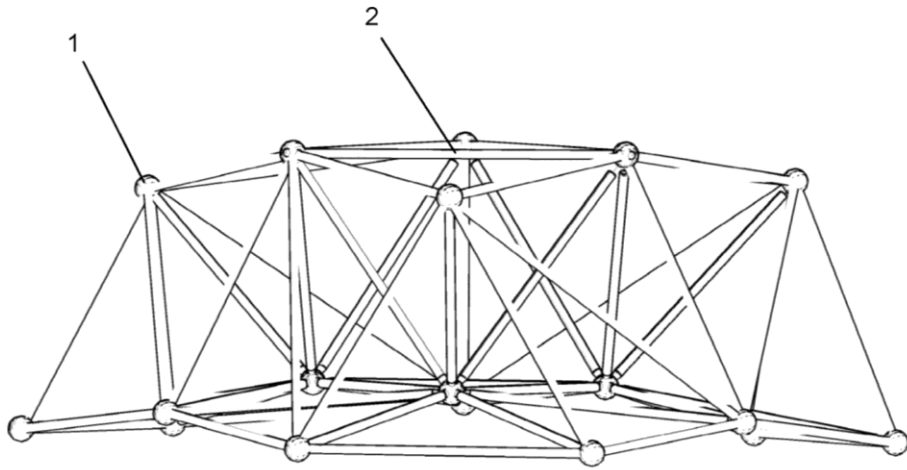


FIGURA 5



- ②① N.º solicitud: 201830034
②② Fecha de presentación de la solicitud: 11.01.2018
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **E04B1/19** (2006.01)
E04B1/344 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	GB 2303650 A (UNIV CENTRAL ENGLAND IN BIRMIN et al.) 26/02/1997, páginas 1,2 y 4; reivindicaciones 1-3,6; figuras 1,2.	1,4,5
X	US 4796389 A (BINI DANTE et al.) 10/01/1989, resumen; columna 3, línea 64-columna 4, línea 6; columna 4, líneas 34-48; Columna 4, línea 60-columna 5, línea 18; figuras 1 a 6 y 13 a 21.	1-3
X	EP 2921600 A1 (AIRBUS OPERATIONS GMBH) 23/09/2015, Párrafos [0070],[0071],[0079],[0066]; figuras 1-19.	1-3
Y		4,5
Y	US 4646504 A1 (BRITVEC) 03/03/1987, columna 19, líneas 7-41; figuras 5 y 6.	4,5
A	DE 10112313 A1 (BAUER SIMON) 20/09/2001, resumen; figuras 1-6,10, 12-15.	1-3

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
02.03.2018

Examinador
M. Sánchez Robles

Página
1/2

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

E04B

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

INVENES, EPODOC