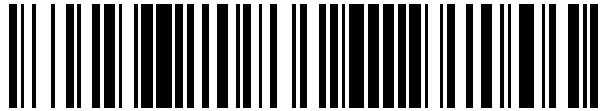


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 327**

21 Número de solicitud: 201431765

51 Int. Cl.:

F03D 13/25 (2006.01)
B63B 35/44 (2006.01)
E02B 17/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

27.11.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

31.05.2016

Fecha de la concesión:

26.09.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

03.10.2016

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
(100.0%)**

**Jordi Girona, 31
08034 Barcelona (Barcelona) ES**

72 Inventor/es:

**MOLINS BORRELL, Climent y
CAMPOS HORTIGÜELA, Alexis**

54 Título: **Elemento de transición para la transmisión de esfuerzos entre torre y subestructura en estructura flotante monolítica de hormigón para el soporte de turbinas eólicas marinas**

57 Resumen:

Elemento de transición para la transmisión de esfuerzos entre torre y subestructura en estructura flotante monolítica de hormigón para el soporte de turbinas eólicas marinas.

La presente invención se refiere, en estructuras flotantes de soporte de turbinas eólicas, a la materialización mediante una lámina de hormigón pretensado de la zona de transición entre la torre, de menor diámetro, y el flotador de hormigón de mayor diámetro, tanto si la torre es metálica como de hormigón. Dicha lámina de revolución presenta una geometría óptima para la correcta transmisión de esfuerzos entre ambas partes, torre y flotador, con un espesor reducido y sin necesidad de elementos de rigidización y refuerzo exteriores a sus superficies que aumentarían el peso y el coste de la estructura.

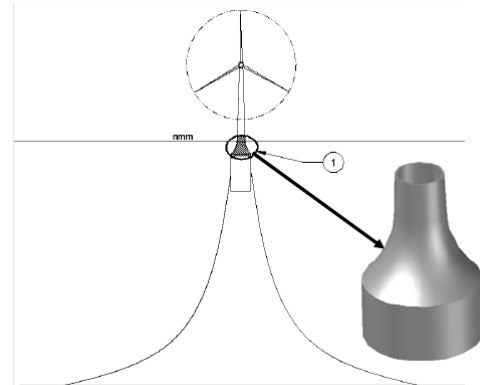


FIGURA 1

ES 2 572 327 B2

ELEMENTO DE TRANSICIÓN PARA LA TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS ENTRE TORRE Y SUBESTRUCTURA EN ESTRUCTURA FLOTANTE MONOLÍTICA DE HORMIGÓN PARA EL SOPORTE DE TURBINAS EÓLICAS MARINAS.

5

DESCRIPCIÓN

La presente invención se refiere, en estructuras flotantes de soporte de turbinas eólicas, a la materialización mediante una lámina de hormigón pretensado de la zona de transición entre la torre, de menor diámetro, y el flotador de hormigón de mayor diámetro, tanto si la torre es metálica como de hormigón. Dicha lámina de revolución presenta una geometría óptima para la correcta transmisión de esfuerzos entre ambas partes, torre y flotador, con un espesor reducido y sin necesidad de elementos de rigidización y refuerzo exteriores a sus superficies que aumentarían el peso y el coste de la estructura.

10

15

Antecedentes de la invención

Desde la implantación de los primeros parques eólicos offshore, la industria ha ido tendiendo al uso de elementos de hormigón para soporte de las torres que sustentan las turbinas eólicas gracias a las mejores prestaciones de dicho material en el ambiente marino.

20

La transición entre acero y hormigón en estas estructuras presenta una zona crítica para la durabilidad de la estructura, principalmente debido a la fatiga del hormigón en la zona de junta.

25

Con el nuevo diseño se minimizan las concentraciones de esfuerzos a lo largo de la transición, asegurando una máxima vida útil tanto por durabilidad como por fatiga, al ser una pieza continua y sin juntas que conecta la torre con la subestructura.

30

Siguiendo la filosofía presentada en WO2013/093160A1, donde se propone una estructura flotante monolítica, de una sola pieza, de hormigón armado y pretensado, incluyendo torre y flotador en un único elemento, en la presente invención se propone una geometría de transición que permite transmitir los esfuerzos generados en la base de la torre eólica hacia el elemento flotador de mayor diámetro, sin necesidad de uso de rigidizadores ni otros elementos externos a la propia pared de hormigón de la estructura que harían aumentar el peso y, por tanto, perder flotabilidad.

35

En el diseño de estructuras flotantes, la geometría de la sección de intersección con el nivel medio del mar (nmm) es un factor clave para el correcto comportamiento hidrodinámico de la estructura, de modo que el diámetro en dicha sección es el menor capaz de soportar los esfuerzos de diseño.

En cambio, el diseño del flotador se centra en maximizar la estabilidad de la estructura con el menor calado posible, implicando mayores diámetros que en la torre. Ésta diferencia entre diámetros implica grandes concentraciones de tensiones sobre la base de la torre y sobre el flotador, especialmente en el caso de transiciones de corta longitud, o incluso de longitud nula, siendo un factor clave la relación entre los diámetros de la torre y el flotador.

En el caso de estructuras de hormigón monolíticas, donde la torre y el flotador forman una única pieza y los esfuerzos de pretensado del hormigón generan importantes esfuerzos de desviación en los cambios de geometría, conseguir una geometría que permita distribuir uniformemente las tensiones sobre la estructura permite aumentar la durabilidad de la estructura así como reducir el coste de ejecución de las estructuras de hormigón flotantes monolíticas.

Puesto que en los casos donde la torre metálica es necesario alejar en la medida de lo posible la junta acero-hormigón de la superficie del agua por temas de durabilidad y estanqueidad, la presente invención es igualmente válida, permitiendo realizar la transición con hormigón hasta escasos metros sobre el nmm, donde se conecta con la torre. Con esta solución se minimizan los problemas de durabilidad y mantenimiento de la zona más expuesta a los vectores ambientales más agresivos.

Para los casos de estructuras de hormigón que se fondean por gravedad en el fondo marino, la presente invención optimiza la distribución de tensiones en el aumento de diámetro desde la torre hasta la base de cimentación.

Descripción de la invención

Mediante el uso de una geometría adecuada y el uso de cordones de acero para el pretensado longitudinal y circunferencial se consigue una suave transmisión al flotador de los esfuerzos originados en la torre. Adicionalmente ayuda a mejorar otros aspectos hidrodinámicos respecto a otras soluciones, como se verá posteriormente.

Dicha transición comprende:

-un arco de circunferencia tangente a la generatriz de la torre que une ambas piezas, formando una transición de geometría toroidal.

En caso de necesidad, la transición puede realizarse en 2 o más segmentos tronco-cónicos adaptando las transiciones a la curvatura original. Esta opción implica mayores concentraciones

de tensiones que a su vez pueden ser absorbidas mediante el pretensado circunferencial concentrado en cada cambio de transición.

5 Adoptando esta geometría, toroidal o en base a troncos de cono, se obtiene una distribución adecuada de las tensiones longitudinales y transversales sobre el hormigón, incluyendo las cargas de la torre más las debidas al pretensado de los tendones embebidos en el hormigón, sean longitudinales y transversales.

10 El encuentro entre el flotador y la transición se pretensa circunferencialmente para absorber las tensiones generadas por el cambio de geometría, disponiendo un conjunto de tendones agrupados en la zona del cambio y otros de refuerzo repartidos a lo largo de la transición para garantizar el total estado de compresión.

15 Este estado de compresión garantiza la durabilidad de la estructura flotante en toda su obra viva y zona de salpicaduras.

20 Los tendones longitudinales se corresponden a los tendones de pretensado existentes de la base de la torre, dándoles continuidad hacia el flotador a través de la transición. En el caso de torre metálicas, los tendones longitudinales arrancan desde el inicio de la estructura de hormigón por encima del nmm.

25 Adicionalmente al beneficio estructural, hay que notar que la transición aumenta el radio de forma no lineal de tal manera que permite alejar los mayores diámetros de la superficie del mar, donde el efecto de las acciones de oleaje son máximas y disminuyen exponencialmente con la profundidad mientras aumentan proporcionalmente con el diámetro. Esto mejora en gran medida la respuesta hidrodinámica de la estructura, siendo más permeable en la superficie del mar.

30 Su forma también ayuda a evitar posibles efectos adversos en el movimiento bajo condiciones severas de oleaje, donde parte importante de la transición queda expuesta temporalmente, produciéndose importantes variaciones de rigidez hidrostática con el uso de las típicas transiciones lineales, que deben ser compensadas en diseño mediante la longitud de la transición, aumentando el calado y/o radio del flotador.

35 Asimismo, la suavidad de la transición en la base de la torre permite un mayor radio entorno a la torre con una profundidad mínima que mediante otros tipos de transiciones, lo que favorece el tránsito de embarcaciones.

Breve descripción de las figuras

Para mejor comprensión de cuanto se ha expuesto, se acompañan unos dibujos en los que, esquemáticamente y tan sólo a título de ejemplo no limitativo, se representa el objeto de la
5 invención

La figura 1 es una vista esquemática en alzado de una estructura flotante para soporte de turbinas eólicas marinas, donde se resalta la situación de la pieza de transición de acuerdo con la presente
10 invención;

La figura 2 es un corte en alzado de la pieza de transición, donde se puede observar la geometría de la transición, bien sea curva (2) o segmentada (9), que define la longitud de transición L (3) en función de los radios de la torre (4) y del flotador (5). Se pueden observar los tendones longitudinales de acero pretensado (8), así como los tendones circunferenciales principales (6)
15 que recogen los esfuerzos debidos al cambio de geometría. También se aprecian los tendones de refuerzo circunferencial repartidos a lo largo de la transición (7). Asimismo, se observa que el espacio interior está completamente libre de elementos de rigidización y/o refuerzos (10).

En la figura 3 se muestra una vista en planta de la transición, resultando claramente visible la geometría de los tendones de pretensado circunferenciales (7 y 6) y de los tendones longitudinales (8) que dan continuidad a los provenientes de la torre (11).
20

REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento de hormigón de transición subestructura-torre para estructuras flotantes de soporte de aerogeneradores marinos donde la subestructura sumergida sea de hormigón hueca que se caracteriza por estar formada por una geometría axisimétrica de transición circular (2) desde el radio del flotador (5) hasta el radio de la base de la torre (4), con un espesor comprendido entre el espesor de la torre y el de la subestructura, prescindiendo de refuerzos o rigidizadores exteriores a las superficies.
- 10 2. Elemento de hormigón de transición subestructura-torre de acuerdo con la reivindicación 1, siendo la superficie de la transición tangente a la generatriz de la base de la torre;
3. Elemento de hormigón de transición subestructura-torre de acuerdo con la reivindicación 1, donde la transición circular se ajuste mediante 2 o más segmentos rectos (9);
- 15 4. Elemento de hormigón de transición subestructura-torre de acuerdo a la reivindicación 1, en la que dicha transición comprende:
 - Tendones de acero de pretensado longitudinales (8); y
 - 20 -Tendones de acero de pretensado circunferenciales (6 y7);

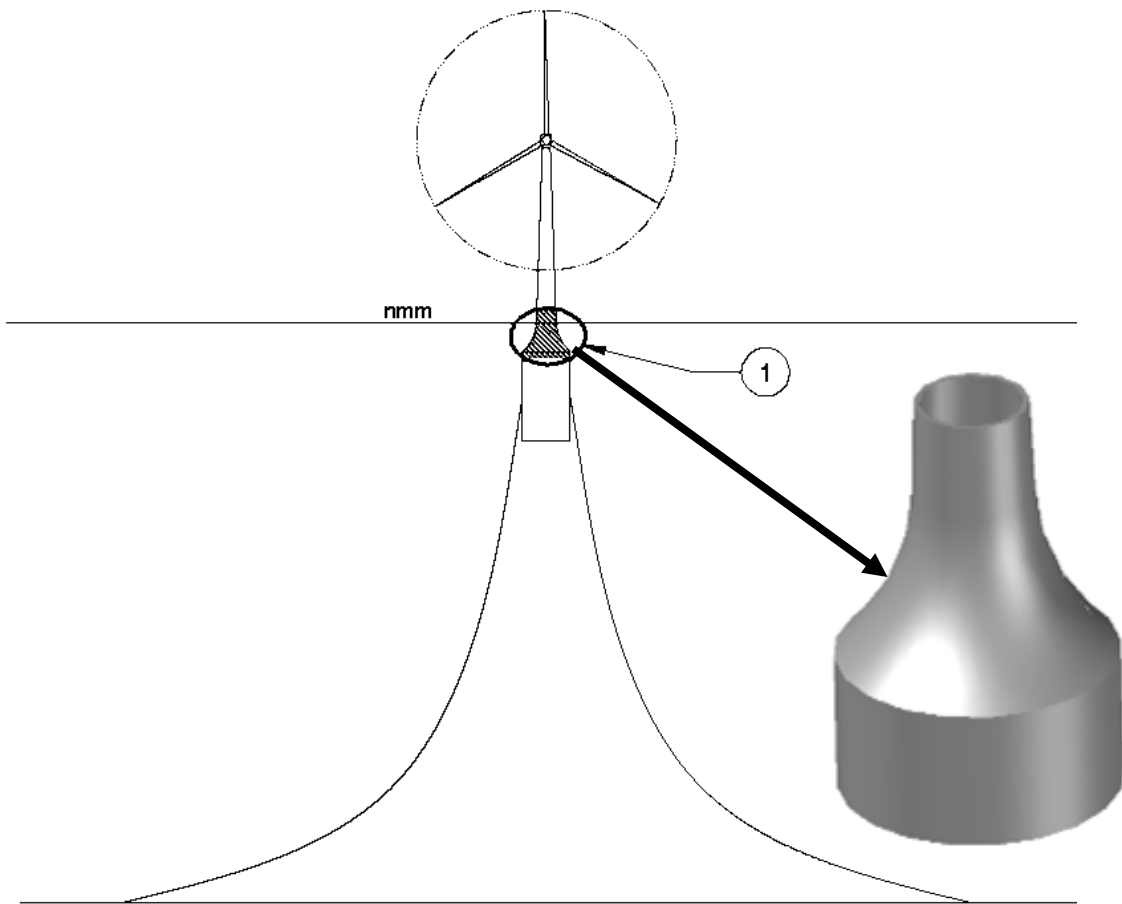


FIGURA 1

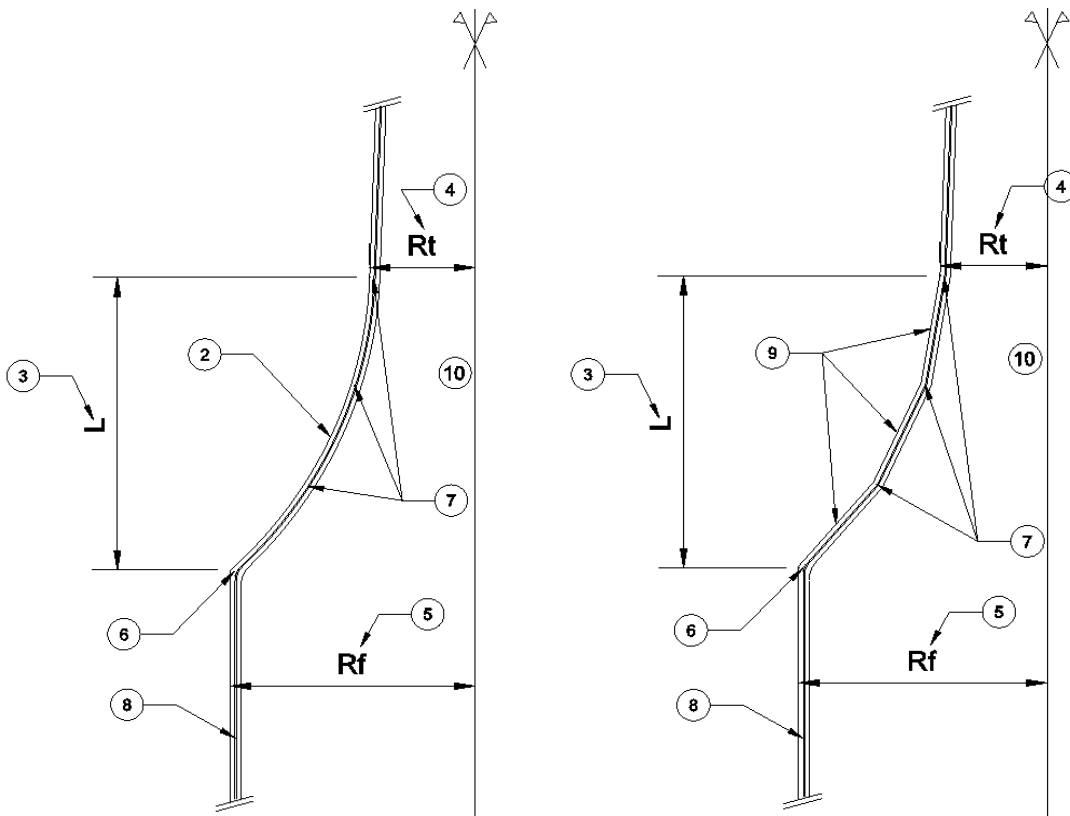


FIGURA 2

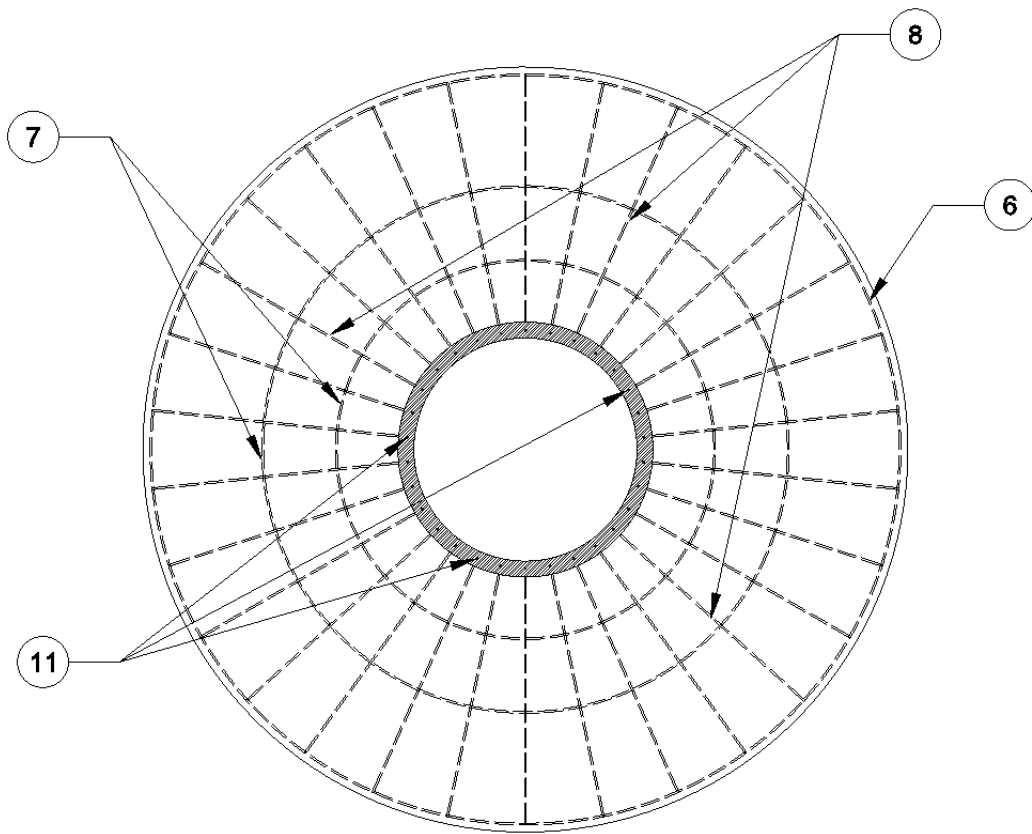


FIGURA 3



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②¹ N.º solicitud: 201431765

②² Fecha de presentación de la solicitud: 27.11.2014

③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2013153395 A2 (OFFSHORE GROUP NEWCASTLE LTD) 17.10.2013, resumen; figura 16.	1
A	EP 2072685 A1 (WESERWIND GMBH) 24.06.2009, resumen; figuras 2-3.	1
A	EP 2597227 A1 (STX FRANCE SA) 29.05.2013, figuras.	1
A	WO 2014095252 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG) 26.06.2014, resumen; figuras 4,5.	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 n.º:

Fecha de realización del informe
04.09.2015

Examinador
D. Herrera Alados

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F03D11/04 (2006.01)

B63B35/44 (2006.01)

E02B17/00 (2006.01)

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

F03D, B63B, E02B

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: 04.09.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-4	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-4	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 2013153395 A2 (OFFSHORE GROUP NEWCASTLE LTD)	17.10.2013
D02	EP 2072685 A1 (WESERWIND GMBH)	24.06.2009
D03	EP 2597227 A1 (STX FRANCE SA)	29.05.2013
D04	WO 2014095252 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG)	26.06.2014

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

El objeto principal de invención es un elemento de hormigón de transición subestructura-torre para estructuras flotantes de soporte de aerogeneradores marinos donde la subestructura sumergida sea de hormigón hueca que se caracteriza por estar formada por una geometría axisimétrica de transición circular (2) desde el radio del flotador (5) hasta el radio de la base de la torre (4), con un espesor comprendido entre el espesor de la torre y el de la subestructura, prescindiendo de refuerzos o rigidizadores exteriores a las superficies.

La invención reivindicada difiere principalmente de los documentos citados (D01 a D04) en que ninguna de las piezas de transición divulgadas tiene una transición circular desde el radio del flotador hasta el radio de la base de la torre. Así, la invención reivindicada implica un efecto mejorado comparado con el estado de la técnica. Además, no se considera obvio que un experto en la materia obtenga la invención a partir de los documentos mencionados anteriormente. Por consiguiente, se considera que la reivindicación 1 tiene novedad y actividad inventiva (Art. 6.1 y 8.1 de LP11/86).

Las reivindicaciones 2 a 4 son reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1. Teniendo en cuenta la argumentación con respecto a la reivindicación 1, la invención de acuerdo con las reivindicaciones 2-4 cumple el requisito de actividad inventiva.