

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 453 815**

21 Número de solicitud: 201201028

51 Int. Cl.:

**G01N 33/24** (2006.01)

12

## PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**08.10.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**08.04.2014**

Fecha de la concesión:

**13.01.2015**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**20.01.2015**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA (100.0%)  
OTRI, Edf. Central, 1ª planta. Ctra de Sacramento,  
s/n  
04120 Almería (Almería) ES**

72 Inventor/es:

**LOZANO CANTERO, Francisco Javier;  
GIMÉNEZ FERNÁNDEZ, Antonio;  
ASENSIO GRIMA, Carlos Manuel y  
PÉREZ SALMERÓN, Juan Carlos**

54 Título: **Túnel de viento para el estudio de la erosión eólica**

57 Resumen:

Túnel de viento para el estudio de la erosión eólica, caracterizado por ser ligero y plegable, donde un ventilador genera una corriente de aire, que entra en una estructura "tubular" desplegable. La estructura es telescópica. Se divide en 3 módulos y se han colocado unas bisagras, que permiten transformarlo en un cubo completamente plegado de reducidas dimensiones. Para completar el conjunto telescópico, se ha diseñado un sistema que permite a las paredes adaptarse a ésta estructura, utilizando patines que deslizan sobre un raíl.

La recogida y análisis de las muestras, se realiza con 2 sensores:

1. Un láser-scan, que permite la generación de mapas tridimensionales del suelo, antes y después de ser erosionado.

2. Una cámara de visión industrial, que capta imágenes de las partículas fijadas en una serie de placas con adhesivos, colocadas al final del dispositivo.

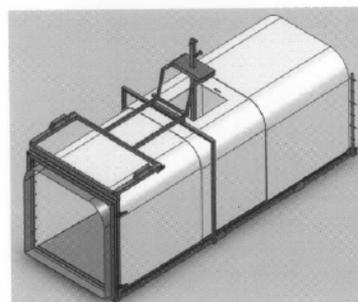


Figura 1.- Túnel de viento desplegado.

ES 2 453 815 B1

## **DESCRIPCIÓN**

### TÚNEL DE VIENTO PARA EL ESTUDIO DE LA EROSIÓN EÓLICA

#### CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se enmarca de manera general en los sectores de la  
5 Agricultura, Forestal y Medio Ambiente; de manera más específica, en el ámbito  
de la Ciencia del Suelo.

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

10 Históricamente, para realizar los ensayos de erosión eólica, se generaba una  
corriente de aire con un ventilador y, posteriormente, el muestreo se hacía de  
forma manual, para análisis en el laboratorio. En estos experimentos no existía  
ningún control sobre las variables que afectan al movimiento de las partículas.

15 La medición de las tasas de erosión eólica ha sido siempre uno de los objetivos  
fundamentales de los estudios sobre la acción del viento. Los sistemas seguidos  
han sufrido profundos cambios a lo largo del tiempo que, en general, han venido  
impuestos por los progresos de la técnica y por el cada vez mayor conocimiento  
que se tiene sobre este fenómeno erosivo. Así, por ejemplo, Cornish en 1900  
20 estudia y cuantifica la arena transportada, midiendo el volumen de la misma que  
pasa en un año sobre  $1\text{cm}^2$  de "desierto". Son estimaciones visuales que no  
cuantifican, ni con mediana aproximación, el movimiento de las arenas; pero al  
menos constituyen uno de los primeros intentos serios que se hicieron. Este  
método, aunque con modificaciones, se siguió utilizando durante varias décadas y  
a partir de él se formularon expresiones matemáticas para medir la acción erosiva  
25 del viento.

Con posterioridad, los estudios se enfocaron hacia otro tipo de experimentación.  
Al intervenir el vector viento, se centró la atención en la "Dinámica de Fluidos" y  
basándose en sus leyes, se abordaron las experimentaciones con el uso de  
30 modelos reducidos; con estos modelos se reproducía el fenómeno mediante el

movimiento del aire, a semejanza del originado en la naturaleza por vía natural. Este tipo de trabajos ha tenido y sigue teniendo un gran predicamento entre los investigadores y ha conducido a un progresivo desarrollo de los túneles de viento.

5 En la actualidad un nuevo método de trabajo se ha incorporado a la experimentación y cuantificación; el empleo de las fotografías aéreas y de las imágenes tomadas por satélite.

Las fotos aéreas, en principio, se han utilizado para estudios de reconocimiento y prospección de áreas extensas, principalmente en regiones desérticas y  
10 subdesérticas. Esto ha permitido la delimitación de sectores en los cuales, presumiblemente, la acción del viento incide con intensidad sobre el suelo.

No debe olvidarse que, a pesar de estas nuevas técnicas de análisis y experimentación, es en los trabajos de campo, donde puede constatarse la  
15 realidad de la erosión eólica. La "erosividad climática", local o regional, empieza a conocerse sobre el propio terreno; la comprobación de la "erosionabilidad de los suelos" nace del conocimiento de los materiales que los integran y de la interacción de ambos parámetros se nos mostrará un paisaje, en el cual se señalarán las huellas de la erosión eólica acaecida sobre él.

20 Actualmente existen varios tipos de simuladores de viento, que actúan directamente sobre una superficie de suelo. En este sentido, el primer dispositivo que se creó para cuantificar la erosión eólica fue un simulador de viento que empleaba una corriente artificial de viento, actuando directamente sobre una  
25 superficie del suelo. Los ensayos realizados en el campo con este método, definido de acción directa, no dieron resultados totalmente positivos debido, básicamente, a las dificultades que presentaba para la recogida de muestras, ya que este proceso se realizaba con cinco trampillas de aluminio situadas frente al ventilador y separadas entre sí 1 metro. El tamaño de estas trampillas oscilaba  
30 entre 80 y 110cm de longitud, 15 a 30cm de base y 8 a 20cm de altura.

Por otro lado, otro gran inconveniente de esta simulación radica en que al hacer incidir la corriente de aire generada por el ventilador directamente sobre la superficie a estudiar, el régimen que se genera es fundamentalmente laminar, mientras que en una corriente de aire natural existe una combinación de éste con el régimen turbulento. Por ello, las simulaciones así realizadas no se asemejan con suficiente grado de aproximación a las condiciones reales.

Otro tipo de simuladores, son los que inciden con una corriente eólica en el interior de un túnel.

Una vez comprobado que los resultados obtenidos con el método antes descrito no eran del todo válidos, Quirantes (1989), procedió a realizar una modificación del simulador existente. El cambio más significativo consistió en que la corriente de viento generada por el ventilador ya no actuara directamente sobre la superficie de suelo, sino que lo hiciese a través de un túnel. Además, en este caso, se podría regular la velocidad de funcionamiento del ventilador por medio del pertinente regulador.

El sistema de producción y encauzamiento del viento constaba de tres partes básicas: un generador, un ventilador y un regulador.

El generador es un grupo electrógeno de 220V, 50Hz y 1.7KVa, siendo su funcionamiento con gasolina.

El ventilador alcanza velocidades del orden de 1400r.p.m. y su potencia consumida es de 700W, lo que permite alcanzar caudales de  $10300\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , pero presenta el inconveniente de que tiene un gran peso y volumen, lo que dificulta su traslado y manipulación. Para los trabajos en campo se adaptó el ventilador y acondicionó al resto del sistema. Así, se le acopló a la salida del viento una tela semi-rígida de 50cm de anchura y 30cm de altura que sirviese de conexión entre el ventilador y el túnel de viento. Al ventilador se le acopló un soporte con dos patas triangulares construidas con tubo rectangular de 20x50mm. Estas patas están separadas de forma que se puede obtener la inclinación necesaria para adaptar el conjunto a las anomalías del terreno.

El regulador de velocidad utilizado dio problemas de funcionamiento, siendo necesario sustituirlo por otro cuya potencia fuese superior a 1kW y con una sensibilidad mayor, especialmente para poder trabajar con velocidades bajas. Al final se optó por utilizar un regulador de frecuencia con potenciómetro deslizante, que permitía el empleo de 10 posiciones de control.

5

Otra innovación posterior que se introdujo fue la de sustituir el grupo electrógeno y el ventilador eléctrico por un solo conjunto, que fue un ventilador que funcionase con gasoil. Esta novedad presentaba la ventaja de que el transporte era más cómodo, ya que sólo había que trasladar un elemento, pero presentaba el gran inconveniente de generar excesivas vibraciones al túnel.

10

El cuerpo del túnel de viento estaba constituido por tres materiales fundamentales: tela de goma, fibra de vidrio y perfiles de aluminio. Constaba de tres arcos contruidos con pletina de aluminio de 40x6mm, y formado por dos piezas unidas por ángulos y cogidas con remaches. Sobre ellas se ensambló la tela de goma mediante una pletina de aluminio de 1x10mm, uniéndose el arco mediante remaches. Esta tela de goma es la que unía el túnel con el ventilador.

15

El túnel lo formaban tres arcos montados sobre perfiles de aluminio, en forma de T (3x3cm); de esta manera se construyó un conjunto sólido, situado sobre una chapa de 1mm de espesor que le servía de base y a la vez permitía la acción del viento solamente sobre el sector del suelo a considerar.

20

El material de las paredes del túnel era de fibra de vidrio, unida a los arcos y al perfil en forma de T, fijado con tornillos pasantes de palometa (2.5 x 0.4cm).

Todos los agujeros efectuados en la placa de vidrio se reforzaban con ojales metálicos para evitar posibles desgarres y agrietamientos. Este detallado túnel de viento portátil se debe al equipo del Dr. Quirantes (1989) investigador del CSIC, especializado en erosión eólica y referente mundial en estas investigaciones.

25

Como se puede apreciar por la descripción del túnel, presenta grandes ventajas respecto a los métodos descritos anteriormente. No obstante, presenta algunos inconvenientes:

- Los dos cuerpos son independientes, lo que supone un importante inconveniente a la hora de su traslado. Como solución y novedad que pretendemos incorporar en nuestro diseño, proponemos la creación de un túnel telescópico, de modo que también esté constituido por diferentes módulos, pero que a la hora de su transporte haya solamente un cuerpo.

- También se ha comentado que una parte de la base del túnel estaba constituida por una chapa de 1mm de espesor lo que permitía que el viento solo actuase en la parte crítica. Esta idea (siendo a priori correcta), nos plantea otra posibilidad, con mayores ventajas que la utilización de la mencionada chapa, ya que ésta supone otro elemento más de transporte y montaje con cierta incomodidad. En su sustitución, vamos a proponer la utilización de látex Rx-505. Se trata de un látex biodegradable adherente en fase acuosa, con el que se impregna la superficie de suelo correspondiente al tercer cuerpo del túnel, con el fin de mantener la rugosidad superficial natural. Además, será necesario impregnar 50cm de suelo a la salida del túnel, para evitar que la turbulencia generada introduzca partículas del exterior al interior del túnel, evitando así el falseamiento de resultados. Así, la cantidad de material erosionado que posteriormente se recoja será exclusivamente de la zona de interés.

Este sistema de recogida de muestras presenta el importante déficit de ser únicamente capaz de recoger muestras en suspensión; para ello, dispone de un sistema de aspiración, constituido por varias boquillas conectadas por medio de tubos a unos filtros, donde al pasar el aire quedan atrapadas. A continuación, estos filtros se llevan al laboratorio para analizar la cantidad de material erosionado. Pero cuando se produce la erosión eólica no sólo existen partículas en suspensión, sino también partículas de arrastre (saltación y reptación), que no son posibles de determinar con este método. Este es otro aspecto que se corrige con el simulador que hemos diseñado; es decir, determinaremos cuantitativa y cualitativamente la cantidad de material erosionado.

Otro simulador de viento, conocido y más reciente, es el utilizado por una empresa alemana (2007), para estudiar la erosión eólica en la cuenca del Ebro.

En este caso se utiliza un ventilador de 5.5hp de hélice axial de longitud 0.62m y para regular la velocidad del aire no se opera variando la velocidad de

5 funcionamiento del ventilador como en el resto de los casos que hemos visto, sino que se ajustan las aspas del ventilador a diferentes ángulos. Este ventilador está

montado en un bastidor de aluminio con ruedas, por lo que puede ser transportado fácilmente en el campo. El ventilador se conecta con el túnel a través

de una lona tensada de PVC. La longitud de este tramo es de 2m y tiene

10 intercalado un componente llamado "panal de abeja" cuyo objetivo es corregir el flujo turbulento rotativo procedente del ventilador. Este panal tiene 15 cm de

largo e igual sección que la de trabajo; está constituido por 289 tubos de PVC de 4cm de diámetro. La zona rígida del túnel es de 3m de longitud y sección

cuadrada (70x70cm). Está constituido por tres cuerpos de 1 metro cada uno de

15 aluminio y plexiglás, lo que le permite ser plegado completamente, facilitando así su transporte. Los tres cuerpos se unen entre sí mediante cuadros de aluminio, y se adhieren al suelo por medio de cuatro barras de acero de 1.5m de longitud. La

boca abierta del túnel tiene una sección de 2.1m<sup>2</sup>. El sedimento desprendido en la zona de pruebas es atrapado por el área de captura de sedimentos, que está

20 hecha de lona comercial disponiendo de unas dimensiones de 3x5m de base, una altura de 1m en los laterales y 1.5m en la parte frontal al túnel. Para la

estabilización de los límites verticales se utilizan postes de madera conectados entre sí mediante cadenas. Esta zona de recogida de sedimentos presenta un gran

25 inconveniente: una gran cantidad de partículas de limo, arcilla y otros componentes del suelo no van a poder ser detectados; como no hay ningún otro

sistema alternativo de medición de la erosión, este simulador únicamente es utilizado para realizar una subestimación de las tasas de erosión eólica que, eso sí,

pueden ser determinadas con una elevada aproximación a la real.

A pesar de que este simulador ha sido utilizado en trabajos de campo, su

30 utilización necesita una gran cantidad de mano de obra e incluso remolques para

su traslado, siendo éste su principal inconveniente, junto al deficitario sistema de recogida de muestras antes mencionado.

5 Existen otros túneles de pequeño tamaño, como el de Guillette (1978), con una sección transversal de tamaño de 0.15m de ancho por 0.15m de altura; o el de Leys (2002), con 0.1m de ancho y 0.5m de altura. Estos son altamente portátiles pero presentan el inconveniente de que simulan las condiciones naturales de soplado de forma restringida.

## 10 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en un Túnel de Viento que permite realizar, de forma sencilla, los análisis de erosión eólica y desertificación del suelo natural. El equipo ideado es ligero y plegable, lo que facilita su transporte.

15 Un ventilador genera una corriente de aire, que entra en una estructura "tubular" desplegable, consiguiendo un flujo de aire similar al de una corriente natural, por medio de una estructura intermedia en "panal de abeja". Así, se monitoriza la velocidad generada como variable. A continuación, como solución a anteriores túneles y novedad que pretendemos incorporar en nuestro diseño, proponemos la

20 creación de un túnel telescópico, de modo que también esté constituido por diferentes módulos, pero que a la hora de su transporte haya solamente 1 cuerpo. Se divide en 3 módulos (Figura 1) y se han colocado unas bisagras, que permiten transformarlo en un cubo completamente plegado de reducidas dimensiones (Figura 2). Para completar el conjunto telescópico, se ha diseñado un sistema que

25 permite a las paredes adaptarse a esta estructura, utilizando patines que deslizan sobre un raíl. Como sustitución a la base de chapa del tercer módulo que se utilizaba en otros túneles antiguos, proponemos la utilización de látex Rx-505. Se trata de un látex biodegradable adherente en fase acuosa, con el que se impregna la superficie de suelo correspondiente al tercer cuerpo del túnel, con el fin de

30 mantener la rugosidad superficial natural. Además, será necesario impregnar 50cm

de suelo a la salida del túnel, para evitar que la turbulencia generada introduzca partículas del exterior al interior del túnel, evitando el falseamiento de resultados. Así, la cantidad de material erosionado que posteriormente se recoja será exclusivamente de la zona de interés.

5 La recogida y análisis de las muestras, se realiza con 2 sensores:

1. Un Láser-Scan, que permite la generación de mapas tridimensionales del suelo, antes y después de ser erosionado. Para su movimiento vertical se utiliza un primer dispositivo auxiliar, que permite introducir y extraer el láser en el túnel con el mínimo desplazamiento y a diferentes alturas, previamente fijadas.

10 2. Una Cámara de Visión Industrial, que capta imágenes de las partículas fijadas en una serie de placas con adhesivos, colocadas al final del túnel, con ayuda de un segundo dispositivo auxiliar que permite exponer las placas de captación de partículas de forma perpendicular a la dirección del viento, por medio de un giro de 90º.

15 Respecto a la colocación de los sensores y las placas de recogida de muestras, no alteran el proceso erosivo natural.

Todo el sistema se completa con una serie de elementos imprescindibles para llevar a cabo el estudio: un regulador de frecuencia para el ventilador, un anemómetro y un higrómetro, para medir las variables climáticas in situ y, por

20 último, un ordenador portátil conectado a estos últimos sensores y al Láser-Scan. Gracias a todos ellos se consigue simultaneidad en las medidas, no conseguida hasta hoy día.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

25 La presente invención se entenderá mejor con referencia a los siguientes dibujos que ilustran realizaciones preferidas de la invención, proporcionadas a modo de ejemplo, y que no deben interpretarse como limitativas de la invención de ninguna manera.

La **Figura 1** muestra una vista del Túnel de Viento para el estudio de la Erosión Eólica desplegado. La estructura, que es telescópica, se divide en 3 módulos.

La **Figura 2** muestra una vista del Túnel de Viento para el estudio de la Erosión Eólica plegado. El Túnel es capaz de transformarse en un hexaedro de reducidas  
5 dimensiones y más fácil transporte.

Cada uno de los laterales de la base del Túnel está constituido por tres tramos de tubo que se unirán entre sí por medio de bisagras. Estas bisagras han tenido que ser diseñadas para adaptarse a la geometría del simulador. La **Figura 3** refleja una imagen de la bisagra desplegada, mientras que la **Figura 4** es una imagen de la  
10 bisagra plegada. De este modo conseguimos que cuando el túnel esté plegado se quede reducido a un cubo, facilitándose así su transporte.

La **Figura 5** muestra el montaje externo. Los tres módulos se apoyan sobre dos patines, y lo hacen por medio de un perfil metálico en U que se atornilla a los patines.

15 La **Figura 6** muestra el primer dispositivo auxiliar, diseñado para el análisis cuantitativo, que permite introducir y extraer el láser en el túnel con el mínimo desplazamiento. Lo dividimos en 4 partes diferenciadas:

- (1) estructura de unión con el conjunto estructural;
- (2) dispositivo de elevación;
- 20 • (3) soporte del Láser-Scan.
- (4) Láser-Scan.

La **Figura 7** muestra el segundo dispositivo auxiliar, diseñado para el análisis cualitativo, que permite exponer las placas de captación de partículas por medio de un giro de 90°. Tiene 2 partes diferenciadas:

- 25
- (1) Eje de unión con el conjunto estructural que permite el giro para exponer las placas.
  - (2) Placas de fijación de partículas.

**MODOS DE REALIZACIÓN PREFERENTE**

A la vista de lo anteriormente enunciado, la presente invención se refiere a un túnel de viento plegable, ideado siguiendo las siguientes características.

En nuestro planteamiento de diseño, una de las primeras cuestiones en las que se trabajó fue en la forma que se le diese a la envolvente del túnel. Se ideó que la parte superior fuese recta. Para determinar esta geometría, lo que hemos hecho ha sido simular la corriente de aire en el interior del túnel por medio del software informático Flow Simulation, con el fin de observar cuál es el comportamiento de esta corriente en función de la misma. Para realizar estos estudios nos hemos centrado en el cuerpo principal del túnel, es decir, en los tres módulos de metacrilato por los que está constituido y la lona de conexión entre el ventilador y el primer módulo. Además, para conseguir aunar el régimen laminar y el turbulento en la zona de estudio se interpone en la mitad de esta lona una estructura “en panal de abeja”, que consiste en una pantalla constituida de cartón a base de hexágonos de 10mm de lado, con un espesor de 1cm. La lona tiene una longitud de 1.5m ya que ésta es la longitud que existirá desde el primer módulo de metacrilato, hasta la zona de estudio.

Como resultado de todo el proceso de simulación del comportamiento de la corriente de aire generada por el ventilador e introducida en el interior del túnel se llega a la conclusión de que los módulos de metacrilato constitutivos del túnel presentarán un radio de redondeo de 150mm en sus aristas superiores.

Una vez que tenemos decidida la configuración del túnel, pasamos a diseñar la estructura que da sustento al túnel.

Uno de los requisitos básicos para diseñar la estructura del túnel es que fuese fácil de transportar. Para satisfacer este requisito se optó por incorporar un diseño telescópico, siendo el elemento constitutivo mayoritario de esta estructura un tubo rectangular hueco de acero. El esqueleto básico de la estructura está constituido por un cuadro principal y dos perfiles laterales sobre los que apoyarán las guías telescópicas. Cada uno de los laterales de la base está constituido por tres tramos de tubo que se unirán entre sí por medio de bisagras. Estas bisagras han tenido

que ser diseñadas para adaptarse a las medidas del simulador y se muestran en las Figuras 3 y 4.

5 De este modo conseguimos que cuando el túnel esté plegado se quede reducido a un cubo, facilitándose así su transporte. Los tubos de acero se encuentran taladrados con la finalidad de unir a ellos las guías telescópicas por medio de tornillos rosca-chapa. Esta guía telescópica, puede soportar tanto carga axial como radial y se completa con unos patines que se deslizan sobre ella y sobre los que van montados los 3 módulos. Estos patines presentan la ventaja de que no utilizan  
10 aceite, con lo que se evitan ciertas acumulaciones y obstrucciones de rodamientos.

Cada uno de los módulos se apoya sobre dos patines, y lo hace por medio de un perfil metálico en U que se atornilla a los patines. Por último, la unión entre el metacrilato y el perfil en U se realiza mediante silicona, quedando el conjunto  
15 como se refleja en la Figura 5.

El primer módulo viene taladrado con una serie de orificios que sirven para su fijación a la estructura y creamos un orificio en la parte superior del segundo  
20 módulo que sirve para introducir el láser-scan encargado de analizar la erosión producida en la parcela de estudio. Para este orificio se ha diseñado una tapadera con el fin de que cuando el ventilador esté funcionando no exista hueco.

Cuando se finaliza el estudio, los módulos 2 y 3 se deslizan por retracción sobre  
25 los patines quedando incorporados en el interior del primer módulo. Cuando el túnel esté desplegado, para evitar que los patines continúen deslizándose y conseguir la fijación del sistema se ha dispuesto un tope mediante un pasador. La pletina va atornillada al tubo y el perfil en U soldado a ella. En el último módulo se practicará un orificio por el que se hará rodar el pasador quedando  
30 inmovilizado.

Volviendo al túnel completo, al cuadro primario se le ha añadido una pequeña estructura que cumple 3 funciones básicas:

1. Servir de apoyo a los tubos de la base cuando el túnel esté plegado.
- 5 2. Servir de apoyo a la estructura que da sustento al mecanismo de elevación del láser.
3. Constituye el lugar donde irán ensambladas las asas para facilitar el transporte del simulador.

10 Para que esta estructura (así como los tubos de la base al plegar), tenga un punto más de apoyo, se ha incorporado un segundo cuadro estructural que va colocado justo antes de la primera bisagra.

Para dar sujeción a los tubos de la base de la estructura cuando ésta está plegada, se incorporan unas bridas de tracción; también se han incorporado unas asas para  
15 facilitar el transporte del simulador.

La conexión entre el ventilador y los 3 módulos del túnel se realiza mediante una lona plástica con una estructura en panal de abeja colocada en su mitad. A la entrada del túnel queda un escalón como consecuencia del tubo de acero;  
20 aunque este escalón es pequeño, con el fin de evitar la pérdida de material del primer módulo y su posible deposición en el segundo, se ha diseñado una base de chapa que se acopla al túnel mediante tornillería.

Otra de las innovaciones que presenta el simulador, es el sistema de análisis y  
25 recogida de muestras, ya que permite analizar cuantitativa y cualitativamente la erosión producida en la parcela estudiada. Para ello es imprescindible que la posición del láser-scan sea idéntica en cada uno de los dos escaneos que se realicen. Para que esto suceda, en nuestro túnel de viento, se ha diseñado un primer dispositivo auxiliar, que permite introducir y extraer el láser en el túnel con

la condición de que pueda desplazarse y volver a la posición original con la mínima variación posible (Figura 6).

A continuación se describen cada uno de sus componentes integrantes:

- 5           • Soporte-láser: es el elemento encargado de unir el láser al dispositivo de elevación (Figura 6.3).
- Dispositivo de elevación: se encuentra constituido por un tubo que se desplaza en el interior de otro que está fijo. El tubo que se desplaza está taladrado y, por medio de un posicionador de muelle con posición de
 10           bloqueo, puede retenerse en la posición deseada con total seguridad de que puede desplazarse y volver a la posición original sin variación en la posición del láser. Además, lleva insertados unos topes que impiden que el tubo delgado deslice y el láser choque contra el suelo (Figura 6.2).
- Estructura de unión: sirve para unir el dispositivo de elevación del láser con
 15           el cuerpo del túnel. Está constituida por tubos de acero hueco y dos pletinas, todo el conjunto soldado entre sí. El tubo más ancho del dispositivo de elevación va soldado en el agujero de la chapa de esta estructura. También se ha comprobado que el diseño de este componente es correcto mediante el Método de Análisis por Elementos Finitos (Figura
 20           6.1).

Otro de los requisitos indispensables en el diseño del simulador es que permita realizar un análisis cualitativo del proceso erosivo; es decir, poder determinar el tipo de partículas que se desplazan a diferentes alturas sobre el terreno como
 25           consecuencia de la acción del viento. Para ello, se ha diseñado un segundo dispositivo auxiliar, compuesto por varias placas planas que se interponen de manera perpendicular al flujo de aire a examinar, cubiertas de una resina adhesiva inerte al objeto de fijar partículas de suelo desplazadas por el viento (Figura 7), para posteriormente realizar un análisis de laboratorio de las placas por medio de
 30           una cámara de visión industrial que será usada para el análisis y conteo de

partículas. Completará este esquema un ordenador para cálculos intensivos que procesará las imágenes obtenidas en el laboratorio.

5 Con el objetivo de mantener la rugosidad superficial natural, lo que supone una innovación en nuestro simulador respecto a los existentes, se propone la sustitución de la chapa metálica del tercer módulo de otros túneles, por la utilización de látex RX-505. Se trata de un látex biodegradable en fase acuosa, con el que se impregna la superficie de suelo donde no se va a estudiar la erosión. Además, será necesario impregnar aproximadamente 50cm de suelo a la salida del  
10 túnel evitando el falseamiento de resultados. Así, la cantidad de material erosionado que posteriormente se recoja será exclusivamente de la zona de interés.

15 Completan todo el sistema una serie de elementos imprescindibles para llevar a cabo el estudio: Un grupo electrógeno, un regulador de frecuencia para el ventilador, un higrómetro y un anemómetro, elementos perfectamente conocidos para cualquier usuario.

20 Con el diseño del prototipo de simulador de viento para el estudio de la erosión eólica presentado anteriormente, se ha conseguido construir un dispositivo con el que se alcanzan los siguientes resultados:

25 1- El simulador de viento permite generar una corriente de aire similar a una natural, es decir, un flujo de aire en el que se combina el régimen laminar con el turbulento. Este hecho se ha conseguido interponiendo en la mitad de la lona plástica (que sirve de conexión entre el ventilador y el túnel), una estructura “en panal de abeja”, cuya finalidad es aminorar la turbulencia que se genera en la corriente al salir del ventilador e introducirlo inmediatamente en el túnel.

30 2- Presenta la ventaja de disponer de un eficaz sistema de recogida de muestras que permite analizar el fenómeno erosivo (cualitativa y cuantitativamente); es decir, no sólo permite determinar cuál es el tipo de partícula que se desplaza a diferentes alturas sobre la superficie del terreno como

consecuencia de la incidencia del viento, sino que además permite determinar cuál ha sido la cantidad de material erosionado. Para ello, se combina el láser-scan junto a la cámara de visión industrial.

5 3- Gracias al conjunto estructural con el que se ha dotado el mismo, es fácil de transportar presentando la ventaja de que ocupa poco espacio y, además, es sencillo de montar debido a su configuración telescópica por medio de raíles y patines que deslizan sobre ellos.

10 4- Uno de los aspectos negativos que presentaban los simuladores de viento existentes, era que en la zona posterior al área del estudio eólico (tercer módulo), no se mantenía la rugosidad superficial natural. Pues bien, con el prototipo propuesto arreglamos esta cuestión mediante la utilización del látex biodegradable en fase acuosa RX-505, garantizándose así el mantenimiento de la rugosidad superficial natural.

15 5- El último de los requisitos planteado al comienzo del diseño, era el poder realizar ensayos de simulación de erosión trabajando con diferentes caudales de aire y, por tanto, con diferentes velocidades de aire. Este requisito se ha satisfecho por medio de la utilización de un ventilador industrial eléctrico, alimentado con un grupo electrógeno, intercalando entre ambos un regulador de frecuencia.

20

## REIVINDICACIONES

1. Túnel de viento para el estudio de la Erosión Eólica, definido por las siguientes características técnicas: un ventilador que genera un flujo continuo de aire, con su regulador de frecuencia y su grupo electrógeno; una lona de conexión dispuesta  
5 entre el ventilador y el primer módulo del túnel, con una estructura intermedia “en panal de abeja”; una estructura tubular desplegable formada por tres módulos telescópicos (Figuras 1 y 2) unidos mediante bisagras (Figuras 3 y 4) colocadas sobre unos raíles con perfil en U (Figura 5); situado en el segundo módulo, un sensor Láser-Scan, soportado por un primer dispositivo auxiliar que permite su  
10 introducción y extracción en el túnel; en la base edáfica del tercer módulo se aplica un látex biodegradable adherente en fase acuosa y, por último, a la salida del túnel un segundo dispositivo auxiliar, con una serie de placas transversales sobre las que se fijan unos adhesivos para captar las partículas que deposita la corriente de aire.
- 15
2. Túnel de viento según reivindicación 1, en el que la estructura “en panal de abeja” se dispone en la mitad de la lona de conexión entre el ventilador y la estructura tubular, consiguiendo que el flujo de aire introducido se disperse simulando una corriente natural.
- 20
- 3.- Túnel de viento según reivindicación 1, en el que el primer dispositivo auxiliar diseñado para análisis cuantitativo (Figura 6) permite introducir y extraer en el túnel un Láser-Scan (4), que genera mapas tridimensionales del suelo; está caracterizado de abajo a arriba por un soporte (3) que sustenta el Láser al  
25 dispositivo de elevación, seguido de un tubo que se desplaza en el interior de otro fijo (2) ambos taladrados y, por medio de un posicionador de muelle con bloqueo, el Láser puede retenerse en la posición deseada, con la total seguridad de poder volver a la posición original (4). Todo el conjunto descrito se une al cuerpo del túnel mediante una estructura soldada (1), formada por unos tubos de  
30 acero huecos con dos pletinas que encajan en el cuadro estructural.

4. Túnel de viento según reivindicación 1, en el que el segundo dispositivo auxiliar diseñado para el análisis cualitativo (Figura 7), permite exponer las placas de captación de partículas (2), por medio de un giro sobre el eje estructural (1), que va fijado al conjunto por un tornillo pasante. Una Cámara de Visión Industrial
- 5 captará las imágenes de las partículas fijadas a los adhesivos.

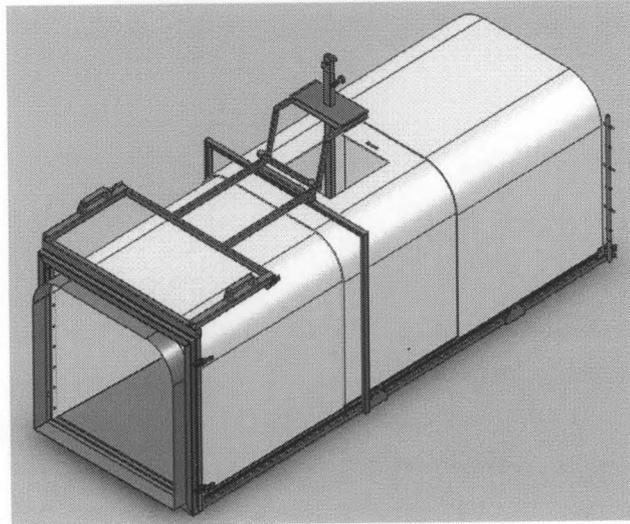


Figura 1.- Túnel de viento desplegado.

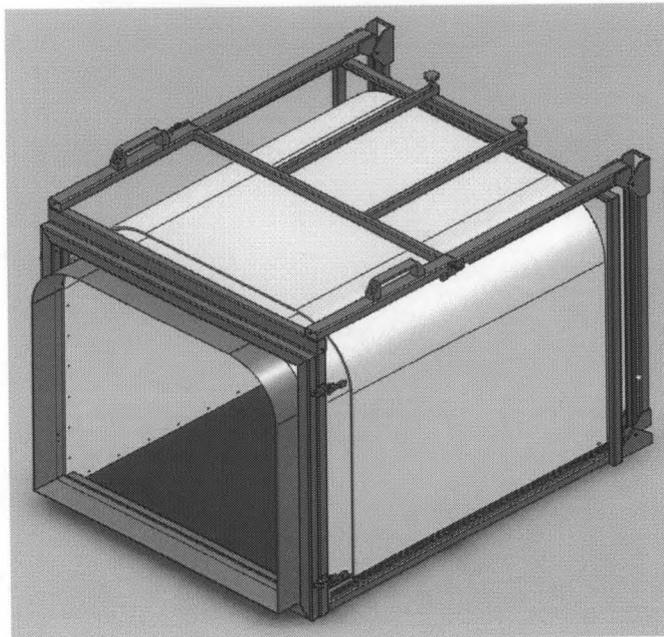


Figura 2.- Túnel de viento plegado.

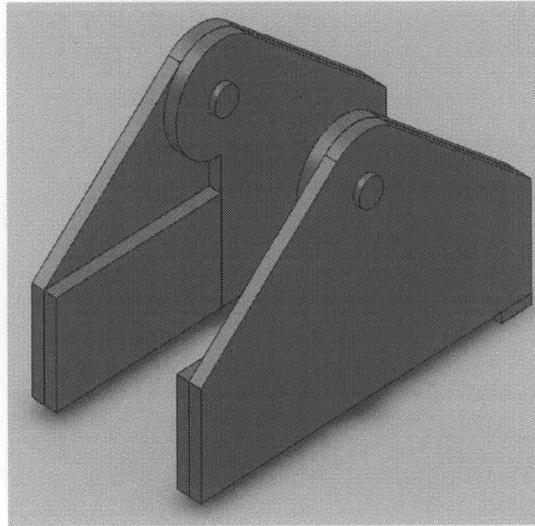


Figura 3.- Bisagra desplegada.

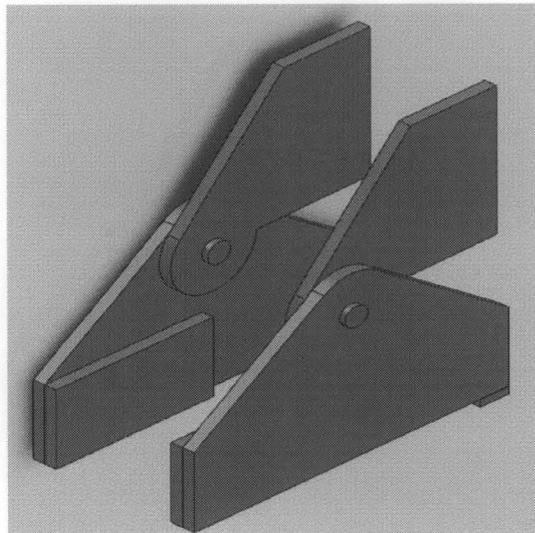


Figura 4.- Bisagra plegada.

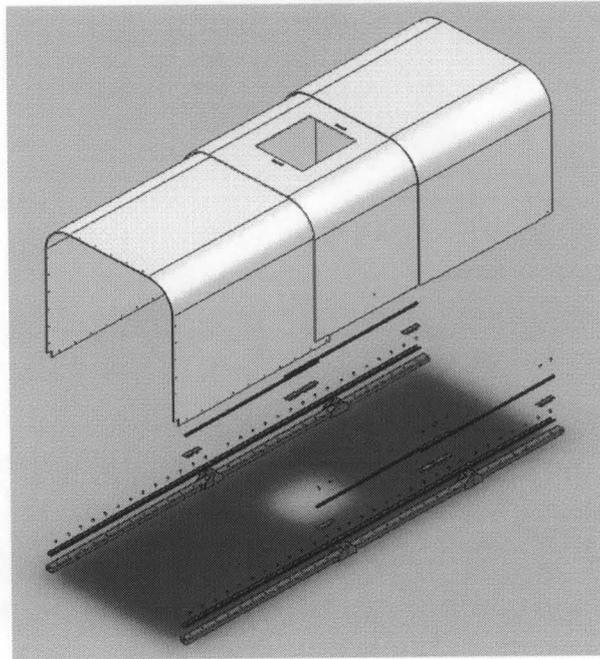


Figura 5.- Montaje externo con perfil en U.

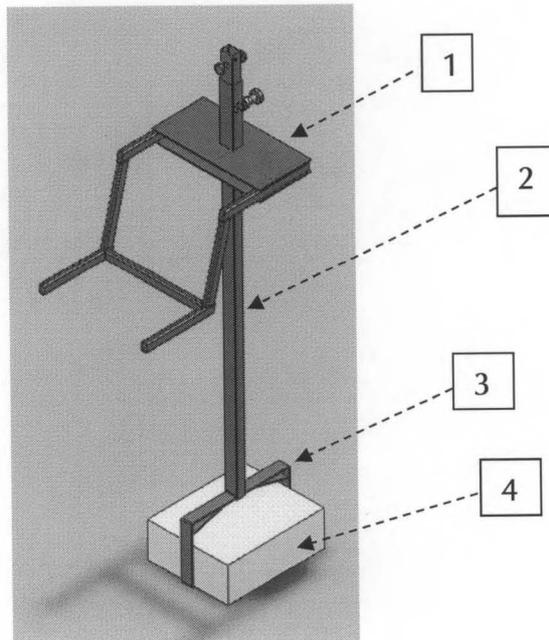


Figura 6.- Primer dispositivo auxiliar, diseñado para el análisis cuantitativo.

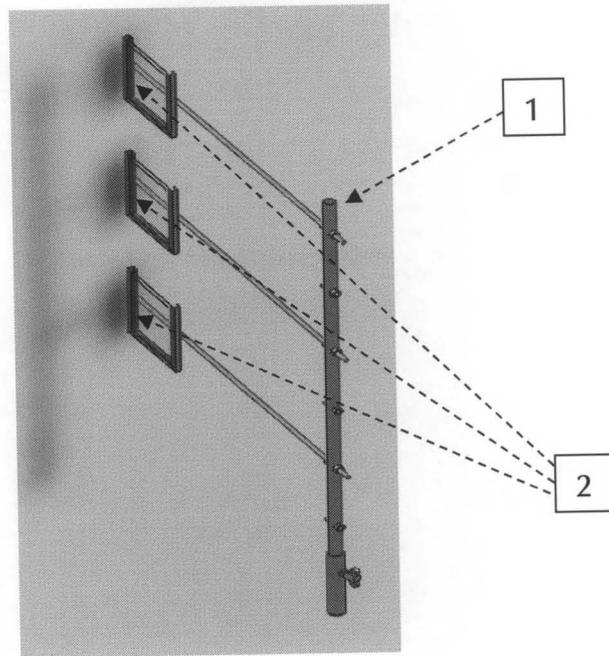


Figura 7.- Segundo dispositivo auxiliar, diseñado para el análisis cualitativo.



- ②① N.º solicitud: 201201028  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 08.10.2012  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01N33/24** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	MAURER et al.: "A mobile wind tunnel for wind erosion field measurements". Journal of Arid Environments, vol. 66, nº: 2, págs. 257-271; 01.07.2006 ISSN 0140-1963; doi:10.1016/j.jaridenv.2005.11.002	1-4
A	FARIA et al.: "Wind tunnel and computational study of the stoss slope effect on the aeolian erosion of transverse sand dunes". Aeolian Research, vol. 3 nº: 3, págs. 303-314; 20.07.2011 ISSN 1875-9637; doi:10.1016/j.aeolia.2011.07.004	1-4
A	FISTER et al.: "A portable wind and rainfall simulator for soil erosion measurements". CATENA vol. 91, págs. 72-84; 10.03.2011 ISSN 0341-8162; doi:10.1016/j.catena.2011.03.002	1-4
A	QUIRANTES et al.: "Simulador eólico portable para estudios cualitativos de erosión eólica" I Congreso Forestal Español, Tomo III, págs. 121-126 Lourinzán 1.993.	1-4
A	FISTER et al.: "Wind erosion in the central Ebro Basin under changing land use management. Field experiments with a portable wind tunnel". Journal of Arid Environments, vol. 73, nº: 11 págs: 996-1004; 01.11.2009 ISSN 0140-1963.	1.4
A	GARTMANN et al.: "CFD modelling and validation of measured wind field data in a portable wind tunnel". Aeolian Research, vol. 3, nº: 3, págs: 315-325; 05.07.2011 ISSN 1875-9637; doi:10.1016/j.aeolia.2011.07.002	1-4
A	WANG et al.: "The influence of near-surface winds on the Sr isotope composition of aeolian sediments: a wind tunnel experiment". Chemical Geology, vol. 308, págs. 10-17; 23.03.2012 ISSN 0009-2541; doi:10.1016/j.chemgeo.2012.03.011	1-4

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 20.03.2014	Examinador F. J. Olalde Sánchez	Página 1/4
--	------------------------------------	---------------

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

G01N

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

INVENES, EPODOC, XPESP

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 20.03.2014

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-4	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-4	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

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	"A mobile wind tunnel for wind erosion field measurements"	01.07.2006
D02	"Wind tunnel and computational study of the stoss slope effect on the aeolian erosion of transverse sand dunes"	20.07.2011
D03	"A portable wind and rainfall simulator for soil erosion measurements"	10.03.2011
D04	"Simulador eólico portable para estudios cualitativos de erosión eólica"	1993
D05	"Wind erosion in the central Ebro Basin under changing land use management. Field experiments with a portable wind tunnel"	01.11.2009
D06	"CFD modelling and validation of measured wind field data in a portable wind tunnel"	05.07.2011
D07	"The influence of near-surface winds on the Sr isotope composition of aeolian sediments: a wind tunnel experiment"	23.03.2012

**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**

De acuerdo con el artículo 29.6 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/86 de Patentes se considera, preliminarmente y sin compromiso, que los objetos definidos por las reivindicaciones 1-4 cumplen aparentemente los requisitos de novedad en el sentido del artículo 6.1 de la Ley 11/86 de Patentes (LP), y de actividad inventiva en el sentido del artículo 8.1 LP, en relación con el estado de la técnica establecido por el artículo 6.2 de dicha Ley. En concreto,

Los documentos citados en el informe de búsqueda reflejan el estado de la técnica. De ninguno de ellos, tomado por sí solo o en combinación, deriva de un modo evidente un túnel de viento para el estudio de la erosión eólica con una estructura tubular telescópica formada por tres módulos unidos mediante bisagras desplazables sobre raíles. Tampoco parece derivar de un modo evidente del estado de la técnica la disposición a la salida de una pluralidad de placas transversales sobre las que se fijan adhesivos.