

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 900**

51 Int. Cl.:

G01P 13/02 (2006.01)

G01P 21/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2016** E **16382535 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019** EP **3324191**

54 Título: **Dispositivo para la determinación del error de orientación de un sensor eólico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2020

73 Titular/es:

KINTECH INGENIERIA, S.L. (100.0%)
Avenida Anselmo Clavé, 37-45- Local tres y dos
50004 Zaragoza, ES

72 Inventor/es:

SANZ CASTILLER, JOSÉ MARÍA;
TALLADA SOUTO, RAFAEL;
VÁZQUEZ PULIDO, ÍÑIGO y
GARCÍA VALLÉS, FERNANDO

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 759 900 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la determinación del error de orientación de un sensor eólico

5 Objeto de la invención

La presente invención es un dispositivo optoelectrónico para la determinación del error de orientación de un sensor eólico, capaz de medir su orientación y la orientación del sistema al que se une gracias a la posición del Sol. La invención tiene una configuración que permite su acoplamiento a instrumentos de medición de la dirección del viento tales como veletas, anemómetros ultrasónicos y sistemas de lectura remotos tales como SODAR y LIDAR.

El dispositivo no orienta físicamente el sensor al que se une sino que a partir del acimut del Sol proporciona un valor de corrección que permite eliminar el *offset* de las mediciones de la dirección del viento consecuencia de la mala orientación del sensor, ya sea introducido durante su instalación o devenido a lo largo de la campaña de medición, por ejemplo por la deformación de la estructura portante.

Es de especial utilidad en sensores eólicos instalados en estructuras de difícil acceso tales como torres de medición eólica, donde no es posible una correcta instalación libre de errores de orientación.

20 Antecedentes de la invención

Hoy en día existe una gran conciencia de la trascendencia que tiene obtener mediciones de calidad del recurso energético a explotar, en este caso del viento. El uso de instrumentación y metodología adecuadas mejora los resultados obtenidos en una auditoría de viento y facilita la posterior obtención de financiación para el proyecto eólico.

Este tipo de tareas previas al desarrollo y construcción de un parque eólico suele comprender en torno a dos años de toma de mediciones. Los datos que se obtienen se procesan y posteriormente analizan para tratar de predecir de la forma más certera posible el rendimiento energético y la rentabilidad económica del futuro parque eólico. Un estudio de calidad minimiza los riesgos de la inversión. Es bien sabido que, cuando se realiza la evaluación de recurso eólico de un emplazamiento, uno de los puntos más importantes es el análisis de incertidumbres. Es de vital importancia conseguir una alta disponibilidad de medidas y utilizar equipos fiables y precisos, a fin de reducir las incertidumbres asociadas a la campaña de medición a la mínima expresión.

Los principales datos de interés de un emplazamiento durante la fase de evaluación del recurso eólico son la velocidad y la dirección del viento, las cuales son medidas a varias alturas para caracterizar lo mejor posible el perfil de velocidad en el área que barrerán las palas del futuro aerogenerador. Con objeto de recoger dichos datos y evaluar el recurso eólico se suelen instalar torres de prospección, donde la medición del viento se realiza mediante anemómetros para la velocidad y veletas para la dirección.

El principio de funcionamiento de las veletas es sencillo: consta de un estator fijo y de un rotor que gira libremente según sople el viento. Esto es, el rotor tiende a seguir la dirección instantánea del viento. Para que el sensor sea efectivo la parte fija de la veleta se debe orientar en una dirección y sentido conocidos, por ejemplo hacia el Norte magnético o en la dirección del brazo que lo soporta, con el fin de establecer la dirección del viento.

Aunque a lo largo de toda la descripción se utilizará el Norte como referencia, es posible utilizar cualquier otra orientación (por ejemplo Este, Sur, Oeste...), si bien se entiende que una y otra orientación medida en grados de ángulo está separada por una cantidad fija y establecida y, por lo tanto, las medidas según una referencia y otra se pueden relacionar directamente sumando la diferencia de ángulo entre el Norte y la nueva referencia. Por este motivo, cualquier referencia distinta del Norte se considera equivalente.

En el proceso de captura de datos de viento se ha detectado un problema generalizado en el sector eólico: los errores de orientación de las veletas. La industria asigna una incertidumbre estándar de 5° a la medida de cualquier veleta, debida casi por completo a la imposibilidad de orientarlas correctamente en una dirección conocida.

Un error en la orientación de la referencia de las veletas supone una medición de la dirección del viento incorrecta, lo que puede conducir a un mal posicionamiento de los aerogeneradores en la fase de *micro-siting*. Esta situación llega a ser especialmente problemática en emplazamientos con rosas de vientos complejas, esto es, emplazamientos en los que existen dos o más direcciones predominantes. Uno de los factores más relevantes en el posicionamiento de los aerogeneradores es la estela que se genera detrás de ellos ya que, de situar un segundo aerogenerador detrás de la estela, este segundo vería seriamente mermada su producción, condiciones de estabilidad e incluso su vida útil. Situar un segundo aerogenerador en una estela o no puede depender de variaciones de ángulo pequeñas ya que en la mayoría de las ocasiones el espacio del que se dispone para el *micro-siting* es limitado. Los errores de medición de la dirección del viento deben ser muy pequeños, optimizando de esta manera no sólo el recurso eólico,

sino también el espacio disponible. Todo esto afecta notablemente a la producción y explotación del parque eólico.

Las veletas se instalan en modo operativo en el extremo de un brazo (en inglés “boom”), a unos 2.5 metros de la torre de medición (normalmente estructuras arriostradas), el cual se sitúa a su vez a una altura de entre 40 y 140 metros sobre el suelo. Esto tiene como inconveniente la dificultad de acceso y manipulación de la veleta en su posición de trabajo definitiva. Las metodologías actuales para la orientación de veletas son variadas, aunque todas ellas comportan errores imposibles de corregir con el estado de la técnica actual. El procedimiento más extendido consiste en establecer la orientación del brazo a nivel del suelo y referenciar a su vez la orientación del sensor a la dirección del brazo. Posteriormente se eleva el conjunto brazo-sensor hasta su ubicación definitiva tratando de no modificar durante esta operación la orientación prestablecida en el suelo.

Cuando se hace uso de brújulas magnéticas, además, se añaden errores asociados a que el campo magnético terrestre se ve alterado por cualquier material ferromagnético, ya sea artificial como es la estructura de la torre o natural como la presencia de ciertos minerales en el subsuelo. Asimismo, el campo magnético y su declinación presentan variaciones a lo largo del tiempo y anomalías en diferentes puntos del planeta. En la práctica, esto se traduce en que el instalador debe asegurarse de que no hay perturbaciones en el campo magnético terrestre y de aplicar correctamente la corrección asociada a la declinación magnética en la ubicación de la instalación.

Por otra parte, las estructuras metálicas utilizadas en medición eólica suelen presentar ciertas torsiones con el paso del tiempo o incluso durante su instalación y la orientación de los booms en los que se instalan las veletas puede verse alterada debido a las durísimas condiciones meteorológicas a las que se ven sometidos. Vientos extremos o la caída de bloques de hielo desprendidos de la parte alta de la torre son sólo dos ejemplos.

Por lo tanto, la orientación establecida durante la instalación, incluso si está libre de errores, es susceptible de sufrir variaciones a lo largo de la campaña de medición cuando la veleta o el sensor eólico instalado se encuentran operativos.

Debido a que, una vez instaladas, las veletas no se vuelven a orientar, este error es difícil de detectar y mucho más difícil o incluso imposible corregir.

Además de las veletas, los últimos avances tecnológicos en el campo de la prospección eólica han introducido nuevos dispositivos capaces de medir la dirección del viento, tales como anemómetros ultrasónicos y RSD (*Remote Sensing Devices*): LIDAR (en inglés “*Light Detection and Ranging*”) y SODAR (en inglés “*Sonic Detection and Ranging*”), pero todos ellos con problemas similares en cuanto a su orientación.

La presente invención supera los problemas de orientación tanto de las veletas como de los últimos dispositivos citados, al permitir establecer la correcta medida de dirección del viento obtenida con estos sensores eólicos, con la única exigencia de recibir la radiación del Sol al menos en algún momento.

El documento WO2009/025911A2 describe un sistema y método para corregir los datos de velocidad y dirección del viento obtenidos mediante un dispositivo LIDAR o SODAR.

El documento EP2818875A1 describe un dispositivo y método para medir la dirección del viento.

El documento WO2014/102841A1 describe una brújula solar electrónica.

El documento US2009/0044418A1 describe una brújula solar automática que comprende una lente omnidireccional cilíndrica, medios de detección y un servomecanismo.

Descripción de la invención

Un aspecto de la invención consiste en un dispositivo para la determinación del error de orientación de un sensor eólico respecto del Norte geográfico. Este sensor eólico es un aparato que toma valores relacionados con el viento donde dichos valores requieren de la correcta orientación del sensor. Éste es el caso de las veletas, que toman como valor el ángulo desde donde sopla el viento, u otros sensores eólicos más complejos que proveen incluso de valores vectoriales del campo de velocidades.

El sensor eólico dispone de una base de fijación que es la que debe estar adecuadamente orientada respecto del Norte geográfico para que las medidas que obtenga el sensor sean correctas y estén libres de error.

Esta base es la que, en modo operativo, se instala en lugares donde no es posible asegurar la correcta orientación dando lugar a los errores de medida.

El dispositivo de acuerdo a este primer aspecto inventivo es un dispositivo, que comprende:

- una primera base adaptada para la fijación del dispositivo a una estructura soporte; y
- unos medios de ajuste de la orientación en acimut relativa entre el dispositivo y el sensor eólico.

El dispositivo se fija a la estructura soporte por medio de la primera base. Esta fijación no tiene porqué asegurar la correcta orientación del dispositivo ya que precisamente tampoco es capaz de asegurar la correcta orientación del sensor eólico. No obstante, sí que se debe asegurar la correcta orientación entre ambos aparatos, el dispositivo objeto de esta invención y el sensor eólico.

Los medios de ajuste de la orientación en acimut se entiende que son medios que admiten el cambio de posición relativa angular en el plano horizontal, cuando el dispositivo está en su posición operativa, entre el dispositivo y el sensor eólico. Además de los cambios de posición relativa angular, los medios de ajuste pueden disponer de medios de fijación que mantienen fija la orientación relativa una vez ajustada.

Para decir que el dispositivo está orientado en forma operativa se toma como referencia de la verticalidad la dirección de la gravedad y un plano transversal a ésta constituye la referencia que se toma como horizontal. En la mayor parte de los ejemplos de realización los componentes del dispositivo se distribuyen longitudinalmente. Es esta dirección longitudinal la que está destinada a situarse verticalmente, salvo posibles errores de inclinación en su instalación que separen el dispositivo de la verticalidad. A lo largo de la descripción se interpretará como "orientación" de un determinado dispositivo o parte del dispositivo como la posición angular en el plano horizontal y donde un cambio en la orientación conlleva un giro respecto de un eje vertical, entendiéndose que se admiten errores de inclinación.

Según un ejemplo de realización de la invención, la correcta posición relativa entre el dispositivo y el sensor eólico lo asegura la fijación de cada uno de los aparatos y la orientación relativa entre ambos un emisor de haz láser situado en el dispositivo y adaptado para alcanzar un punto de referencia del sensor eólico preestablecido cuando la orientación es correcta. Otros modos de asegurar la posición entre ambos aparatos es un sistema de unión entre uno y otro con una referencia mecánica que se hace coincidir cuando la orientación relativa es correcta. En el primer caso, o bien el dispositivo, o bien el sensor eólico, o ambos, tienen una fijación que admite el cambio de orientación de modo que se procede a la fijación definitiva de uno y otro cuando el haz láser se hace coincidir con la citada referencia preestablecida.

- unos medios fotosensores adaptados para la lectura del acimut del Sol;
- una salida configurada para proveer al menos el valor leído del acimut del Sol por los medios fotosensores.

El uso de unos medios fotosensores adaptados para la lectura del acimut del Sol permite obtener una referencia respecto de la que es posible establecer una posterior comparación con la medida que debería realmente medir los medios fotosensores si la orientación del dispositivo fuese la adecuada. En el momento de la lectura del acimut del Sol, la posición correcta del Sol se considera un dato obtenible de modo que la diferencia con el valor que provee la salida es un valor de corrección que permite corregir la salida del sensor eólico dando lugar a un valor libre de errores.

El dispositivo dispone de una segunda base que permite el acoplamiento mutuo de ambos elementos, el dispositivo y el sensor eólico. En este caso es esta segunda base la que debe permitir el ajuste de la orientación en acimut (siempre entendiéndose que el dispositivo está orientado en forma operativa) relativa entre el dispositivo y el sensor eólico.

Según otro ejemplo de realización, el dispositivo comprende una unidad central de proceso adaptada para recibir y procesar los valores leídos por los medios fotosensores así como para llevar a cabo tareas o etapas adicionales. Al indicar que la unidad central de proceso está adaptada para llevar a cabo determinadas etapas, se debe interpretar que dicha unidad es una unidad específica cuyo comportamiento puede estar, por ejemplo, establecido por un programa cargado en su memoria previamente. Otras formas de establecer como específica la unidad central de proceso es mediante técnicas ASIC donde las etapas y operaciones requeridas para llevar a cabo el procesado de las entradas y los cálculos están ya configurados en la electrónica interna en el momento de su fabricación.

Entre las otras tareas que lleva a cabo esta unidad central de proceso se encuentra el determinar mediante las ecuaciones de las coordenadas solares en la esfera celeste (a partir de ahora "ecuaciones del Sol") el valor correcto o teórico del acimut del Sol, es decir, el ángulo medido sobre el horizonte celeste que forma la proyección vertical del Sol con el punto cardinal de referencia, y que depende del día, hora y posición GPS del dispositivo de determinación del error de orientación en el momento de la lectura de los medios fotosensores. Las ecuaciones del Sol son ecuaciones, conocidas, que establecen la posición del Sol a partir de la localización y del tiempo, expresable por ejemplo mediante el día y la hora. A partir de la posición del Sol es posible calcular el valor del acimut, el cual denominaremos como valor teórico del acimut Ψ .

Según este mismo ejemplo de realización, la unidad central de proceso está adaptada para determinar el valor diferencial entre el valor medido del acimut, que denominaremos A_m , y el valor teórico del acimut Ψ determinado a partir de las ecuaciones del Sol; y para proveer de este valor en una salida.

El valor diferencial es el valor de corrección que se debe aplicar a la lectura del sensor eólico para que sus medidas sean correctas.

5 Según un ejemplo de realización esta corrección se lleva a cabo como un postprocesado. Según otro ejemplo de realización, la unidad central de proceso también recibe el valor del sensor eólico y, a partir del valor diferencial, establece la corrección del valor del sensor eólico y provee del valor corregido sin necesidad de postprocesado.

10 Según otro ejemplo de realización, los datos de localización, los datos de tiempo o ambos, son obtenidos en el propio dispositivo mediante un dispositivo GPS y un reloj. Según otro ejemplo de realización el reloj está integrado en la propia unidad central de proceso.

Según otro ejemplo de realización el dispositivo dispone de forma integrada la unidad central de proceso.

15 Descripción de los dibujos

Estas y otras características y ventajas de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de una forma preferida de realización, dada únicamente a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, con referencia a las figuras que se acompañan.

20 Figura 1 En esta figura se muestra esquemáticamente una torre de medición eólica y un ejemplo de realización de la invención acoplado a una veleta y fijada a la torre mediante un brazo.

Figura 2 En esta figura se muestra esquemáticamente un ejemplo de realización de la invención con una veleta instalada encima.

25 Figura 3 En esta figura se muestra una ampliación del ejemplo de realización anterior para visualizar con mayor detalle el dispositivo y algunos elementos mostrados esquemáticamente.

30 Figura 4 En esta figura se muestra una sección del mismo ejemplo de dispositivo para tener acceso visual al interior mostrando algunos de sus componentes.

Figura 5 En esta figura se muestra otro ejemplo de realización donde el sensor eólico al que se acopla la invención es un dispositivo SODAR.

35 Exposición detallada de la invención

La presente invención, de acuerdo al primer aspecto inventivo, es un dispositivo para la determinación del error de orientación de un sensor eólico. En un primer ejemplo de realización, mostrado en las figuras 1 y 2, el sensor eólico es una veleta (2) que se sitúa directamente sobre el dispositivo (1).

40 La figura 1 muestra una torre (3) de medición eólica. A una determinada altura se sitúa un brazo (3.1) que se extiende horizontalmente para la fijación de una veleta (2). El brazo mantiene la veleta (2) alejada de la torre (3) para que las medidas de la dirección del viento no se vean afectadas por la influencia que la torre (3) produce en el campo de velocidades del viento.

45 La altura a la que se sitúa la veleta (2) y su distancia a la torre (3) impide a un operario tener un acceso directo a la veleta (2) y por lo tanto no es posible el ajuste *in situ* de su orientación. La forma habitual de fijar la veleta (2) a la torre (3), aunque ya descrita en detalle en el apartado dedicado a la descripción del estado de la técnica, consiste en una primera fijación de la veleta (2) al brazo (3.1) y luego, el brazo (3.1) se eleva y se fija a la torre (3) sin llevar a cabo ajustes posteriores.

50 La veleta (2) está formada por un soporte fijo (2.1) y por un elemento móvil (2.2). El elemento móvil (2.2) es el que se orienta según la dirección del flujo de aire de modo que el ángulo entre el soporte fijo (2.1) y un elemento móvil (2.2) es medido mediante un transductor (2.3) que genera una señal de salida proporcional a dicho ángulo relativo. Este ángulo es el que se utiliza para determinar la orientación desde la que sopla el viento.

55 La veleta (2) mide por lo tanto la orientación del viento respecto del soporte fijo (2.1) por lo que si este soporte fijo (2.1) no se orienta adecuadamente respecto del Norte geográfico las medidas del viento tendrán un error constante igual al ángulo de error de orientación del soporte fijo (2.1).

60 La figura 2 muestra esquemáticamente un ejemplo de realización de la invención, donde en la parte inferior se muestra un tramo del brazo (3.1) fijado a la torre eólica (3) y sobre este brazo (3.1) se sitúa el dispositivo (1) para la determinación del error de orientación de la veleta (2), que se sitúa a su vez justo encima del dispositivo (1). Según otros ejemplos de realización es posible que la veleta (2) se sitúe debajo del dispositivo, (1) donde ambos (1, 2) junto

con el brazo (3.1) quedarían con la distribución vertical contraria; esto es, por encima de todo el brazo (3.1), debajo el dispositivo (1) de determinación del error de orientación, y debajo de todo la veleta (2) unida al dispositivo (1). No obstante, en este otro caso el dispositivo (1) mantendría la distribución vertical original en su interior ya que siempre debe leer la posición del Sol, el cual está situado siempre por encima durante el día.

5 De acuerdo a este ejemplo de realización, el dispositivo (1) está fijado al brazo (3.1) a través de una primera base (1.1). Al igual que en el estado de la técnica, la orientación de esta base no tiene porqué ser la adecuada debido a desviaciones propias de la instalación o por otros motivos externos sobrevenidos como por ejemplo la torsión de la estructura o desviaciones que afecten a la orientación del brazo (3.1) causadas por inclemencias meteorológicas o por desprendimientos de hielo.

10 Sobre el dispositivo hay una segunda base (1.2) donde se fija el soporte fijo (2.1) de la veleta (2), quedando como resultado el dispositivo (1) interpuesto entre el brazo (3.1) y la veleta (2).

15 En este ejemplo de realización, unos medios de ajuste (4) de la orientación en acimut relativa entre el dispositivo (1) y el sensor eólico (2) se encuentran situados sobre la segunda base (1.2). Estos medios de orientación permiten ajustar sin error la orientación relativa del soporte fijo (2.1) de la veleta (2) respecto del dispositivo (1), en particular respecto de la primera base (1.1). Estos medios de ajuste (4) están formados por un conjunto eje-casquillo que admite un giro relativo vertical entre la segunda base (1.2) del dispositivo (1) y el soporte fijo (2.1) del sensor eólico, en este caso la veleta (2), de modo que se permite establecer la posición angular relativa correcta. Una vez establecida esta posición angular un tornillo prisionero o un medio de retención mutua entre el eje y el casquillo mantienen fija esta posición angular.

20 Este ajuste permite que las correcciones que provee el dispositivo (1) sean las correctas y coincidan con la diferencia entre el valor medido por el transductor (2.3) de la veleta (2) y el valor real de la dirección desde la cual sopla el viento con respecto al Norte geográfico.

30 Si bien la orientación relativa entre el dispositivo (1) y la veleta (2) ha sido previamente ajustada a través de los medios de ajuste (4) de la orientación en acimut relativa, una vez situado el conjunto dispositivo (1) - veleta (2) en el brazo (3.1) y ambos sobre la torre (3), las medidas que provee el transductor (2.3) de la veleta (2) tienen el error de orientación debido a la inadecuada orientación del dispositivo (1) sobre el que se sitúa la veleta (2).

35 El dispositivo (1) dispone de unos medios fotosensores (1.3) adaptados para leer el acimut del Sol y dispone de una salida con dicho valor leído (A_m).

40 Los medios fotosensores (1.3), según este ejemplo de realización, comprenden una carcasa (1.3.1) de configuración cilíndrica con la pared cilíndrica ranurada (1.3.1.1) cuyas rendijas (1.3.1.1) se distribuyen perimetralmente de manera equidistante. En este ejemplo de realización la carcasa (1.3.1) está cerrada superiormente con una tapa en forma de cúpula. A lo largo de la descripción se utilizará indistintamente el término ranura y rendija, entendiendo por ranura una abertura pasante o que permite el paso de luz.

45 En el interior de la carcasa (1.3.1) se alojan unos elementos fotosensores (1.3.2) adaptados para recibir la luz que pasa a través de una o más rendijas (1.3.1.1), permitiendo establecer mediante procesamiento de la posición de la región iluminada de los fotosensores (1.3.2) la orientación del Sol A_m respecto al dispositivo (1).

50 La configuración cilíndrica de las paredes de la carcasa (1.3.1) se extiende según una dirección longitudinal que, en posición operativa y en ausencia de inclinación, coincide con la dirección vertical. Cuando la luz del Sol incide sobre las paredes de la carcasa (1.3.1), ésta pasa a través de las rendijas (1.3.1.1) que quedan expuestas a la luz, iluminando la base (B) del interior de la carcasa (1.3.1) según una o más líneas de determinado grosor. Esta base (B) se extiende paralela al plano (P) horizontal, que en las figuras 2 y 3 se muestra con una línea discontinua, transversal a la dirección vertical X-X'.

55 En este ejemplo de realización los elementos fotosensores (1.3.2) situados en la base (B) del interior de la carcasa (1.3.1) están distribuidos circunferencialmente en torno al centro establecido por el eje longitudinal de la carcasa (1.3.1).

60 Los elementos fotosensores (1.3.2) utilizados en este ejemplo de realización están formados por alineaciones de 128 píxeles sensibles a la luz. La luz que pasa por una rendija (1.3.1.1) ilumina uno o más píxeles próximos entre sí en una o varias regiones fotosensoras. La función respuesta obtenida de la lectura del elemento fotosensor (1.3.2) iluminado permite establecer un punto donde la iluminación es máxima o, cuando dos o más píxeles alcanzan la saturación, se establece el punto central donde se alcanza dicha saturación. Las coordenadas sobre el plano horizontal de la posición de los puntos de máxima iluminación, unidas por una línea recta y alineadas con las coordenadas sobre el mismo plano horizontal de la proyección vertical de la rendija que origina el haz de luz (1.3.1.1), permiten determinar el ángulo acimutal en el plano horizontal de la posición leída del Sol (A_m).

5 Cuando la posición del Sol es muy elevada y no llega a iluminar ninguno de los elementos fotosensores (1.3.2) la lectura queda pospuesta hasta que el Sol llegue a incidir sobre ellos (1.3.2). Esta falta temporal de lectura no es relevante en este tipo de aplicaciones dado que de un día para otro la corrección en acimut no tiene por qué cambiar. Simplemente, la actualización de la corrección queda pospuesta en el tiempo hasta que se obtiene una lectura del Sol.

10 Un mismo píxel del elemento fotosensor (1.3.2) puede ser iluminado con luz entrante de múltiples rendijas (1.3.1.1), aunque no de forma simultánea. La hora de la lectura y la evolución a partir de lecturas anteriores permite discriminar entre soluciones dobles y determinar la posición del Sol unívocamente. Un experto en la materia es capaz de establecer los distintos casos a considerar. Basta con simular o experimentar con la evolución de los haces de luz sobre los elementos fotosensores (1.3.2) a lo largo de un periodo completo de luz para determinar los casos a discriminar.

15 Según un ejemplo de realización, los elementos fotosensores (1.3.2) tienen una distribución circular centrada en el centro de la base (B) del interior de la carcasa (1.3.1). En este ejemplo de realización, los elementos fotosensores (1.3.2) comprenden una pluralidad de elementos fotosensores (1.3.2), cada uno de ellos comprendiendo una línea recta de píxeles sensores, resultando distribuidos circunferencialmente configurando tramos rectos de acuerdo a uno o más polígonos regulares.

20 Según otro ejemplo de realización, los elementos fotosensores (1.3.2) comprenden una segunda alineación de elementos fotosensores (1.3.2) lineales a tramos, concéntricos con la distribución poligonal de los primeros, donde cada centro del tramo lineal de la segunda alineación coincide con el vértice de la poligonal de la distribución de los primeros elementos fotosensores (1.3.2).

25 Los vértices de alineaciones de elementos fotosensores (1.3.2) formando una poligonal no disponen de píxeles sensibles a la luz. Con esta configuración se consigue que incluso en estos vértices se tenga una lectura de la posición del Sol a través de los elementos fotosensores (1.3.2) de la segunda alineación. Cuando el haz de luz incide tanto en los primeros elementos fotosensores (1.3.2) como en los segundos elementos fotosensores (1.3.2), por no coincidir ninguno de los vértices, entonces se tiene una lectura redundante. Basta por ejemplo con hacer uso de parte de las lecturas para determinar el ángulo acimutal del Sol A_m .

30 Según otro ejemplo de realización, los elementos fotosensores (1.3.2) comprenden una matriz de píxeles fotosensores centrada en el centro de la base (B) del interior de la carcasa (1.3.1). En este ejemplo, la recta aproximada por la alineación de píxeles iluminados o de mayor iluminación determina la dirección con la que se obtiene la posición del Sol A_m .

35 Según este ejemplo de realización, el dispositivo (1) comprende una unidad central de proceso (1.4), mostrada de forma esquemática en la figura 3, que está en comunicación con los elementos fotosensores (1.3.2) mostrados como una línea horizontal discontinua, que a su vez representa la distribución concéntrica de los elementos fotosensores (1.3.2) sobre el plano de la base (B) del interior de la carcasa (1.3.1).

40 La unidad central de proceso (1.4) está adaptada para establecer, a partir del nivel de iluminación de los elementos fotosensores (1.3.2), el ángulo que forma la proyección del Sol sobre el plano en el que se sitúan los elementos fotosensores (1.3.2) con la referencia del dispositivo (1), denominando este valor como el valor leído (A_m) del acimut del Sol.

45 Además de este procesado de los datos de los fotosensores (1.3.2), interpretado como que la unidad central de proceso (1.4) recibe el valor leído (A_m) del acimut del Sol, la unidad central de proceso (1.4) está adaptada para:

- 50 a) determinar mediante las ecuaciones de las coordenadas solares en la esfera celeste el valor del acimut teórico (Ψ) en función de la fecha, hora y posición GPS del dispositivo (1) de determinación del error de orientación en el momento de la lectura de los medios fotosensores (1.3); y
- b) determinar y proveer en una salida la orientación geográfica como el valor diferencial (en inglés "offset") entre el valor leído (A_m) y el valor teórico (Ψ) del acimut del Sol determinado a partir de las ecuaciones de las coordenadas solares en la esfera celeste.
- 55

Las ecuaciones del Sol pueden estar implementadas en la unidad central de proceso (1.4) mediante, por ejemplo, un programa de software.

60 En este ejemplo de realización, la unidad central de proceso (1.4) está instalada en el interior del dispositivo (1) y los datos que se necesitan para el cálculo del valor teórico (Ψ) del acimut del Sol, del instante de tiempo cuando se lleva a cabo la medida y de la posición GPS, se obtienen también con componentes instalados en el propio dispositivo (1). El instante de tiempo se determina mediante el reloj (1.4.1) de la unidad central de proceso (1.4) y un dispositivo GPS (1.5) provee de la posición GPS y refresco periódico de la hora exacta a dicha unidad central de proceso (1.4).

Además del error de orientación, el dispositivo puede quedar instalado con una determinada inclinación respecto a la vertical (dirección X-X'). El dispositivo (1) comprende un inclinómetro (1.8) que provee del valor de la inclinación a la unidad central de proceso (1.4), la cual, con este valor, establece las correcciones con las que obtener el acimut
 5 leído con la corrección (A_m') tal y como se mediría si el plano de los fotosensores (1.3.2) estuviera paralelo al plano horizontal (P).

Las figuras muestran una configuración del dispositivo (1) compacta donde la primera base (1.1) situada en la parte inferior en posición operativa es paralela al plano horizontal (P), la segunda base (1.2) sobre la que se fija la
 10 veleta (2) también es horizontal y ambas se encuentran distanciadas entre sí dejando espacio para los medios fotosensores (1.3).

Los medios fotosensores (1.3) están formados por la carcasa (1.3.1) y por los elementos fotosensores (1.3.2), situados paralelos a un plano (P) transversal a la dirección longitudinal, alojados por dicha carcasa (1.3.1).
 15 Ambos (1.3.1, 1.3.2) están a su vez alojados en un cilindro transparente protector (1.3.3) que asegura la estanqueidad del dispositivo, protegiendo los componentes electrónicos. Dicho cilindro protector (1.3.3) introduce una refracción que desvía el haz y que la unidad central de proceso (1.4) se encarga de corregir a partir de parámetros constructivos del tubo transparente protector (1.3.3) y de la carcasa (1.3.1), para entregar un valor leído de acimut libre de distorsión. En este ejemplo de realización, es este valor de leído de acimut libre de distorsión el
 20 que es recibido por la unidad central de proceso (1.4) para determinar y proveer en la salida el valor diferencial (*offset*) con respecto al acimut teórico (Ψ). Esta corrección es aplicable en todos aquellos ejemplos en los que existe un vidrio u otro material transparente protector que cause refracción de los haces de luz que provienen del Sol.

La unidad central de proceso (1.4) está en comunicación, mediante una conexión de datos (1.6), con dispositivos de gestión externa situados en la parte baja de la torre (3) que reciben las medidas de la dirección del viento. En este
 25 ejemplo de realización, los dispositivos de gestión (no mostrados en las figuras), reciben la señales provenientes del transductor (2.3) de la veleta (2) y de la unidad central de proceso (1.4) del dispositivo (1) a través de la conexión de datos (1.6), lo que permite obtener el valor corregido (valor sin *offset*) de la dirección del viento.

En este ejemplo de realización la conexión de datos es mediante cable, no obstante, según otros ejemplos de realización, es inalámbrica o combinada, por ejemplo inalámbrica entre el dispositivo (1) y la base de la torre (3), y posteriormente cableada para recoger datos en tierra de una pluralidad de torres (3).

Se han descrito unos medios de ajuste (4) de la posición angular entre el dispositivo (1) y la veleta (2) basados en un conjunto eje-casquillo. En este ejemplo de realización, el dispositivo (1) comprende un emisor láser (1.7) situado en
 35 el interior, por debajo de los elementos sensores (1.3.2), que genera un haz orientado hacia una de las rendijas (1.3.1.1). Cuando el haz láser es activado, sale por la rendija (1.3.1.1) e incide en un punto de referencia (2.4) de la veleta (2), asegurando la posición relativa correcta entre dispositivo (1) y veleta (2).

Otros ejemplos de realización de la invención están formados por un sistema que incorpora como sensor eólico un anemómetro ultrasónico. En este caso no hay un elemento móvil como en la veleta (2.2) pero sí requiere de una referencia para establecer la posición angular correcta entre el dispositivo (1) y el sensor ultrasónico (2). En este caso el emisor láser (1.7) para el ajuste de la orientación relativa entre el dispositivo orientador (1) y el anemómetro ultrasónico (2) está adaptado para incidir en un brazo de referencia del anemómetro ultrasónico (2).

La figura 5 muestra un sistema formado por un dispositivo (1) para la determinación del error de orientación de SODAR/LIDAR (2). Los aparatos SODAR/LIDAR (2) son de grandes dimensiones y suelen estar situados sobre un remolque que facilita su transporte hasta la zona de medición. Una vez situado en el lugar de medida es necesario que también tengan una adecuada orientación.

El dispositivo (1) según la invención permite establecer una corrección de las medidas del SODAR/LIDAR (2) para lo cual también es preciso que ambos estén ajustados en orientación.

En este caso el apartado SODAR/LIDAR (2), debido a sus grandes dimensiones, no se sitúa sobre una segunda base (1.2) del dispositivo (1) para la determinación del error de orientación, la cual (1.2) no es necesaria en esta aplicación, sino que ambos están vinculados por un mismo soporte. En este ejemplo de realización el dispositivo (1) para la determinación del error de orientación está sobre un vástago solidario con el aparato SODAR/LIDAR (2) y tiene la capacidad de ajuste modificando la posición angular respecto del SODAR/LIDAR (2).

El vástago sitúa al dispositivo (1) en una posición elevada respecto del SODAR/LIDAR (2). El emisor láser (1.7) situado en el interior del dispositivo (1) emite un haz orientado hacia abajo y con una determinada inclinación. Un ejemplo de configuración sitúa el emisor láser (1.7) en el interior del dispositivo con el haz láser apuntando verticalmente hacia arriba hasta alcanzar un espejo que lo redirecciona hacia abajo con la inclinación preestablecida, tal y como se muestra en la figura 5. Un elemento de referencia en el SODAR/LIDAR (2), por ejemplo una de las

ES 2 759 900 T3

aristas del mismo, asegura la correcta orientación relativa entre el dispositivo (1) y el SODAR/LIDAR (2).

Las medidas del dispositivo (1) del valor leído (A_m) del acimut del Sol permite a la unidad central de proceso (1.4) establecer el valor de corrección a partir de las ecuaciones del Sol tal y como se ha descrito, aplicando tales correcciones a los valores obtenidos por el SODAR/LIDAR (2).

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo (1) para la determinación del error de orientación de un sensor eólico (2) respecto del Norte geográfico, que comprende:
- 5 - una primera base (1.1) adaptada para la fijación del dispositivo (1) a una estructura soporte;
 - unos medios de ajuste (4) de la orientación en acimut relativa entre el dispositivo (1) y el sensor eólico (2);
 - unos medios fotosensores (1.3) adaptados para la lectura del acimut del Sol,
 - una salida configurada para proveer al menos el valor leído (A_m) del acimut del Sol por los medios fotosensores (1.3), y
 - 10 - una segunda base (1.2) adaptada para la fijación del sensor eólico (2) al dispositivo (1),
donde:
 - la primera base (1.1) y la segunda base (1.2) están distanciadas entre sí de acuerdo a una dirección longitudinal;
 - los medios fotosensores (1.3) comprenden una carcasa (1.3.1) y elementos fotosensores (1.3.2), donde estos elementos fotosensores (1.3.2) están situados en un plano transversal a la dirección longitudinal, en modo operativo coincidente con la dirección vertical;
 - 15 - los medios fotosensores (1.3) están situados entre ambas bases (1.1, 1.2), de modo que, en modo operativo, la primera base (1.1), la segunda base (1.2) y los medios fotosensores (1.3) están distribuidos según la dirección longitudinal;
 - 20 - los elementos fotosensores (1.3.2), de acuerdo a la proyección según la dirección longitudinal sobre el plano donde están contenidos, están rodeados perimetralmente por la carcasa (1.3.1); donde la carcasa (1.3.1) es de configuración esencialmente cilíndrica o prismática y comprende en sus paredes laterales una pluralidad de rendijas (1.3.1.1) verticales, equidistribuidas perimetralmente, para el paso de rayos del Sol; donde las rendijas (1.3.1.1) están orientadas en la dirección longitudinal que en modo operativo permiten el paso de rayos del Sol hasta los elementos fotosensores (1.3.2) alojados en dicha carcasa (1.3.1) para la determinación del valor leído (A_m) del acimut del Sol dependiendo de la iluminación de los elementos fotosensores (1.3.2) por los rayos del Sol que atraviesan las rendijas (1.3.1.1) y la posición de dichas rendijas (1.3.1.1).
 - 25
- 2.- Dispositivo (1) según la reivindicación 1, donde adicionalmente comprende una unidad central de proceso (1.4) adaptada para:
- 30 a) recibir el valor leído (A_m) del acimut del Sol,
 - b) determinar mediante las ecuaciones de las coordenadas solares en la esfera celeste el valor del acimut teórico (Ψ) en función de la fecha, hora y posición GPS del dispositivo (1) de determinación del error de orientación en el momento de la lectura de los medios fotosensores (1.3) y,
 - 35 c) determinar y proveer en una salida la orientación geográfica como el valor diferencial entre el valor leído (A_m) y el valor teórico (Ψ) del acimut del Sol determinado a partir de las ecuaciones de las coordenadas solares en la esfera celeste.
- 3.- Dispositivo (1) según la reivindicación 2, donde el dispositivo (1) de determinación del error de orientación comprende:
- 40 - un dispositivo GPS (1.5) que provee: el valor de la posición GPS, la fecha y la hora, o bien ambos, a la unidad central de proceso (1.4);
 - un reloj para proveer de los valores de fecha y hora a la unidad central de proceso (1.4);
 - 45 - un sensor de inclinación (1.8) y donde la unidad central de proceso (1.4) está adaptada para establecer una corrección del valor leído del acimut del Sol (A_m) en función de la inclinación proporcionada por el sensor de inclinación (1.8); o,
 - cualquier combinación de los anteriores.
- 4.- Dispositivo (1) según la reivindicación 2 ó 3, donde la unidad central de proceso está configurada para determinar el valor leído (A_m) de acimut del Sol en función de los elementos fotosensores iluminados por el o los haces de luz que pasan a través de las rendijas.
- 5.- Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los elementos fotosensores (1.3.2) comprenden píxeles fotosensores, y donde estos elementos fotosensores (1.3.2) están distribuidos circunferencialmente en el plano transversal a la dirección longitudinal y posicionados concéntricamente con la carcasa (1.3.1) ranurada.
- 55
- 6.- Dispositivo (1) según la reivindicación 5, que comprende una pluralidad de elementos fotosensores (1.3.2), cada uno de ellos comprendiendo una línea recta de píxeles sensores, resultando distribuidos circunferencialmente según tramos rectos de acuerdo a uno o más polígonos regulares.
- 60
- 7.- Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que adicionalmente comprende un emisor láser (1.7) adaptado para que, al ser activado en modo operativo, el haz láser sale del dispositivo hasta incidir con un elemento de referencia (2.4) del sensor eólico (2) para el ajuste de la orientación relativa entre el dispositivo (1)

de determinación del error de orientación y el sensor eólico (2).

8.- Sistema sensor eólico que comprende un dispositivo (1) de determinación del error de orientación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y un sensor eólico (2).

- 5
- 9.- Sistema sensor eólico según la reivindicación 8 donde el sensor eólico (2) es una veleta (2) que comprende:
- un soporte fijo (2.1),
 - un elemento móvil (2.2) adaptado para adoptar la orientación del viento,
 - un transductor adaptado para proveer de una señal con un valor proporcional a ángulo entre el soporte fijo (2.1) y el elemento móvil (2.2) y donde,
 - el soporte fijo (2.1) está unido a la segunda base (1.2) del dispositivo de determinación del error de orientación (1).
- 10

10.- Sistema sensor eólico según la reivindicación 7 y 9 donde el emisor láser (1.7) para el ajuste de la orientación relativa entre el dispositivo de determinación del error de orientación (1) y el sensor eólico (2) está adaptado para incidir en un punto de referencia (2.4) del elemento móvil (2.2) de la veleta.

15

11.- Sistema sensor eólico según las reivindicaciones 7 y 8 donde el sensor eólico (2) es un anemómetro ultrasónico y donde el emisor láser (1.7) para el ajuste de la orientación relativa entre el dispositivo de determinación del error de orientación (1) y el anemómetro ultrasónico está adaptado para incidir en un brazo de referencia del anemómetro ultrasónico.

20

12.- Sistema sensor eólico según las reivindicaciones 7 y 8 donde el sensor eólico (2) es o bien un LIDAR o bien un SODAR unido a la primera base (1.1), y donde el emisor láser (1.7) para el ajuste de la orientación relativa entre el dispositivo de determinación del error de orientación (1) y el sensor eólico (2) está adaptado para incidir en un punto de referencia del SODAR / LIDAR.

25

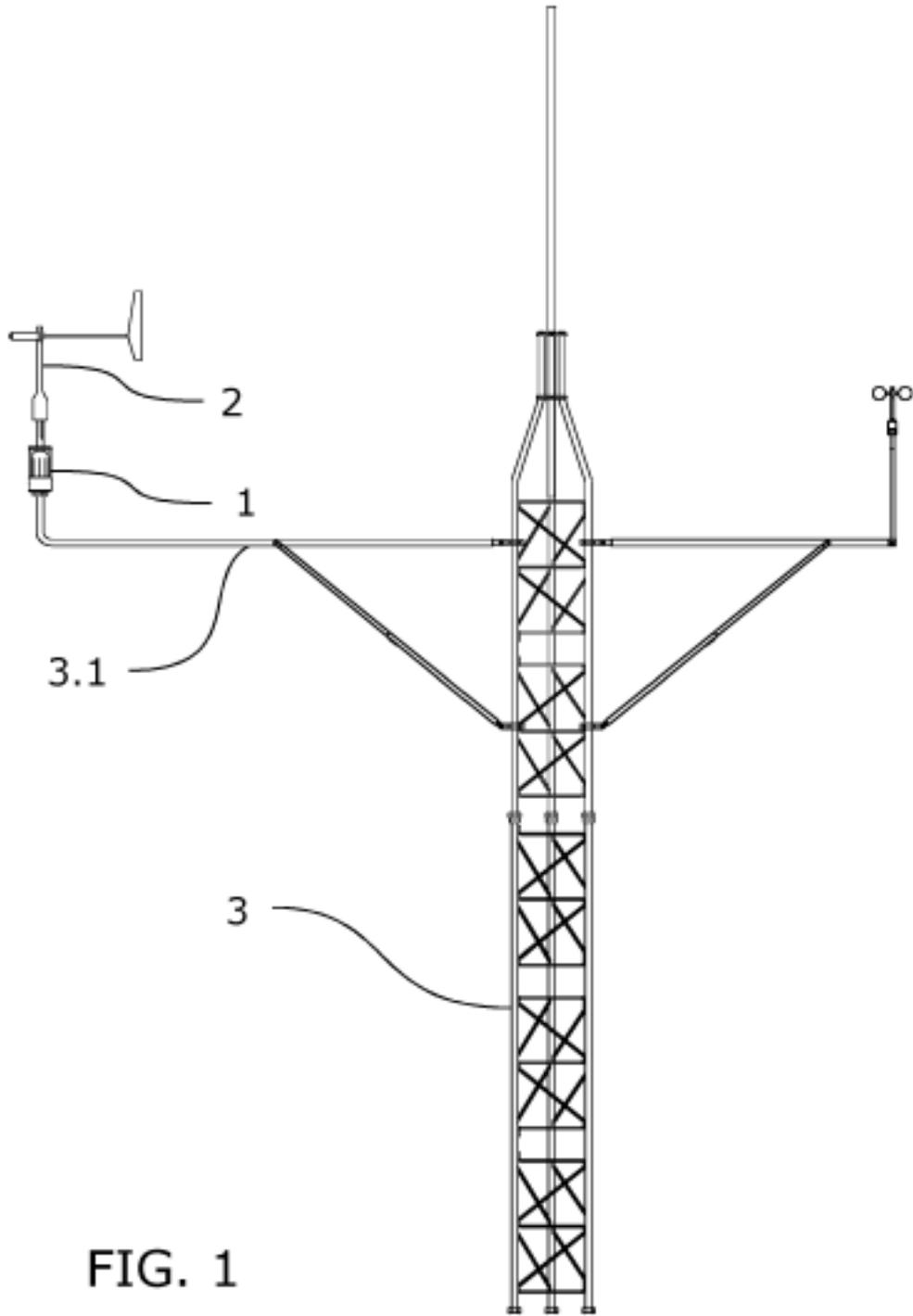
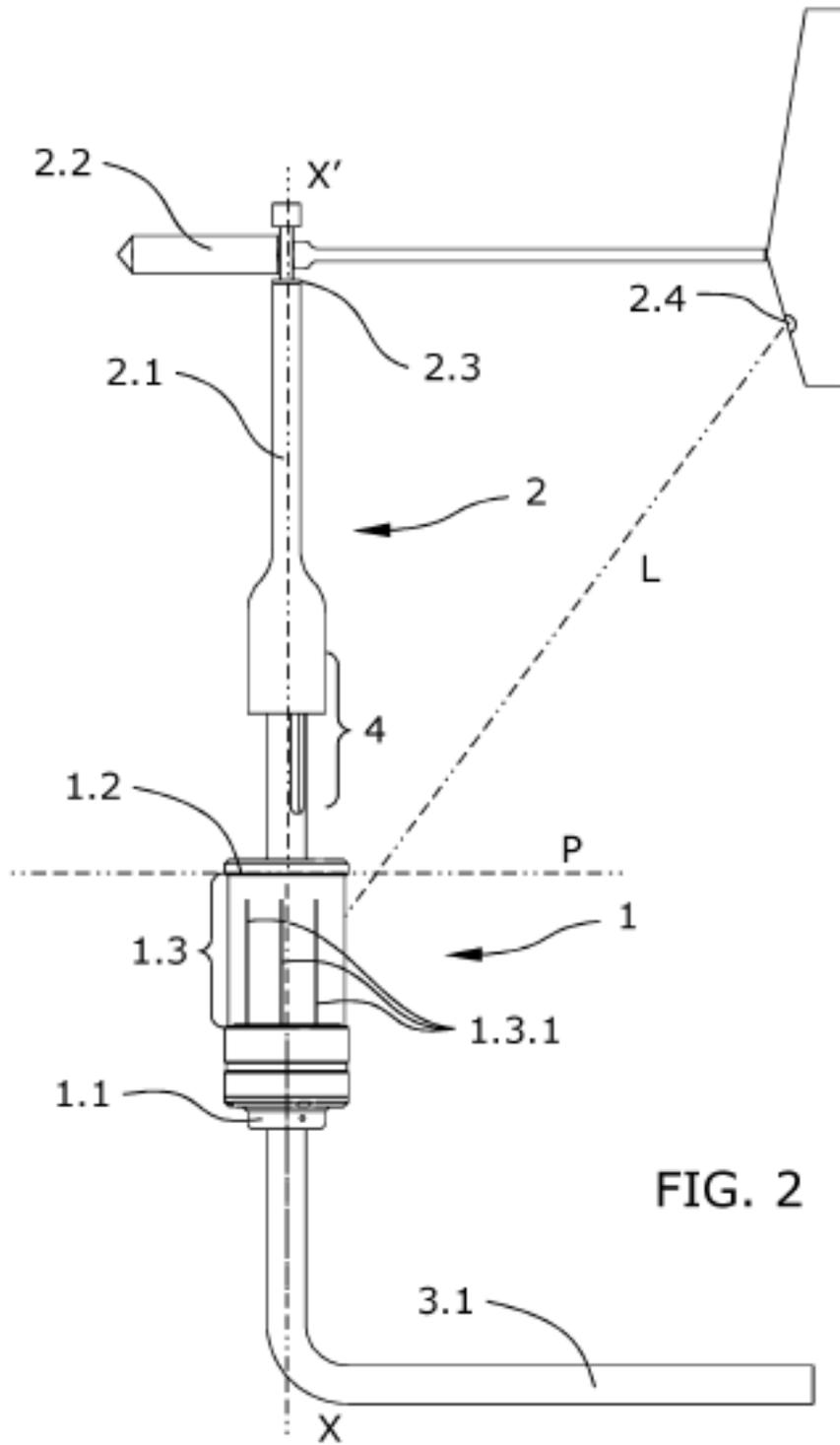
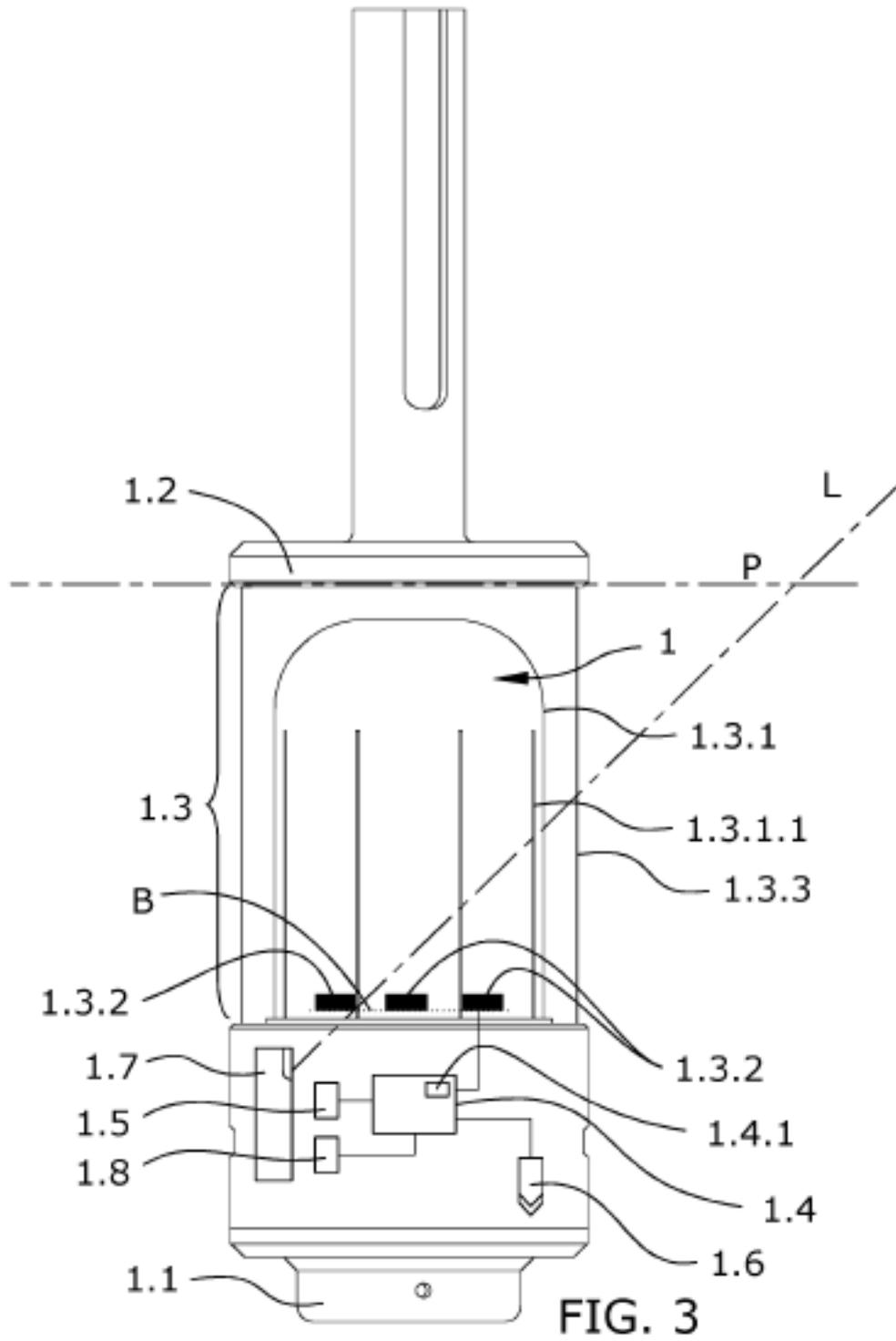
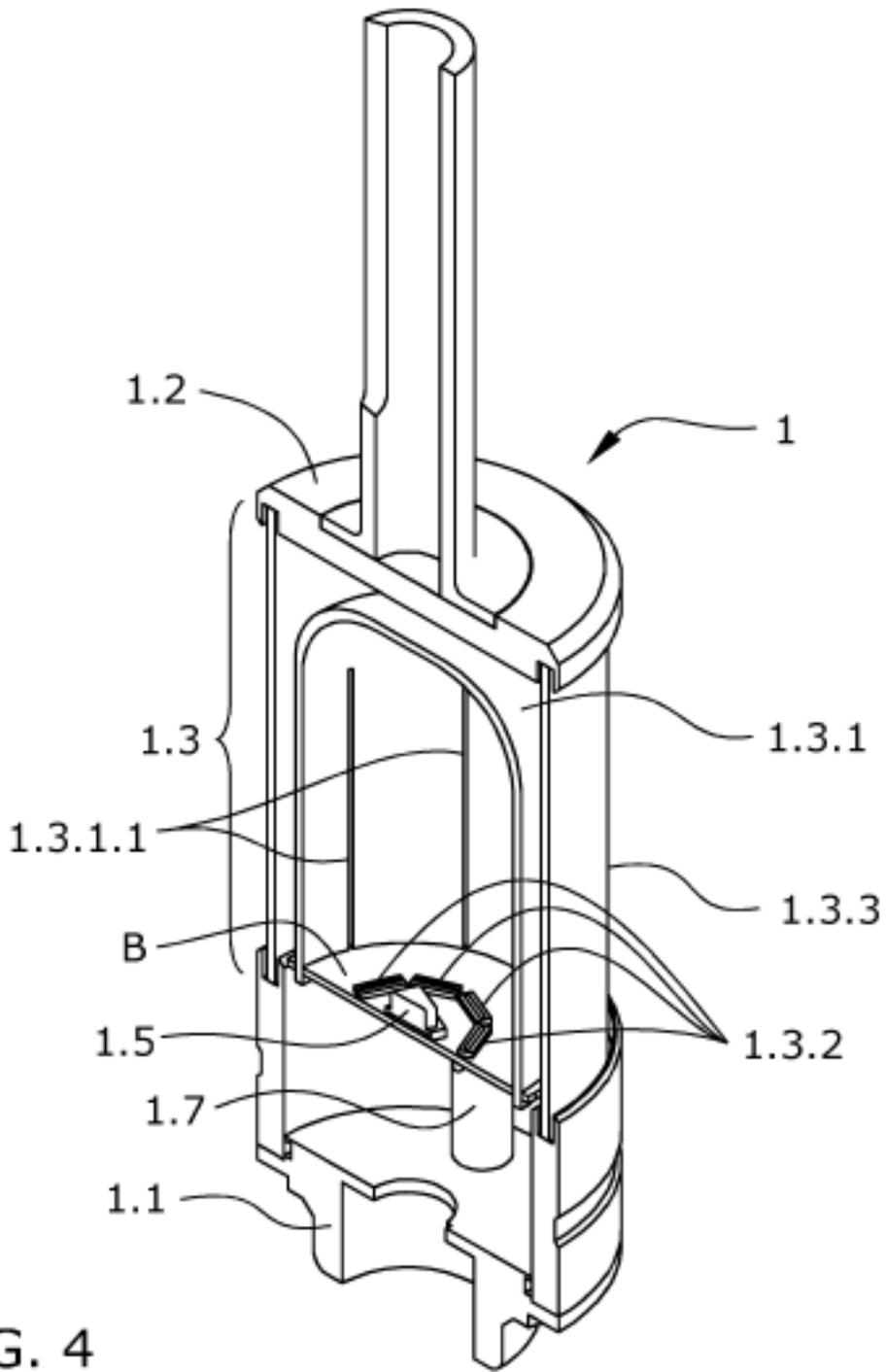


FIG. 1







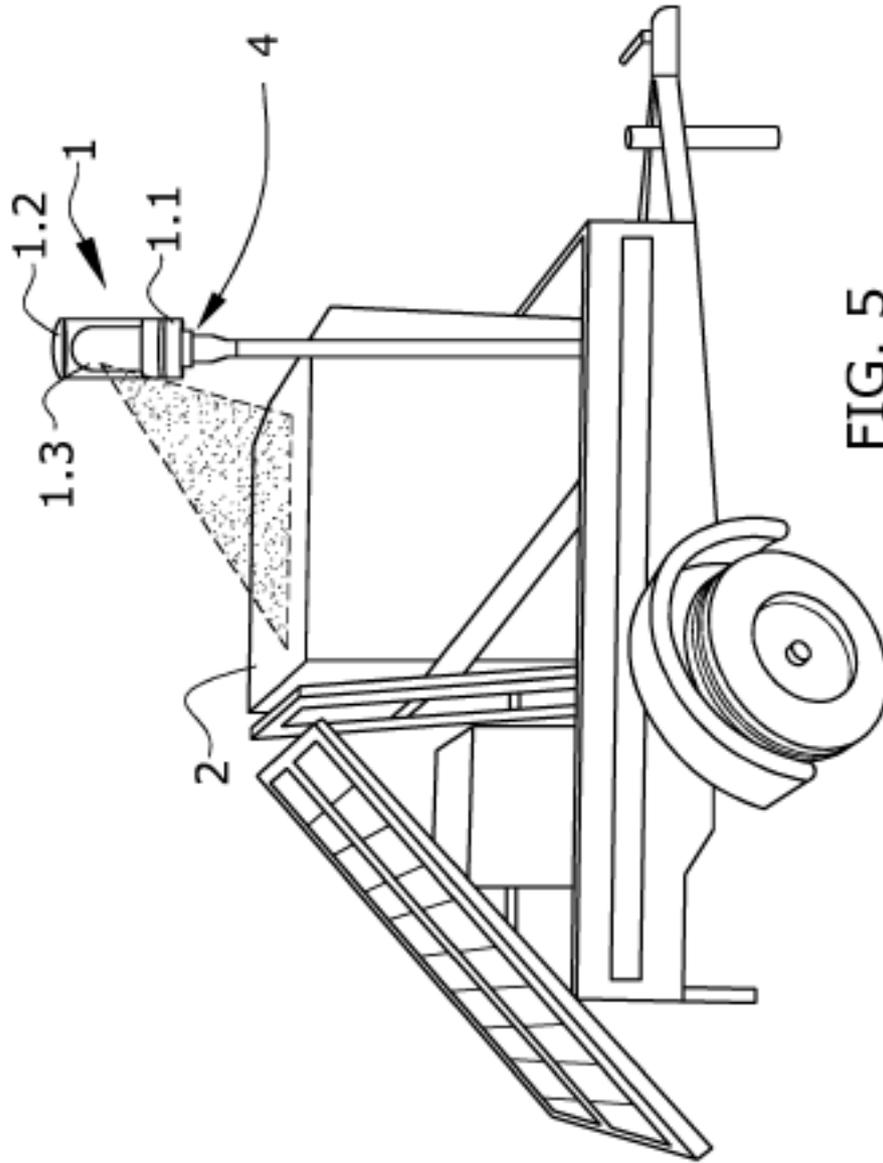


FIG. 5