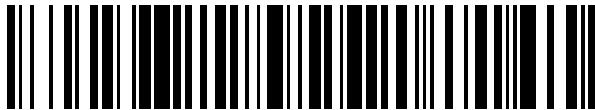


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 784 162**

(21) Número de solicitud: 201930259

(51) Int. Cl.:

**G01J 1/38** (2006.01)

**G04B 49/02** (2006.01)

(12)

## SOLICITUD DE PATENTE

A1

(22) Fecha de presentación:

**22.03.2019**

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

**22.09.2020**

(71) Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (95.0%)**  
Avenida Cervantes, Nº2  
29071 Málaga ES y  
**SERVICIO ANDALUZ DE SALUD (5.0%)**

(72) Inventor/es:

**AGUILERA ARJONA, José;**  
**DE GÁLVEZ ARANDA, María Victoria y**  
**HERRERA CEBALLOS, Enrique**

(54) Título: **Procedimiento y dispositivo para la medición de la intensidad lumínica solar en base a la proyección de sombra de un objeto**

(57) Resumen:

Procedimiento y dispositivo para la medición de la intensidad lumínica solar en base a la proyección de sombra de un objeto. La presente invención se refiere a un procedimiento para la medición de la intensidad lumínica solar en base a la proyección de sombra de un objeto que comprende conocer en el tiempo los valores de intensidad lumínica solar para la ubicación del objeto cuya sombra se proyecta; conocer la relación entre la distancia o longitud de la sombra y la altura del objeto cuya sombra se proyecta; y establecer una correspondencia en el tiempo entre dicha relación y los valores de intensidad lumínica solar para dicha ubicación. La invención también refiere un dispositivo adecuado para la medición de la intensidad lumínica solar en base a la proyección de sombra de un objeto mediante dicho procedimiento.

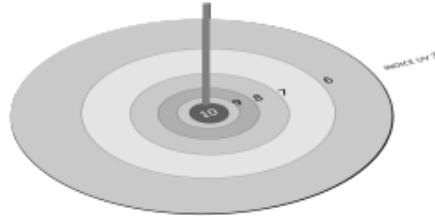


Figura 4

**DESCRIPCIÓN**

**Procedimiento y dispositivo para la medición de la intensidad lumínica solar en base a la proyección de sombra de un objeto**

5

**SECTOR DE LA TÉCNICA**

El objeto principal de la presente invención es la realización de un objeto de medición  
10 de la irradiancia solar incidente en base a la medida de la sombra proyectada por un objeto.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**

15 Actualmente, una de las mejores herramientas utilizadas en salud pública es la prevención primaria frente algún tipo de problema de salud que nos ocurre a la sociedad actual. En este caso, la fotoprotección integral es prácticamente la herramienta más importante a la hora de prevenir los efectos nocivos de la radiación ultravioleta solar, sobre todo frente a la generación del cáncer de piel, por lo que las estrategias de  
20 información por diferentes medios están a la orden del día. Mucho se ha avanzado en la información que llega a los ciudadanos para prevenir dicho tipo de patologías, y entre ellas, la información sobre la incidencia de radiación solar con efecto perjudicial va calando por diferentes medios. No obstante, para ofrecer información sobre la radiación incidente en un punto determinado y en un momento determinado se necesitan sensores  
25 de radiación solar específicos que midan dicha radiación en el momento. No es posible a partir de la información de la previsión meteorológica o la información que se ofrece en medios como internet, ya que son medidas predictivas siguiendo modelos de incidencia solar. Por tanto, no es fácil llegar a la población utilizando dispositivos de medida específicos, estos dispositivos serán utilizados por usuarios especializados o  
30 muy interesados en el tema, y el objetivo principal de la prevención primaria frente a los efectos nocivos del sol de hoy en día es intentar llegar al máximo número de personas, por lo que es necesario utilizar herramientas lo más sencillas y visuales, a la vez que van a crear conciencia en la población. No existen actualmente a disposición de los usuarios herramientas de medición de la radiación solar que no sean a base de  
35 dispositivos electrónicos con sensores específicos para las diferentes bandas

espectrales y se hacen necesarias herramientas más sencillas de medición, o al menos de aproximación lo más exacta posible a los valores reales de intensidad de irradiancia solar en un punto determinado de la superficie terrestre y en cualquier momento del día y fecha del año. Por tanto, es de suma importancia buscar alternativas sencillas que  
5 ofrezcan datos a la vez de forma muy fiable y de forma universal para cada localización en el mapa terrestre.

El dispositivo que se presenta es una alternativa como instrumento de medida de intensidad solar aprovechando los fenómenos físicos del movimiento de la tierra  
10 alrededor del sol y por tanto aprovechar el cambio de posicionamiento del sol a lo largo de un ciclo diario, el cual va a formar un arco solar desde el amanecer al ocaso. El aprovechamiento de los cálculos del ángulo solar de su posicionamiento respecto a la superficie terrestre es la base de diseño del instrumento objeto de la presente invención,  
15 ya que, a partir de la distancia de sombra proyectada por un objeto situado de forma vertical respecto a la superficie terrestre, que va a venir determinada por el ángulo solar, es posible calcular la incidencia de radiación solar en dicho punto de la superficie terrestre para cualquier hora y día del año.

Un objeto parecido a nuestro objeto de invención es el reloj de sol, el cual aprovecha un  
20 objeto de sombra para ir dirigiendo en el plano horizontal el arco solar a lo largo del ciclo diario y por tanto, según la hora del día, la sombra se va orientando en la posición horizontal de una manera continua, por lo que se puede definir la hora con mucha precisión. La limitación que ofrece el reloj de sol es que dependiendo de la época del año y la latitud hay que ir haciendo correcciones continuas a lo largo del año para afinar  
25 la precisión de la hora del lugar. En cambio, la presente invención, aprovechando el principio de la proyección de sombra y la distancia de esta, los valores de intensidad solar son medibles para cualquier época del año, hora del día o latitud sin necesidad de ningún ajuste.

30 El fundamento teórico de la invención es el siguiente:

Observando el ciclo diario de la evolución del sol, la incidencia de radiación sobre un objeto va a proyectar una sombra cuya longitud varía según el ángulo de incidencia solar. Este ángulo varía a lo largo del ciclo diario con valores más bajos desde el  
35 amanecer que van aumentando hasta los valores máximos del mediodía solar, y a

continuación dichos valores disminuyen de la misma forma hasta el ocaso. Dicho arco solar desde el amanecer hasta el ocaso produce una variación de los ángulos de incidencia solar dependiendo también de la época del año para una determinada localización, con ángulos menores para la época invernal que aumentan hasta los 5 valores más altos en el verano. Además, el ángulo máximo que puede alcanzar el sol respecto a la superficie terrestre en el plano horizontal, es decir, el ángulo solar al mediodía solar para un punto determinado también depende de la latitud a la que nos encontramos, que aumentará desde valores de ángulo solar bajos hasta los 90 grados que se alcanzan a la altura del ecuador. Por tanto, el ángulo solar mantiene un 10 comportamiento constante que depende de la latitud de la localización, hora del día y día del año.

Una constante que depende del posicionamiento solar en un momento determinado y en un lugar determinado es la distancia de la sombra proyectada por un objeto que va 15 a depender de dicho ángulo solar, con valores máximos al amanecer, cuando el ángulo solar es el mas bajo para esa localización y va a ir aumentando a medida que avanzan las horas hasta el mediodía solar, en cuyo momento, la proyección de la sombra de un objeto es el mínimo. En caso de que el sol forme un ángulo de 90 grados con la superficie terrestre, la distancia de sombra del objeto va a ser 0. Pero en este punto, la 20 intensidad solar será máxima.

La medida de intensidad solar es también un objeto de interés social, ya que no es fácil para cualquier usuario interpretar las unidades de medida que se ofrecen por los sensores utilizados comúnmente. En el caso de la información de medida de intensidad 25 lumínica solar, con interés en salud, la medida de la radiación UV solar es la más importante dado su ya conocido efecto en la generación de enfermedades cutáneas a corto plazo, como el eritema cutáneo o a largo plazo, como la generación de cáncer y fotoenvejecimiento cutáneo. Por tanto, es necesario ofrecer medidas de intensidad de radiación UV solar asequible para los ciudadanos, por lo que desde la Organización 30 Mundial de la Salud se estableció el índice UV como herramienta de información para la irradiancia solar con potencial efecto eritemático para la piel. El índice ultravioleta es un valor de cálculo para llevar la irradiancia solar con potencial eritemático en términos de W/m<sup>2</sup> a una escala numérica y que va por intervalos de unidades desde 0 hasta 35 valores de aproximadamente 16. El valor de 0 se da en ausencia de sol y los valores van aumentando hasta los valores máximos al mediodía solar cuando está situado en

la vertical respecto a la superficie terrestre, o dicho en términos de ángulo solar, el índice UV varia desde 0 cuando el ángulo formado entre el sol y la superficie terrestre es 0 hasta el valor máximo en un punto que correspondería a valore de ángulo solar cercanos a los 90 grados. Dicho ángulo máximo se acercará a 90 grados dependiendo de la 5 cercanía al ecuador en la que se encuentre el punto de medida de la intensidad de radiación solar.

Por lo tanto, si el ángulo solar, que va a dar lugar a cambios en la distancia de proyección de sombra se correlaciona con la intensidad solar para dicho ángulo, la presente 10 invención responde a un objeto y algoritmos que relacionan ambas variables y que puede ser utilizado como sensor de intensidad solar.

### **EXPLICACIÓN DE LA INVENCIÓN**

15 La presente invención consta de un primer objeto, que es un procedimiento para la medición de la intensidad lumínica solar en base a la proyección de sombra de un objeto que comprende conocer los valores de intensidad lumínica solar para dicha ubicación en el tiempo (porque se disponga de los mismos, se hayan inferido, o se hayan medido), conocer la relación distancia sombra / altura objeto correspondientes, y establecer una 20 correspondencia entre ambos de forma que se estime la intensidad lumínica solar a partir de dicha relación distancia sombra / altura objeto.

Asimismo, la presente invención describe la realización de un dispositivo que en base a la proyección de sombra que ofrece un objeto situado en posición vertical es capaz de 25 correlacionarla con la intensidad solar incidente (irradiancia) para una localización, día del año y hora del día. Debido a que el ángulo solar varía en un ciclo diario para una determinada fecha del año en una localización determinada y que dicho arco solar varía dependiendo de la época del año es posible correlacionar, para condiciones de cielo despejado, la incidencia de radiación solar determinada o irradiancia solar incidente 30 (como por ejemplo la intensidad de índice UV) con la proyección de la sombra de un objeto.

De esta forma, colocando un objeto en posición completamente vertical, es posible hacer el seguimiento de la distancia de la sombra proyectada en cualquier momento del 35 ciclo diario y dado que el objeto mantiene una altura constante, la variación de la

distancia de la sombra proyectada en el plano horizontal es posible correlacionarla con la intensidad de radiación incidente. La invención relaciona la distancia de sombra con el valor irradiancia global potencial incidente en el lugar donde se coloca la invención o se pueden realizar los cálculos de la incidencia solar para cualquier región del espectro electromagnético solar. El dispositivo cuenta con un objeto de proyección de sombra que se coloca vertical y un elemento circular que se coloca de forma horizontal y está escalado en unidades de medida de la relación distancia de sombra proyectada/ altura del objeto de proyección y que varían desde 0 en el centro hasta un valor máximo. Al escalarlo obtenemos una diana escalada en el plano horizontal que mide la distancia de la sombra proyectada. Como la distancia de sombra proyectada se relaciona con la intensidad solar incidente, el escalado de la diana horizontal se puede hacer en términos de unidades de irradiancia solar. Al escalar la diana horizontal en términos de índice UV se puede realizar un sensor de irradiancia solar con potencial de generación de eritema en piel, como estima el índice UV basado a partir de la distancia de proyección de sombra de un objeto.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1. Descripción del objeto de proyección de sombra y el modelo seguido por el arco solar y la distancia de proyección de su sombra respecto a la altura del objeto de proyección.

Figura 2. Descripción del modelo de proyección de sombra que relaciona las variables relación distancia de sombra/altura objeto de proyección frente al índice UV medido en una localización y fecha determinada desde la mañana al mediodía solar.

Figura 3. Ecuación de regresión para el modelo de sombra que relaciona las variables relación distancia de sombra/altura objeto de proyección frente al índice UV medido en una localización y fecha determinada desde la mañana al mediodía solar.

Figura 4. Figura de la diana de proyección de sombra basada en el modelo bidimensional. La distancia entre los diferentes puntos de la diana, que representan el índice UV guarda relación de dependencia de la altura del objeto de proyección de sombra.

**EJEMPLO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCIÓN**

Una realización preferente de la presente invención se refiere a un procedimiento para la medición del índice UV en base a la proyección de sombra de un objeto que comprende conocer los valores dicho índice UV para dicha ubicación en el tiempo (porque se disponga de los mismos, se hayan inferido, o se hayan medido), conocer la relación distancia sombra / altura objeto correspondientes, y establecer una correspondencia entre ambos de forma que se estime el índice UV a partir de dicha relación distancia sombra / altura objeto.

10

Asimismo, la presente invención se refiere a un segundo objeto, que es el elemento de proyección de sombra, o elemento que se ha de colocar en posición absolutamente vertical. El objeto, con una altura determinada por el usuario va a proyectar la sombra con una distancia dependiente de la época del año, hora del día y latitud para ese punto determinado. Es decir, la distancia de sombra va a predecir el ángulo solar incidente, y a mayor ángulo solar, mayor intensidad de radiación solar. El modelo de objeto y los cambios de proyección se presentan en la figura 1.

20

Como ejemplo de cálculo de intensidad lumínica solar, y como ejemplo de medida, ya que se puede conocer la intensidad de radiación UV solar para un punto y fecha determinados al igual que para la hora del día, es posible cuantificar la relación de la distancia de sombra respecto a la altura del objeto de proyección y el valor de intensidad de luz en términos de índice UV, tal y como se presenta en el gráfico de medidas de la figura 2. En este caso se obtiene un modelo bidimensional con una variable independiente como el índice UV y una variable dependiente como es el cociente distancia de sombra/altura del objeto. Para generalizar el modelo, se representan los valores de regresión de ambas variables en la figura 3, con constantes de relación entre las variables índice UV respecto a la relación distancia de proyección de sombra/altura de objeto.

30

En la figura 4 se representa gráficamente el objeto de invención que consiste en una diana circular con medidas concéntricas escaladas siguiendo las dimensiones de distancia a partir de la ecuación del modelo. La distancia entre los diferentes círculos concéntricos, que representan el índice UV guarda relación de dependencia de la altura del objeto de proyección de sombra. La distancia de los círculos concéntricos vendrá

dada por la altura del objeto de proyección siguiendo los valores que se pueden calcular a partir de la ecuación del modelo representado en la figura 3.

Dicha diana de proyección junto al objeto vertical de proyección de sombra tiene que  
5 ser un conjunto indivisible. Para visualizar mejor la información obtenida en la diana, los círculos concéntricos pueden ser pintados en colores o en escalas de grises. O independientemente del valor del índice UV que no es necesario incluso incluirlo en objeto ya que se pueden diferenciar los diferentes círculos concéntricos con los colores establecidos por la OMS en materia de riesgo asociado a los diferentes índices UV del  
10 día en cuestión.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la medición de la intensidad lumínica solar en base a la proyección de sombra de un objeto caracterizado por que comprende:
  - 5 (1) conocer en el tiempo los valores de intensidad lumínica solar para la ubicación del objeto cuya sombra se proyecta;
  - (2) conocer la relación entre la distancia o longitud de la sombra y la altura del objeto cuya sombra se proyecta; y
  - (3) establecer una correspondencia en el tiempo entre dicha relación
- 10 conocida en (2) y los valores de intensidad lumínica solar para dicha ubicación conocidos en (1).
2. Procedimiento según la reivindicación anterior caracterizado por que la etapa (1) comprende la medición en el tiempo, mediante un sensor de intensidad lumínica o similar, de los valores de intensidad lumínica solar en la ubicación del objeto cuya sombra se proyecta.
- 15 3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que la etapa (2) comprende la medición de la distancia o longitud de la sombra y de la altura del objeto cuya sombra se proyecta.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado 20 por que la etapa (3) comprende colocar o generar una escala gráfica sobre un plano horizontal sobre el que se proyecta la sombra del objeto.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que la intensidad lumínica solar medida es la referida al índice UV.
6. Dispositivo para la medición de la intensidad lumínica solar en base a la proyección 25 de sombra de un objeto mediante un procedimiento conforme cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que comprende:
  - Un objeto (1) que, situado o dispuesto verticalmente, proyecta una sombra; y
  - un elemento circular (2) que se coloca o se genera sobre un plano horizontal sobre el que se proyecta la sombra del objeto (1), dicho elemento circular (2) escalado en unidades que miden la longitud de la sombra proyectada, dependiente de la altura del objeto (1) y del ángulo de incidencia de la radiación solar.
7. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que las unidades de medida del elemento circular (2) se codifican en forma de unidades de intensidad

lumínica en base a una correspondencia establecida entre la distancia o longitud de la sombra y la altura del objeto (1) cuya sombra se proyecta, y los valores de intensidad lumínica solar conocidos para dicha ubicación en el tiempo.

8. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que las unidades de medida del elemento circular (2) varían desde 0 en el centro de dicho elemento circular (2) hasta un valor máximo en el perímetro de este (2).
- 5 9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que la intensidad lumínica solar medida es la referida al índice UV.

# ES 2 784 162 A1

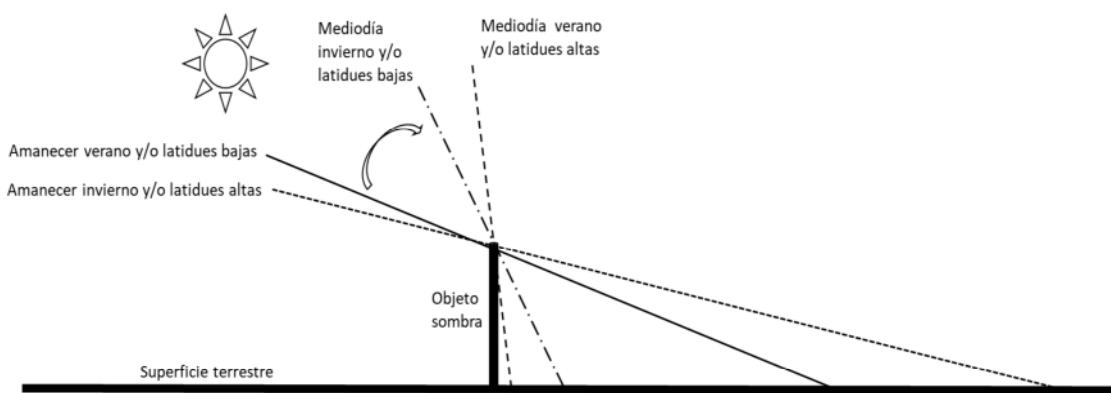


Figura 1

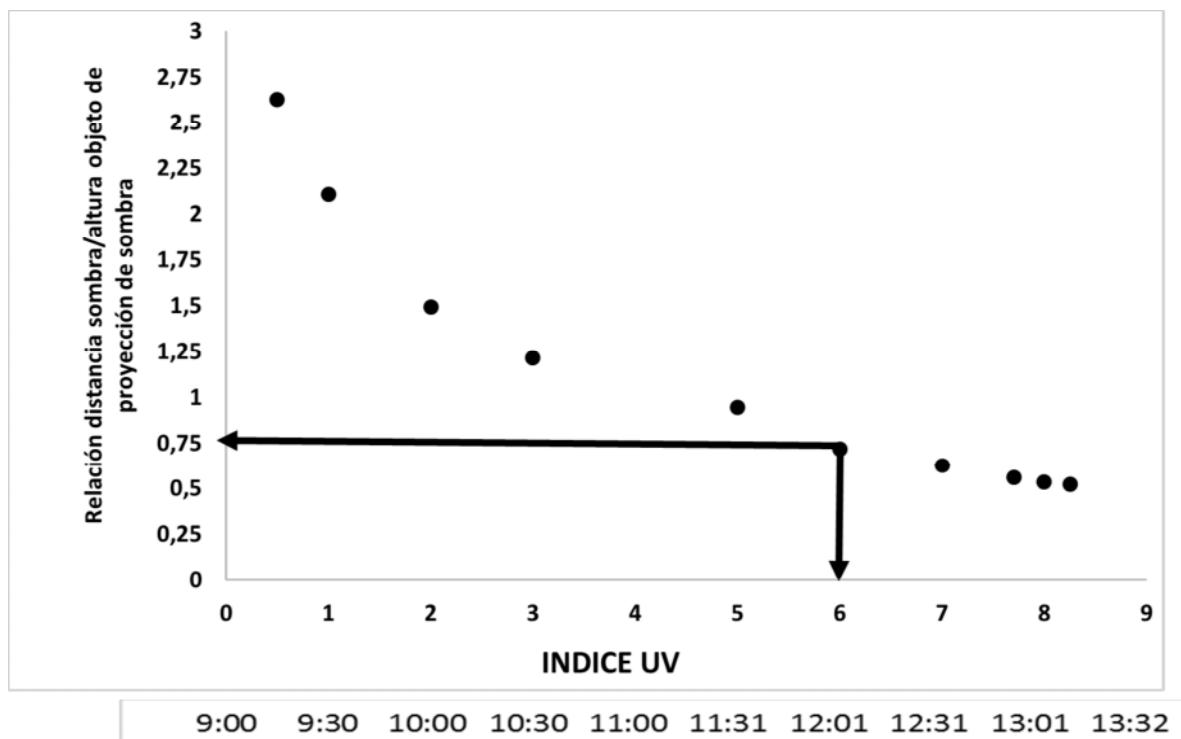


Figura 2

# ES 2 784 162 A1

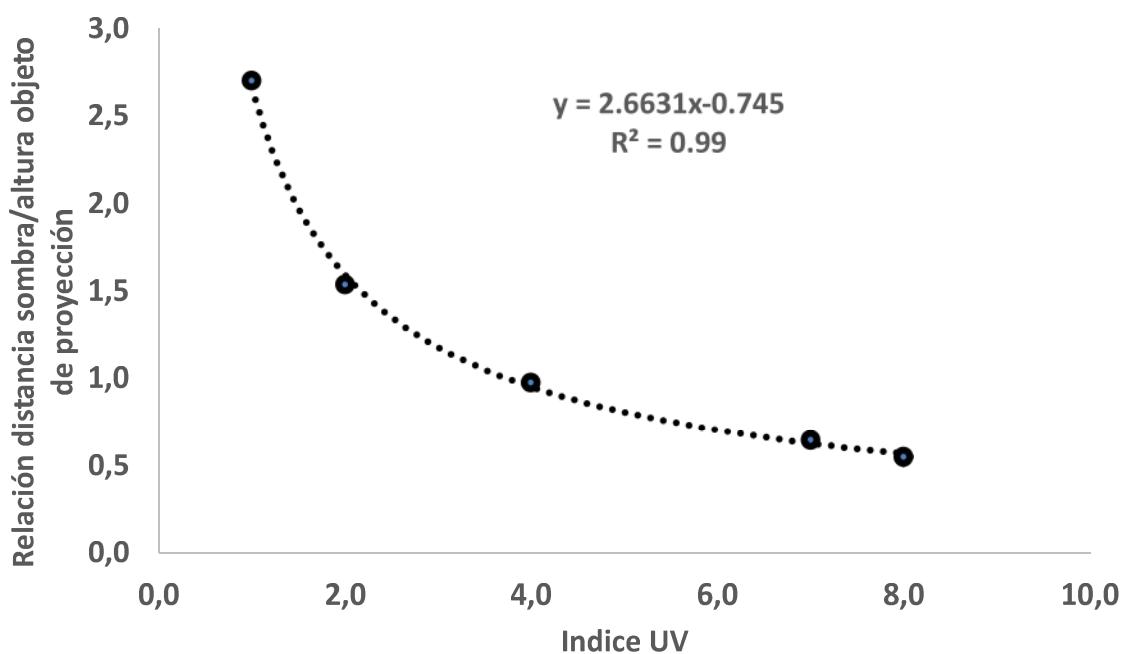


Figura 3

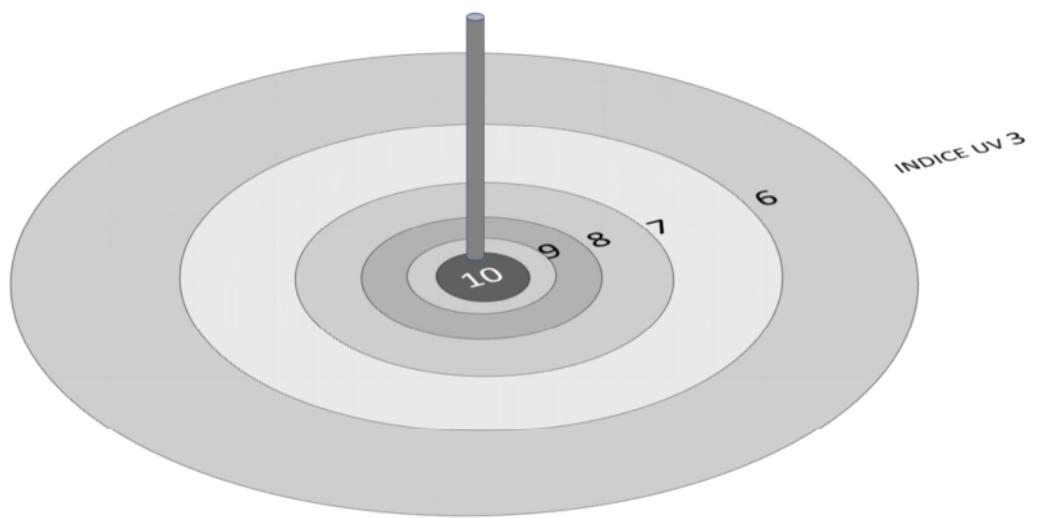


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA

②1 N.º solicitud: 201930259

②2 Fecha de presentación de la solicitud: 22.03.2019

③2 Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤1 Int. Cl.: **G01J1/38** (2006.01)  
**G04B49/02** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 5576551 A (ADAIR JOHN E) 19/11/1996; Resumen; columna 2, líneas 35-48; columna 3, líneas 26-40, 59-67; columna 4, líneas 32-64; figuras 1, 2.		1-9
A	CN 208383119U U (HEBEI DAORONG NEW ENERGY TECH CO LTD) 15/01/2019; Resumen; figura 1.		1-9
A	US 157586 A 08/12/1874; Resumen.		1-9

#### 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 27.01.2020	Examinador S. Sánchez Paradinas	Página 1/2
--	------------------------------------	---------------

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

G01J, G04B

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

INVENES, EPODOC