



- (51) Clasificación Internacional de Patentes:
F24J 2/12 (2006.01) *G02B 7/183* (2006.01)
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2016/070156
- (22) Fecha de presentación internacional:
11 de marzo de 2016 (11.03.2016)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
P201530496 14 de abril de 2015 (14.04.2015) ES
- (71) Solicitantes: **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID** [ES/ES]; Universidad Politécnica de Madrid, OTRI - Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, 28040 Madrid (ES). **UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA (UNED)** [ES/ES]; Calle Bravo Murillo, 38 Planta 4ª, OTRI - UNED, 28015 Madrid (ES).
- (72) Inventores: **MARTÍNEZ-VAL PEÑALOSA, José María**; Universidad Politécnica de Madrid, OTRI - Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, 28040 Madrid (ES). **MUÑOZ ANTÓN, Javier**; Universidad Politécnica de Madrid, OTRI - Vicerrectorado

de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, 28040 Madrid (ES). **ABBAS CÁMARA, Rubén**; Universidad Politécnica de Madrid, OTRI - Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, 28040 Madrid (ES). **PIERA CARRETÉ, Mireia**; Calle Bravo Murillo, 38 Planta 4ª, OTRI - UNED, 28015 Madrid (ES). **MONTES PITA, María José**; Calle Bravo Murillo, 38 Planta 4ª, OTRI - UNED, 28015 Madrid (ES). **ROVIRA DE ANTONIO, Antonio J.**; Calle Bravo Murillo, 38 Planta 4ª, OTRI - UNED, 28015 Madrid (ES).

(81) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: ROTARY HORIZONTAL DEVICE FOR CONCENTRATING SOLAR RADIATION

(54) Título : DISPOSITIVO ROTATORIO HORIZONTAL DE CONCENTRACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

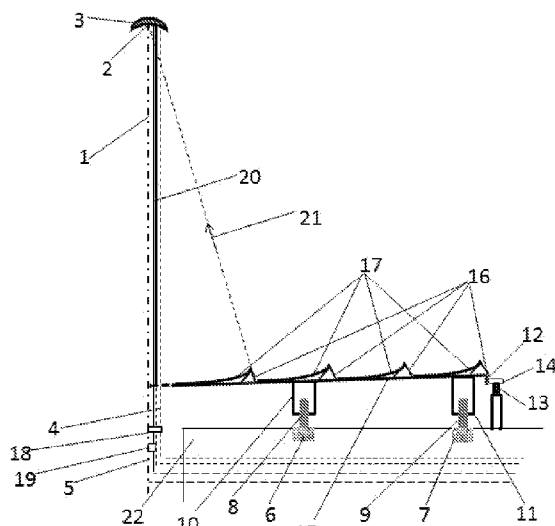


Figura 1

(57) Abstract: Disclosed is a rotary horizontal platform on which symmetrical longitudinal strips of parabolic mirrors are disposed and on which a radiation receiver on supports is disposed in parallel and at a height, the focal line of the radiation receiver being within the vertical plane of symmetry, and the supports being firmly joined to the platform. The rotary horizontal platform rotates on at least two concentric sets of wheels, and while rotating, the vertical plane of symmetry of the device virtually contains the solar disc. Parabolic profiles are prescribed so that the mirrors can be made using originally flat mirrors which deform by their own weight or by the action of clamps at the ends thereof, adapting to the configuration required for the optical focus.

(57) Resumen: Plataforma horizontal giratoria donde se ubican franjas longitudinales simétricas de espejos parabólicos, y en paralelo y en altura se ubica sobre unos báculos el receptor de radiación, con su línea focal dentro del plano vertical de simetría, estando dichos báculos firmemente unidos a la plataforma, que gira sobre al menos dos juegos de ruedas concéntricas, y en su giro el plano vertical de simetría del dispositivo contiene virtualmente al disco solar. Los perfiles parabólicos se prescriben para que los espejos se puedan hacer con espejos planos originalmente, que se deforman por su propio peso o por la acción de las grapas los extremos, adaptándose a la configuración requerida para el enfoque óptico.



SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

DISPOSITIVO ROTATORIO HORIZONTAL DE CONCENTRACIÓN
DE LA RADIACIÓN SOLAR

5 **DESCRIPCIÓN**

SECTOR DE LA TÉCNICA

La invención se encuadra en el campo de las centrales de energía solar que requieren concentración de la radiación solar directa que es reflejada por una
10 serie de espejos, de características variadas según los dispositivos, pudiendo tener uno o dos ejes orientables cada espejo para el seguimiento solar.

La invención trata concretamente de los espejos de un solo eje de concentración, de tipo cilíndrico, de sección recta parabólica o línea aproximada,
15 teniendo todos los espejos una línea focal común, que es hacia donde convergen los haces de radiación reflejada. La reflexión no es perfecta, porque la propia radiación solar tiene en la tierra una apertura de 9 miliradianes, la cual se amplifica en el proceso de reflexión, llegando a una apertura superior a 20 miliradianes incluso. La invención está relacionada con los montajes
20 denominados Fresnel de reflexión, en los cuales varios espejos de ejes paralelos enfocan la radiación hacia una misma línea focal, pero la invención tiene características radicalmente diferentes de las de dicha familia Fresnel, cuyos espejos giran, cada uno, alrededor de su eje longitudinal de simetría.

25 .

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La invención tiene antecedentes inmediatos, por lo que comporta a los montajes Fresnel en sí, incluyendo varios documentos de los propios solicitantes, como son las patentes ES2346629, ES2345759, ES2345427 y ES2396078, que
30 presentan diversas configuraciones para aprovechar el efecto de reflexión óptica con objeto de hacer incidir radiación de alta intensidad sobre un receptor que la absorbe y la transfiere a un fluido calorífero. En la última de las patentes mencionadas, ES2396078, se hace presentación, particularmente, de un montaje de espejos y de receptor inclinado respecto de la horizontal, con objeto
35 de facilitar el drenaje de dicho fluido calorífero cuando sea requerido, como es el caso de las sales fundidas si hay riesgo de congelación. Estos antecedentes

citados hacen referencia a Fresnel convencionales, cuyos ejes están estáticos, y los espejos giran alrededor de ellos, estando también estático el receptor, que aproximadamente coincide en su línea media con la línea focal de los espejos.

- 5 Por otro lado la invención se relaciona con los sistemas de concentración de la radiación solar de tipo rotativo, generalmente aplicado a las configuraciones de espejos con dos ejes de giro perpendiculares entre sí, como es el caso de los espejos paraboloïdes de revolución, de los cuales hay un ejemplo en el documento WO 2005/124245 A2. Más cercanos al tema que nos ocupa son los
- 10 documentos que publican dispositivos en los cuales lo que gira es una plataforma con un montaje Fresnel o un montaje de espejos parabólicos independientes, con línea focal propia, pero paralelos entre sí. Tal es el caso de los documentos WO 2002/097341 A1, WO 2007/109901 A1, WO 2009/121174 A1.

15

- Todos ellos, y especialmente este último tratan de montajes en los que gira la plataforma en sentido acimutal y además gira el conjunto de espejos en inclinación, para seguir más certeramente la trayectoria solar. Los discos parabólicos de revolución también giran en dos ejes, uno para el giro azimutal y
- 20 otro para el giro ascensional, y son numerosos los precedentes sobre esos montajes.

PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER

- 25 Las configuraciones con dos giros de seguimiento solar son considerablemente caras por la estructura que comportan y la precisión que requieren, la cual es especialmente complicada cuando el sistema es apreciablemente grande y de mucho peso. Por otro lado, si no se produce la inclinación de los espejos, lo que resulta con inclinación variable a lo largo del día y estacionalmente es la
- 30 incidencia de la radiación solar sobre los espejos, lo cual a su vez produce que los haces reflejados salgan con distinta inclinación, y por tanto confluyan en tramos distintos de la línea focal (en la que se ubica el receptor).

Desde el punto de vista mecánico y económico, lo ideal es minimizar los movimientos de alta precisión requeridos para el seguimiento solar, sin perder una cantidad de radiación reflejada apreciable. Téngase en cuenta, por ejemplo, que si la radiación está incidiendo sobre un espejo con una inclinación de 45
5 grados, y el espejo está horizontal, la radiación reflejada saldrá también con 45 grados de inclinación, lo que significa que recorre en sentido longitudinal el mismo tramo que recorre en sentido ascensional, puesto que la tangente es 1. Como el rayo reflejado ha de recorrer en altura la distancia que hay desde el punto de reflexión hasta donde impacte la línea focal, el impacto en esta línea se
10 produce mucho más allá, en sentido de la propagación de la radiación, que la posición en la línea focal que está en el plano perpendicular a dicha línea y contiene al punto donde ha ocurrido la reflexión.

Para evitar la fuga de radiación por el extremo opuesto al que se encuentra el
15 sol, se disponen espejos verticales o ligeramente inclinados hacia el área de fuera o de dentro, lejana o cercana, a la cual se quiere dirigir dicha radiación reflejada, lo cual ha sido hecho público ya, como por ejemplo en la solicitud de patente P201430106, y en otros documentos previos tales como FR2396245, US 2009000693 A1 y WO2010109508.

20

Adicionalmente hay que considerar el desfase de llegada al receptor de los rayos reflejados desde los diversos espejos, pues cuanto más lejano esté un espejo, más ha de recorrer la radiación reflejada en sentido transversal y, por ende, más se desplazará hacia adelante en sentido longitudinal. Eso obliga a dimensionar
25 la plataforma giratoria de espejos con prescripciones adecuadas, que no están establecidas en el estado del arte; como tampoco está satisfactoriamente resuelto el giro perfectamente equilibrado, pero sin eje central; ni tampoco se ha tenido éxito en encontrar una manera rigurosa de fabricar y montar de forma muy barata espejos de curvatura parabólica.

30

El problema a resolver pues se centra en encontrar una configuración mecánicamente sencilla y con garantía de rigidez, que compatibilice gran

precisión para concentrar la radiación solar sobre el receptor, con unos métodos simples pero fiables para fabricar y montar los elementos de estos dispositivos.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

5 La invención está constituida por

- una plataforma horizontal, giratoria alrededor de un eje virtual vertical, sobre la que descansa una pluralidad de espejos longitudinales de sección recta transversal parabólica, tendidos horizontalmente y paralelos entre sí, con una configuración simétrica respecto de un plano vertical que contiene al eje vertical virtual, y que constituye el plano que guía la orientación del dispositivo respecto al sol, siendo el criterio de enfoque que el sol, como disco puntual visto desde la Tierra, se halle en el plano de simetría del dispositivo; contando además el dispositivo con un receptor longitudinal de radiación, ubicado en altura sobre la plataforma mediante unos báculos o unos pórticos que son solidarios a dicha plataforma, estando la línea central del receptor contenida en el plano vertical de simetría del campo de espejos que descansa sobre la plataforma;
- estando dicha plataforma horizontal asentada sobre las patas que se apoyan en las ruedas de cada uno de los anillos de rodadura que, al menos en número de dos, posibilitan el giro alrededor del eje vertical virtual;
- y estando los espejos hechos de una sucesión de mosaicos de espejo dispuestos en sentido longitudinal, que se mantienen solidarios respecto de la plataforma rotativa porque cada mosaico está sostenido firme en su posición por cuatro grapas, ubicadas en los laterales del mosaico, cada una cerca de una esquina del mosaico, habiendo dos grapas de un mosaico que están aferradas a un larguero longitudinal interior y estando las otras dos grapas aferradas a un larguero longitudinal exterior, estando dichos largueros sujetos a la estructura de la plataforma rotatoria y soportados por ella, existiendo dos largueros por cada fila de espejo, aunque los largueros adyacentes de filas vecinas se pueden ensamblar entre sí formando una jácena longitudinal;
- teniendo cada grapa de sujeción una ubicación espacial concreta que coincide con un punto de un perfil parabólico virtual, teniendo la grapa en cuestión una inclinación en ese punto que coincide con la recta tangente a

dicho perfil en dicho punto, y teniendo dicho perfil parabólico su foco en el punto seleccionado como foco para todo el conjunto de parábolas virtuales de las cuales se extraen los perfiles de los mosaicos de espejo, para lo cual la distancia del foco, que es siempre el mismo, al mínimo de cada parábola es la cuarta parte del inverso del coeficiente de proporcionalidad que multiplica al cuadrado de la abscisa de dicha parábola para obtener la ordenada correspondiente.

Cabe fabricar los espejos con la curvatura parabólica que se requiera, pero la invención incluye el uso de mosaicos de espejo fabricados originalmente como planos, sin ningún tipo de aditamento ni tratamiento, haciendo que dichos espejos planos se comben por la acción de las parejas de grapas que aferran a cada mosaico por cada lado, lo cual crea un momento en cada grapa haciéndola girar un pequeño ángulo respecto de la pendiente plana natural del espejo original, lo cual origina, como se sabe de los análisis de deformación de una viga, que la curva que adquiere la viga, y en este caso la forma del espejo deformado, sea una parábola, donde el coeficiente de proporcionalidad entre la posición del punto a lo largo de la viga, o abscisa, al cuadrado, y su deformación o flecha, sea un coeficiente que es la mitad del valor del momento flector de los extremos, dividido por el producto del módulo de Young del material del espejo por el momento de inercia de la sección recta del espejo. Los mosaicos se presentan planos sobre las cuatro grapas cuando éstas giran libremente sobre las bisagras que las unen al larguero correspondiente, y dichas grapas se fuerzan y se cierran, con lo que el mosaico en cuestión queda firmemente sujeto con un perfil parabólico que pasa por los puntos medios de cada grapa, y además en ellos adquiere la pendiente que coincide con el perfil parabólico que geoméricamente corresponde al del enfoque sobre el foco de dicha parábola.

Para mejorar las prestaciones de concentración de la radiación, se ubican espejos verticales al final de cada fila, en el extremo opuesto al que se encuentra el Sol y, con ello, se evita que se pierda cierta cantidad de radiación reflejada debido a la inclinación con que entran los rayos solares, es decir, su ángulo de incidencia. Al chocar en los espejos verticales de los extremos, esos rayos, que

llevan desde origen una trayectoria hacia el receptor, seguirán hacia él una vez reflejados en los espejos verticales de cierre.

5 Igualmente para mejorar las prestaciones de concentración, las filas de espejos se pueden poner con cierta inclinación, aumentado progresivamente la altura de los espejos sobre el horizonte local a medida que el punto del espejo se aleja del extremo por donde entra la radiación solar. Esto hace que los espejos, así como el receptor, se vean inclinados en su perfil longitudinal. Desde el punto de vista mecánico esto significa que los pies de soporte de los largueros van siendo cada
10 vez más altos, según asciende el espejo, pero ello no reviste especial complejidad mecánica, ni riesgo de estabilidad. La ventaja de esta disposición es doble: aumenta el coseno del ángulo e incidencia, lo cual significa mayor captación de radiación por unidad de área de espejo; y aumenta el área de espejo total disponible por unidad de área de plataforma.

15

Para hacer girar la plataforma se pueden usar diversos mecanismos que no son objeto de la invención, ni se necesita explicitarlos para explicar ésta.

20 Junto o sobre la línea diametral de simetría paralela a los largueros de sujeción de los espejos, se disponen una serie de báculos o de pórticos que soportan al receptor en altura. En dicho receptor se puede poner una batería de paneles fotovoltaicos, que necesiten, por tecnología o por economía, intensidades de radiación muy por encima de lo natural; pudiéndose poner como alternativa un colector térmico, con una serie de tubos por los que gana entalpía, que traslada
25 dicha energía al bloque termodinámico de potencia.

Debido a la componente longitudinal de la luz solar respecto del dispositivo, las franjas de espejos, a medida que se separan de la línea central de simetría, se han de ir acortando por el extremo contrario al que entra la radiación solar, y en
30 igual medida se han de ir alargando por el extremo por el que reciben la radiación solar, lo cual se mide como un desplazamiento hacia el sol de cada espejo cuanto más alejado esté dicho espejo respecto de la línea central de simetría, lo cual se mide como un desplazamiento hacia el sol de cada espejo

- cuanto más alejado esté dicho espejo respecto de la línea central de simetría, siendo dicho desplazamiento el producto de la altura ortogonal de la línea focal del receptor sobre la cota de la línea longitudinal del espejo multiplicada por la tangente de un ángulo de referencia seleccionado en un margen de ángulos
- 5 alrededor de un valor central igual a la latitud del lugar de aplicación de la invención menos el ángulo de inclinación de los espejos sobre la horizontal, estando el margen definido desde dicho valor central menos 23 grados sexagesimales hasta dicho valor central más 23 grados sexagesimales.

10 EXPLICACIÓN DE LAS FIGURAS

- La figura 1 corresponde a una sección recta transversal en alzado del dispositivo en la que se aprecian dos pistas de rodadura sobre las que ruedan los trenes circulares correspondientes, sobre los cuales está la plataforma soporta los largueros que soportan los espejos, exponiéndose también la parte central por
- 15 donde suben y bajan las conexiones con el exterior, bien eléctricas, bien térmicas, según la naturaleza del receptor.

- La figura 2 representa una vista en planta del conjunto simétrico de espejos, y de dos pistas de rodadura, más los espejos de cierre, y la línea central de simetría,
- 20 sobre la cual está el receptor.

La figura 3 representa la incidencia y reflexión de un rayo de sol sobre un punto de la parábola, mostrando cual es el origen del desfase entre franjas de rayos.

- 25 La figura 4 representa un alzado longitudinal del dispositivo, con tres trenes circulares de rodadura, e incluye la variante de inclinar los espejos y el receptor hacia el sol.

- La figura 5 corresponde a una variante de la invención en la cual la plataforma giratoria se rellena con el campo central de espejos más dos campos laterales de espejos, cada uno con su correspondiente receptor, siendo ambos campos laterales solidarios con la plataforma, de cuyo giro participan completamente, por
- 30

lo cual la entrada y salida de tubería de fluido o de conexión de electricidad en cada uno de sus receptores se hace desde el par de tubos de entrada y salida por la fogonadura existente alrededor del eje virtual de giro.

- 5 La figura 6 muestra una franja de espejo realizada con 9 mosaicos consecutivos, y que está asentado sobre los largueros, en los que quedan firmes las grapas.

La figura 7, en dos partes, a y b, sirve para ilustrar el procedimiento de uso de la las grapas de sujeción en el larguero interior.

10

La figura 8 muestra una grapa de sujeción en el larguero exterior

Para facilitar la comprensión de las figuras de la invención, y de sus modos de realización, a continuación se relacionan los elementos relevantes de la misma:

- 15 1. Eje vertical virtual de giro del dispositivo
 2. Línea focal de los espejos del dispositivo
 3. Contenedor del receptor de radiación
 4. Conexiones de fluido calorífero entre el receptor y el exterior del dispositivo, en el caso de aplicaciones térmicas.
- 20 5. Conexiones entre el receptor y el exterior del dispositivo, en el caso de aplicaciones fotovoltaicas
 6. Pista de rodadura más interior
 7. Pista de rodadura intermedia
 8. Rueda del tren de ruedas más interior
- 25 9. Rueda del tren de ruedas intermedio
 10. Apoyo de la plataforma en el tren de ruedas más interior
 11. Apoyo de la plataforma en el tren de ruedas intermedio
 12. Corona circular dentada

13. Motor eléctrico que hace girar el piñón de ataque de movimiento de la corona 12.
14. Piñón de ataque sobre la corona 12; lo cual se representa en estas figuras para completar la información y hacerla más comprensible, aunque no forman parte de la invención.
15. Plataforma giratoria.
16. Largueros conjuntados en triángulo, siendo el lado de la izquierda el larguero exterior del espejo más interior de los dos vecinos, y el de la derecha es el larguero interior del espejo de más afuera.
17. Líneas o franjas de espejos fijos en los largueros, sobre la plataforma.
18. Junta rotatoria de unión entre el tubo que rota solidario a la plataforma, y el que está fijo en el terreno.
19. Conexión eléctrica entre el interior del dispositivo y la red exterior.
20. Báculos de soporte del receptor.
21. Trayectoria del haz reflejado en el extremo de la primera franja de espejos.
22. Terreno y cimentación de acondicionamiento .
23. Línea diametral central, que es a su vez el eje de simetría (en la figura 9 aparecen las referencias 23i y 23d para señalar que son propias de los campos anejos al principal, a izquierda y derecha respectivamente).
24. Espejos verticales de cierre de las trayectorias de la radiación reflejada.
25. Larguero interior (más próximo al plano de simetría).
26. Larguero exterior.
27. Larguero de apoyo: no lleva grapa alguna, simplemente aporta precisión en el perfil transversal del espejo, cuando éste es de excesiva anchura.
28. Soportes genéricos de la plataforma 15 sobre las ruedas de los trenes de giro.
29. Tercera pista circular de rodadura.
30. Conducción de comunicación del fluido del receptor con el exterior del sistema, en aplicaciones térmicas.

- 31. Conexión eléctrica con el exterior, en caso de generación in situ de electricidad.
- 32. Estructura de apoyo del larguero interior (25) en la plataforma giratoria (15).
- 5 33. Estructura de apoyo del larguero exterior (26) en la plataforma giratoria (15).
- 34. Plano maestro de los espejos, al cual son paralelos todos los largueros de los espejos, y que puede estar inclinado un ángulo (35).
- 35. Ángulo de inclinación de los espejos y el receptor.
- 10 36. Línea de desfase entre las diversas franjas según se van separando de la línea central de simetría (23).
- 37. Mosaico de un espejo.
- 38. Grapa con bisagra y cierre de posición sobre el larguero interior.
- 39. Grapa ligada al larguero exterior.
- 15 40. Palanca de giro y cierre de la grapa (38).
- 41. Pestillo fijo en la estructura (32) para cerrar la grapa (38).
- 42. Bisagra de la grapa (38).
- 43. Bisagra de la grapa (39).
- 44. Pieza de cierre de la grapa (39).
- 20 45. Palanca de giro y cierre de la grapa exterior (39).
- 46. Pestillo fijo en la estructura (33) para cerrar la grapa exterior (39).
- 47. Pieza de asiento de la grapa (39) paralela a la pieza de cierre (44) con la que conforma la pendiente en dicha grapa.
- 48. Punto de incidencia del rayo solar (49) sobre un espejo.
- 25 49. Rayo incidente.
- 50. Ángulo del rayo incidente (49) con la normal al espejo (59) escogido como ángulo de referencia para determinar el desplazamiento de las franjas de espejo hacia el extremo por donde entra el sol.
- 51. Rayo reflejado.

- 52. Proyección en sentido longitudinal del rayo reflejado.
- 53. Ángulo de la proyección (52) con la normal al espejo, que es igual al ángulo (50).
- 54. Componente vertical del rayo incidente.
- 5 55. Proyección en sentido transversal del rayo reflejado.
- 56. Altura de la línea focal sobre nivel del punto de incidencia (48).
- 57. Punto de incidencia del rayo reflejado sobre la línea focal (2).
- 58. Componente longitudinal del rayo reflejado, que corresponde al desplazamiento de esa franja hacia el extremo por donde entra el sol.
- 10 59. Normal al espejo.

MODO PREFERENTE DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

- Para materializar la invención es preciso disponer de la estructura rotatoria subyacente y de la cimentación e infraestructura circular viaria (de las bandas de rodadura correspondientes a cada tren circular de ruedas. Sobre esa base, que
- 15 implica tener dadas como condición de contorno las dimensiones de la plataforma rotatoria, el primer paso es definir la altura a la que va a estar el colector lineal sobre la línea de simetría central. A priori puede interesar tener un mismo foco para todas las franjas de espejos por mor de conseguir los más altos
- 20 factores de concentración alrededor de esa línea focal, pero la invención puede materializarse también definiendo líneas focales distintas para cada franja. El receptor, con la forma que se acomode al fin perseguido, está sustentado por los báculos (20), que a su vez sustentan a las conexiones térmicas (4) o eléctricas (5) según la naturaleza de los paneles que constituyan la aplicación, que pueden
- 25 ser fotovoltaicos, térmicos o híbridos. A su vez, si tienen parte térmica, el fluido calorífero puede ser evacuado a un bloque de potencia exterior al módulo a través de una conexión subterránea (31) partiendo de una junta giratoria en una conducción que ocupe la parte baja del eje virtual de giro (1). Alternativamente, la entalpía del fluido calorífero puede ser empleada para generar electricidad en
- 30 el propio dispositivo mediante un motor Stirling, por ejemplo, acoplado a un alternador. La electricidad así generada, como la producida por los paneles

fotovoltaicos, se evacua por cables subterráneos que han de tener una parte flexible, enrollable hacia un lado, y luego desenrollable al final de la jornada.

- 5 Soluciones estructurales para la plataforma rotatoria hay múltiples, puesto que no reviste exigencias especiales. Téngase en cuenta que los espejos, que son lo más notorio de la sobrecarga de la plataforma, conllevan tan solo una sobrecarga de entre 7 y 15 kg/m², que al final da un peso menor de lo que pesan los perfiles de estructurar la plataforma en su mínima expresión para mantener una rigidez convencional.

10

Los espejos se disponen en franjas paralelas a la línea central de simetría (23), con la estructura de largueros indispensable para que mantengan su forma, que es la parabólica que corresponda para conseguir el enfoque adecuado.

- 15 Las franjas no están todas ubicadas con la misma referencia respecto de la componente longitudinal del problema, tal como puede observarse en la figura 3, que explica los desfases entre franjas. El rayo genérico (49) impacta en el punto del espejo (48) desde el que se refleja hasta el de incidencia definitiva en la línea focal (2) en el punto (57). La componente longitudinal (58) es la que representa
20 dicho desplazamiento, materializado en las líneas (36). Se aprecia la necesidad de un desplazamiento hacia el sol de cada espejo cuanto más alejado esté dicho espejo respecto de la línea central de simetría, siendo dicho desplazamiento el producto de la altura ortogonal (56) de la línea focal (2) del receptor sobre la cota de la línea longitudinal del espejo por la tangente de un
25 ángulo de referencia (50) seleccionado en un margen de ángulos alrededor de un valor central igual a la latitud del lugar de aplicación de la invención menos el ángulo (35) de inclinación de los espejos sobre la horizontal, estando el margen definido desde dicho valor central menos 23 grados sexagesimales hasta dicho valor central más 23 grados sexagesimales.

30

Para dar con precisión las prescripciones de materialización de la invención, es necesario primero cierto análisis geométrico y de resistencia de materiales,

comenzando por identificar los requisitos en la estructura de la plataforma para poder ubicar el conjunto de franjas de espejos.

- Supongamos un perfil de construcción de momento de inercia de la sección recta
 5 I (m^4) y de peso por unidad de longitud W (N/m). Suponiendo los extremos empotrados, la flecha máxima F será

$$F = W \cdot L^4 / (384 \cdot E \cdot I)$$

- Siendo L la longitud entre apoyos y E el módulo de Young, que para un acero de
 10 construcción típicamente vale 220 GPa ($1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ N/m}^2$). Si como criterio constructivo se fija una razón flecha a longitud del perfil sin sobrecarga, F/L , de 0,0002; se llega a que la razón W/I del perfil debe ser igual o menor al valor dado por

$$(W/I) = 1,7 \cdot 10^{10} / L^3$$

15

- Para $L = 4\text{m}$, que es una longitud razonable entre apoyos sobre ruedas, quedaría $W/I = 2,66 \cdot 10^8$ (en unidades SI). Si se utilizan perfiles cuadrados huecos, encontramos que el 40.2 (4 cm de lado y 2 mm de espesor) tiene un peso lineal de 23 N/m y un I de $6,6 \text{ cm}^4$, lo cual da un W/I de $3,5 \cdot 10^8$, lo cual
 20 excede el criterio. Si escogemos el perfil 50.2 (5 cm de lado y 2 mm de espesor) $W=29 \text{ N/m}$ e $I = 13,9 \text{ cm}^4$, lo que lleva a $W/I = 2,08 \cdot 10^8$ lo cual cumple el criterio.

- Si sobrecargamos el perfil con 2m transversales de vidrio (suponiendo una separación entre largueros de la plataforma de 2m) la carga lineal se
 25 incrementaría en 140 N/m, suponiendo vidrios de espejos de 2,8mm de espesor, lo que llevaría a un W total de 170 N/m, y por tanto a una razón F/L casi 6 veces mayor que sin cargar, pero aún así aceptable, de 0,0011. Se aprecia pues que el dispositivo es construible desde el punto de vista estructural.

- 30 La óptica y sus propiedades es el fundamento de la invención, y lo que requiere más uso de la Física y sus ramificaciones, por lo que se pospone hasta el final

de este epígrafe, tras considerar el receptor, que está constituido por paneles o carcasas, según sean fotovoltaicos o térmicos, y que en peso pueden equipararse a cuatro tubos de perfil normalizado 60.3, con 42 N/m cada uno (6cm de diámetro exterior y 3mm de espesor), lo cual puede sustentarse con dos

5 perfiles IPN 120 paralelos, apoyados en báculos cada 10m (IPN 120 $W=111\text{N/m}$ e $I=328\text{ cm}^4$, lo que conduce a $F/L=0,0007$ que es más que aceptable para no perder precisión de enfoque). Los paneles fotovoltaicos ensamblados linealmente, con una anchura transversal de 40 cm o menos, no exceden de los 150 N/m si se fabrican para estar suspendidos de una estructura aparte, como

10 son las vigas cenitales antedichas.

En los espejos se encuentra la mayor dificultad, pues no hay ningún fabricante que comercialice cualquier curvatura; e incluso los espejos que existen con curvaturas casi estandarizadas son muy caros.

15

La opción natural en esta invención es utilizar espejos planos, de anchura L, y combarlos bien por su propio peso, bien por las condiciones de contorno aplicadas a sus extremos; o bien imponerles condiciones intermedias, intercalando puntos de apoyo (que son los largueros de apoyo (27)) cuando las

20 curvaturas naturales sean excesivas y se llegue a peligro de rotura.

Los mosaicos de espejo pueden tener la longitud que se decida, según su manejo, pero deberá ser de 1m o poco más si se desea facilidad de maniobra y que se pueda montar desde debajo de la plataforma, pues eso evita el uso de

25 grúas polares sobre los vidrios, y simplifica y abarata mucho el montaje.

La ecuación de un espejo plano de anchura L, simplemente apoyado en sus extremos, deformado por su propio peso, con origen de coordenadas en el punto central, y mínimo, de su perfil corresponde a

$$y(x) = (5 \cdot W \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I) - (W / 24 \cdot E \cdot I) \cdot (x^4 - x^2 \cdot 3 \cdot L^2 / 2 - 5 \cdot L^4 / 16)$$

30 que está definida ente $-L/2$ y $+L/2$, y que da una flecha por propio peso, F_w

$$F_w = (5 \cdot W \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I)$$

Para espejos delgados, la flecha puede llegar a producir rotura, pues el momento flector es máximo en el centro, y vale

$$M_w = W \cdot L^2 / 8$$

Lo que conduce a una tensión máxima σ que vale

$$5 \quad \sigma = 6 \cdot W \cdot L^2 / 8 \cdot a^2 \cdot b$$

donde a es el espesor y W es la masa del espejo por unidad de anchura, siendo b la longitud (perpendicular a la anchura). Como W es proporcional al valor del coeficiente a , lo cual quiere decir que σ aumenta tal como a disminuye; y a su vez hay que tener en cuenta que el momento de inercia de la sección recta I , es

$$10 \quad I = b \cdot a^3 / 12$$

resulta que la flecha aumenta según disminuye el cuadrado de a .

Como ejemplo, se escoge $b = 1\text{ m}$, $a = 3\text{ mm}$, $I = (27/12) \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$, se tiene $W = 70 \text{ N/m}$, e imponiendo un valor de trabajo de σ , por ejemplo 10 MPa , se tiene una limitación en L , dada por

$$15 \quad L^2 = 720 / 420 = 1,7 \text{ m}^2$$

Lo cual quiere decir que la separación entre largueros intermedios ha de ser menor que $1,3\text{ m}$.

20 Por otra parte, la ecuación de la parábola con distancia h desde el foco al ápice o punto mínimo es

$$y = x^2 / 4 \cdot h$$

lo que para $h = 10$ es

$$y = 0,025x^2$$

25 Una tercera cuestión a tener en cuenta es que si una viga está condicionada por momentos en ambos extremos, M , iguales pero de sentido contrario (uno levógiro y otro dextrógiro), la ecuación correspondiente de su flexión es una parábola de segundo orden, no de cuarto:

$$y(x) = (M \cdot L^2 / 8 \cdot E \cdot I) + (M / 2 \cdot E \cdot I) \cdot (z - L/2) \cdot (z + L/2)$$

Lo cual puede usarse para que una combinación de la deformación por peso propio, más la producida por momentos en el extremo, sea muy parecida a la parábola que se necesita para una reflexión perfecta.

- 5 Téngase en cuenta que la flecha para esta última es la altura en cualquiera de sus extremos, o sea $L^2/16h$, mientras que la flecha de la deformada según su propio peso es la F_w ya dicha

$$F_w = (5 \cdot W \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I)$$

- 10 Si se utilizara un mosaico de espejo de 3mm de espesor, y la longitud $b=1m$, la W según ya dicho 70 N/m, con $L=2$, la flecha sería de 9,2 cm, mientras que la flecha de la parábola de concentración óptica sería de 2,5 cm con $h=10$ m de altura de foco sobre ápice. Habría que bajar a una $h=2,7m$ para igualar las flechas, pero eso es demasiado bajo, y la curvatura de la parábola sería
- 15 excesiva. De hecho, para este caso se había determinado que la L máxima entre apoyos era de 1,3m; y por tanto un mosaico de 2m sería excesivo. Por descontado, se pueden ubicar largueros intermedios de apoyo, pero el problema con el mosaico se presenta durante la manipulación y montaje, que es cuando se puede romper. No obstante, téngase en cuenta que esa restricción afecta a la
- 20 anchura total del mosaico, y el primero de éstos que se ubique sobre la plataforma giratoria no se pondrá simétrico respecto del plano central vertical de simetría, sino que irá todo el mosaico a un lado, aunque con pendiente nula en su grapa interior o central.
- 25 En definitiva, las condiciones a satisfacer por ese primer mosaico de un lado, que servirán de guía para el resto, es que su espesor no debe ser tan pequeño como para que rompa, según la anchura L que tenga, ni puede ser tan grueso que no combe lo suficiente para tener, como poco, la misma flecha que la parábola de enfoque óptico. Respecto de esto último, igualando flechas se
- 30 obtiene que el espesor " a " ha de ser menor que el siguiente valor superior límite " $\hat{a}$ " que determinamos a partir de la tensión máxima admisible en el espejo, σ_M (en Pascales). Todas las unidades van en el sistema SI, y el peso lineal de un

mosaico de 1 metro de longitud ($b=1$) corresponde al producto del espesor "a" por el peso específico, γ

$$W=\gamma \cdot a$$

Que para el ejemplo que se estaba exponiendo queda $W=23,33 \cdot 10^3 \cdot a$.

5

Así pues de la exigencia de no traspasar el valor σ_M

$$\sigma = 6 \cdot W \cdot L^2 / 8 \cdot a^2 \cdot b = 6 \cdot \gamma \cdot a \cdot L^2 / 8 \cdot a^2 \cdot b < \sigma_M$$

conduce a

$$a > 6 \cdot \gamma \cdot L^2 / 8 \cdot \sigma_M$$

10 que para el ejemplo anterior queda

$$a > \ddot{a} = 17,5 \cdot 10^3 \cdot L^2 / \sigma_M$$

Este es el valor mínimo que ha de tener el espesor del mosaico de espejo. El máximo será tal que la flecha por su propio peso exceda de la flecha que tiene la parábola de enfoque, es decir

15

$$(5 \cdot \gamma \cdot a \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I) > L^2 / (4 \cdot 4 \cdot h)$$

De lo cual se obtiene

$$a < \hat{a} = L \cdot (5 \cdot \gamma \cdot h / 2 \cdot E)^{1/2}$$

20 Ahora bien, en el criterio de la tensión, L es la anchura total del mosaico, pues se aplica a cualquier momento de la manipulación durante el montaje, mientras que en su situación de enfoque, una vez instalado, la longitud L será la anchura de la primera franja de espejo por ese lado, y por tanto para el criterio de las flechas, éstas se tendrán que calcular teniendo en cuenta que la L verdadera es en ese caso el doble de L. Ello lleva a

25

$$a < \hat{a} = L \cdot (10 \cdot \gamma \cdot h / E)^{1/2}$$

o equivalentemente

$$h > 0,1 \cdot (E/\gamma) \cdot (a/L)^2$$

Así pues, la materialización del conjunto de espejos, si estos tienen un peso específico de γ (N/m³) y tienen un módulo de Young E y soportan como límite una tensión σ_M , se hará:

- Usando un espejo de espesor contenido entre un valor máximo $\hat{a}$ que, en
5 función de la anchura del mosaico L y la altura del foco sobre el ápice de la parábola, h, vale
 - $\hat{a} = L \cdot (10 \cdot \gamma \cdot h / E)^{1/2}$ y un valor mínimo $\hat{a}$ que vale
 - $\hat{a} = 6 \cdot \gamma \cdot L^2 / 8 \cdot \sigma_M$
- Poniendo grapas en el extremo interior y en el extremo exterior, que tengan
10 la cota que corresponde a la parábola óptica de enfoque en ese punto, y que además tengan la misma pendiente que la parábola óptica en su punto correspondiente, lo cual para el primer mosaico por la derecha (el de la izquierda es simétrico) vale:
 - Grapa interior con cota= 0 y pendiente = 0 (horizontal)
 - 15 ○ Grapa exterior con cota = $L^2/4 \cdot h$, siendo h la a altura del foco sobre el ápice o mínimo de la parábola de enfoque, y pendiente = $L/2 \cdot h$
- E intercalando largueros de apoyo simple paralelos entre sí y con los largueros interior y exterior, poniendo un número N de largueros de apoyo según la precisión de enfoque que se desee, estando
20 uniformemente distribuidos entre el larguero interior y el exterior, de tal forma que para el larguero de apoyo que hace el número "n" en esa serie, su
 - abscisa A(n) corresponde a $A(n) = n \cdot L / (N+1)$
 - y su ordenada o cota sobre el ápice de la parábola, C(n) es igual a
25 $C(n) = A(n)^2 / 4 \cdot h$

La segunda franja de espejo o mosaico comienza su función concentradora a partir del rayo (21) y para esta segunda franja se cambia el valor de la distancia del foco al ápice de esa segunda parábola, cuyo ápice y tramo central de la
30 parábola propiamente dichos no existen, pues ese tramo comienza en L_1 que es muy ligeramente superior a L, para acomodar bien el larguero exterior del primer tramo, y el larguero interior del segundo tramo, por lo cual se puede escribir aproximadamente que $L_1 = L$, y se extiende el tramo hasta L_2 ; por lo cual la

diferencia Δy_{12} de cotas entre los puntos de abscisas L_1 y L_2 en la línea deformada según su masa es

$$\Delta y_{12} = (5 \cdot \gamma \cdot a) / (384 \cdot E \cdot I) \cdot (L_2^4 - L_1^4) = (5 \cdot \gamma \cdot a) / (384 \cdot E \cdot I) \cdot (L_2^2 - L_1^2) \cdot (L_2^2 + L_1^2)$$

- 5 Mientras que esa misma diferencia de cotas en la parábola de enfoque es

$$\Delta y_{12} = (1/16 \cdot h_2) \cdot (L_2^2 - L_1^2)$$

Por lo cual, para conservar un cociente constante entre la parábola debida al peso y la de enfoque, de un tramo a otro, se ha de hacer constante la relación representada por

10 $(L_2^2 + L_1^2) / h_2$

Por lo que en general, para el espejo número n , su altura h_n de foco a ápice es

$$h_n = h \cdot (L_n^2 + L_{n-1}^2) / L^2$$

teniendo todas las sucesivas parábolas el foco en el mismo punto.

- 15 Con estas prescripciones se consigue un concentrador de radiación de gran intensidad, si bien cabe una variante en la invención, que es identificar no una sola línea focal, sino varias en paralelo, para obtener una huella de radiación concentrada más ancha y de menor intensidad, lo cual puede ser muy útil en algunas aplicaciones, bien sean termosolares o fotovoltaicas.

20

- Para efectuar el montaje de cada franja (17) de espejos se montan en primer lugar, firmemente sobre la plataforma, los largueros interior (25) y exterior (26), que llevarán sus correspondientes grapas (38 y 39) en posiciones cercanas a las esquinas de cada mosaico de espejo (37); e igualmente se ubicará el o los
- 25 largueros intermedios o de apoyo (27). Desde debajo de la plataforma se van montando los mosaicos, entrándolos primero en las grapas interiores (38), que aún estarán de giro libre sobre su bisagra correspondiente (42), y luego en las exteriores (39), tras lo cual en cada extremo se fuerzan a la vez las grapas para que queden firmes en sus cerrojos (40 con 41 en la interior; 45 con 46 en la
- 30 exterior), con lo que se consigue que el espejo inicialmente plano se deforme de manera prácticamente exacta a la parábola de enfoque que le corresponde,

quedando solidario a la plataforma rotatoria (15) a través de las piezas estructurales (32,33).

Una propiedad importante de las parábolas de tipo

5 $y = x^2/4 \cdot h$

es que la pendiente en uno cualquiera de sus puntos, y particularmente en los puntos extremos de la anchura de una franja de espejos, coincide con la recta que pasa por dicho punto y que tiene ordenada 0 (en el sistema de coordenadas centrado en el ápice de esa parábola) para una abscisa que es justo la mitad de la abscisa del punto, lo cual tiene un aprovechamiento geométrico elemental para la invención, dado que cualquier grapa para aferrar un mosaico de espejo, se puede apoyar sobre el extremo exterior de un travesero o cuaderna (47) que sea la hipotenusa de un triángulo cuyo cateto horizontal vaya desde la mitad de la abscisa del punto medio de la grapa hasta la abscisa de dicho punto medio de la grapa, y su cateto vertical sea precisamente el que suba desde el nivel 0 marcado por la ordenada del ápice de la parábola hasta la ordenada de dicho punto.

Téngase en cuenta que para una parábola tipo

20 $y = x^2/(4 \cdot h)$

la pendiente es

$$y' = x/(2 \cdot h)$$

y la recta tangente a la parábola en el punto x_0, y_0 es

$$y - y_0 = x_0/(2 \cdot h) \cdot (x - x_0)$$

25 que a su vez hay que simplificar con la relación

$$y_0 = x_0^2/(4 \cdot h)$$

lo cual conduce a

$$y - x_0^2/(4 \cdot h) = x \cdot x_0/(2 \cdot h) - x_0^2/(2 \cdot h)$$

$$y = x \cdot x_0/(2 \cdot h) - x_0^2/(4 \cdot h)$$

30 Y cuando $y=0$ en esta recta, se cumple

$$2x \cdot x_0 / (4 \cdot h) = x_0^2 / (2 \cdot h)$$

De donde resulta que la tangente corta al eje de las x en

$$x = x_0 / 2$$

- 5 Adicionalmente es importante determinar con precisión que longitud de arco, o anchura original del espejo plano, tiene una parábola con una altura dada, h, de foco sobre ápice, y que abarca desde la abscisa L_1 hasta la L_2 , para lo cual basta con calcular la longitud del arco desde el ápice hasta un punto genérico (x,y) de la parábola, porque cualquier longitud de arco se resuelve como resta, o
- 10 suma (si son de lados opuestos) de la longitud generalizada que se calcula desde (0,0) hasta (x,y), lo cual se expresa a partir de una abscisa normalizada, u,

$$u = x / (2 \cdot h)$$

a partir de la cual se define el parámetro

$$15 \quad t = u + (1 + u^2)^{1/2}$$

con lo que la longitud del arco de parábola A desde (0,0) a (x,y) es

$$A = (h/4)(t^2 - t^{-2} + 4 \cdot \ln(t))$$

- 20 Para parábolas muy tendidas es imprescindible usar muchos decimales en el cálculo, pues los errores de redondeo pueden falsear el resultado. Por ejemplo, para h=10, y abscisa x=2, la longitud es 2,0025 m, que es muy poco mayor (prácticamente igual) que la hipotenusa del rectángulo desde (0,0) hasta (2, 0,1) que es el punto de fin del arco. Sin embargo, si h=4, la hipotenusa da 2,016 desde (0,0) hasta (2,0,25) y el arco de la parábola A=2,021.

25

Todos las franjas (17) y los receptores pueden montarse con un ángulo de inclinación (35) sin variar las prescripciones, salvo que la altura h se mide en perpendicular a la superficie de espejos y línea focal inclinadas.

Una vez descrita de forma clara la invención, se hace constar que las realizaciones particulares anteriormente descritas son susceptibles de modificaciones de detalle siempre que no alteren el principio fundamental y la esencia de la invención.

REIVINDICACIONES

- 1 –**Dispositivo rotatorio horizontal de concentración de la radiación solar**, consistente en una plataforma horizontal, giratoria alrededor de un eje virtual vertical, sobre la que descansa una pluralidad de espejos longitudinales de
- 5 sección recta transversal parabólica, tendidos horizontalmente y paralelos entre sí, con una configuración simétrica respecto de un plano vertical que contiene al eje vertical virtual, y que constituye el plano que guía la orientación del dispositivo respecto al sol, siendo el criterio de enfoque que el sol, como disco puntual visto desde la Tierra, se halle en el plano de simetría del dispositivo;
- 10 contando además el dispositivo con un receptor longitudinal de radiación, ubicado en altura sobre la plataforma mediante unos báculos o unos pórticos que son solidarios a dicha plataforma, estando la línea central del receptor contenida en el plano vertical de simetría del campo de espejos que descansa sobre la plataforma, **caracterizado** por que los espejos están hechos de una
- 15 sucesión de mosaicos de espejo dispuestos en sentido longitudinal, que se mantienen solidarios respecto de la plataforma rotativa porque cada mosaico está sostenido firme en su posición por cuatro grapas, ubicadas en los laterales del mosaico, cada una cerca de una esquina del mosaico, habiendo dos grapas de un mosaico que están aferradas a un larguero longitudinal interior y estando
- 20 las otras dos grapas aferradas a un larguero longitudinal exterior, estando dichos largueros sujetos a la estructura de la plataforma rotatoria y soportados por ella, existiendo dos largueros por cada fila o franja de espejo, aunque los largueros adyacentes de filas vecinas se pueden ensamblar entre sí formando una jácena longitudinal; teniendo cada grapa de sujeción una ubicación espacial concreta
- 25 que coincide con un punto de un perfil parabólico virtual de enfoque, teniendo la grapa en cuestión una inclinación en ese punto que coincide con la recta tangente a dicho perfil en dicho punto, y teniendo dicho perfil parabólico su foco en el punto seleccionado como foco para todo el conjunto de parábolas virtuales de las cuales se extraen los perfiles de los mosaicos de espejo, para lo cual la
- 30 distancia del foco, que es siempre el mismo, al mínimo de cada parábola es la cuarta parte del inverso del coeficiente de proporcionalidad que multiplica al cuadrado de la abscisa de dicha parábola virtual de enfoque para obtener la ordenada correspondiente.

2 – **Dispositivo rotatorio horizontal de concentración de la radiación solar**, según la reivindicación primera, **caracterizado** por que los mosaicos de espejo usados en el dispositivo están fabricados originalmente como planos, y el
5 dispositivo contiene dos parejas de grapas para cada mosaico que aferran a cada mosaico por cada lado, lo cual crea un momento en cada grapa y en la porción de mosaico atenazada por la grapa, haciéndola girar un pequeño ángulo respecto de la pendiente plana natural del espejo original, lo cual origina una deformación parabólica, donde el coeficiente de proporcionalidad entre la
10 posición del punto a lo largo de la parábola, o abscisa, al cuadrado, y su deformación vertical, sea un coeficiente que es la mitad del valor del momento flector de los extremos, dividido por el producto del módulo de Young del material del espejo multiplicado por el momento de inercia de la sección recta del espejo; y los mosaicos se presentan planos sobre las cuatro grapas cuando
15 éstas giran libremente sobre las bisagras que las unen al larguero correspondiente, y dichas grapas se fuerzan y se cierran, con lo que el mosaico en cuestión queda firmemente sujeto con un perfil parabólico que pasa por los puntos medios de cada grapa, y además en ellos adquiere la pendiente que coincide con dicho perfil parabólico.

20

3 – **Dispositivo rotatorio horizontal de concentración de la radiación solar**, según reivindicaciones primera o segunda, **caracterizado** por que los espejos se montan con cierta inclinación, aumentado progresivamente la altura de los espejos sobre el horizonte local a medida que el punto del espejo se aleja del
25 extremo por donde entra la radiación solar.

4 – **Dispositivo rotatorio horizontal de concentración de la radiación solar**, según cualquiera de las reivindicaciones primera, segunda o tercera, **caracterizado** por que las franjas de espejos, a medida que se separan de la
30 línea central de simetría, se han de ir acortando por el extremo contrario al que entra la radiación solar, y en igual medida se han de ir alargando por el extremo por el que reciben la radiación solar, lo cual se mide como un desplazamiento hacia el sol de cada espejo cuanto más alejado esté dicho espejo respecto de la

línea central de simetría, siendo dicho desplazamiento el producto de la altura ortogonal (56) de la línea focal (2) del receptor sobre la cota de la línea longitudinal del espejo por la tangente de un ángulo de referencia (50) seleccionado en un margen de ángulos alrededor de un valor central igual a la latitud del lugar de aplicación de la invención menos el ángulo (35) de inclinación de los espejos sobre la horizontal, estando el margen definido desde dicho valor central menos 23 grados sexagesimales hasta dicho valor central más 23 grados sexagesimales.

10 5 – **Dispositivo rotatorio horizontal de concentración de la radiación solar**, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la materialización del conjunto de espejos, si estos tienen un peso específico de γ y tienen un módulo de Young E y soportan como límite una tensión σ_M , se hace:

15 - usando un espejo de espesor contenido entre un valor máximo $\hat{a}$ que, en función de la anchura del mosaico L y la altura del foco sobre el ápice de la parábola, h, vale

$$\circ \hat{a} = L \cdot (10 \cdot \gamma \cdot h / E)^{1/2} \text{ y un valor mínimo } \hat{a} \text{ que vale}$$

$$\circ \hat{a} = 6 \cdot \gamma \cdot L^2 / 8 \cdot \sigma_M$$

20 - poniendo grapas en el extremo interior y en el extremo exterior, que tengan la cota que corresponde a la parábola óptica de enfoque en ese punto, y que además tengan la misma pendiente que la parábola óptica en su punto correspondiente, lo cual para el primer mosaico por la derecha (el de la izquierda es simétrico) vale:

25 -grapa interior con cota= 0 y pendiente = 0 (horizontal)
-grapa exterior con cota = $L^2/4 \cdot h$, siendo h la altura del foco sobre el ápice o mínimo de la parábola de enfoque, y pendiente = $L/2 \cdot h$;

30 e intercalando largueros de apoyo simple paralelos entre sí y con los largueros interior y exterior, poniendo un número N de largueros de apoyo según la precisión de enfoque que se desee, estando uniformemente distribuidos entre el larguero interior y el exterior, de tal forma que para el larguero de apoyo que hace el número "n" en esa serie, su

- abscisa A(n) corresponde a $A(n) = n \cdot L / (N+1)$

- y su ordenada o cota sobre el ápice de la parábola, $C(n)$ es igual a $C(n)=A(n)^2/4\cdot h$

y en la segunda y sucesivas franjas de espejo se cambia el valor de la distancia del foco al ápice de la correspondiente parábola, cuyo ápice y tramo central de la

- 5 parábola propiamente dichos no existen, pues la segunda franja comienza en L_1 que es muy ligeramente superior a L , para acomodar bien el larguero exterior del primer tramo, y el larguero interior del segundo tramo, por lo cual se puede escribir que $L_1=L$, y se extiende dicha segunda franja hasta L_2 ; y así sucesivamente, y para la franja de espejo número n , su altura h_n de foco a ápice
- 10 es

$$h_n = h \cdot (L_n^2 + L_{n-1}^2) / L^2$$

teniendo todas las sucesivas parábolas el foco en el mismo punto, y viniendo referidas todas las unidades físicas al sistema internacional SI.

- 15 **6 – Dispositivo rotatorio horizontal de concentración de la radiación solar,** según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que cualquier grapa para aferrar un mosaico de espejo, se puede apoyar sobre el extremo exterior de un travesero o cuaderna que sea la hipotenusa de un triángulo cuyo cateto horizontal vaya desde la mitad de la abscisa del punto
- 20 medio de la grapa hasta la abscisa de dicho punto medio de la grapa, y su cateto vertical sea precisamente el que suba desde el nivel 0 marcado por la ordenada del ápice de la parábola hasta la ordenada de dicho punto.

- 7 – Dispositivo rotatorio horizontal de concentración de la radiación solar,**
- 25 según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que en vez de tener todas las parábolas el mismo foco, se eligen líneas focales paralelas pero no coincidentes.

DIBUJOS

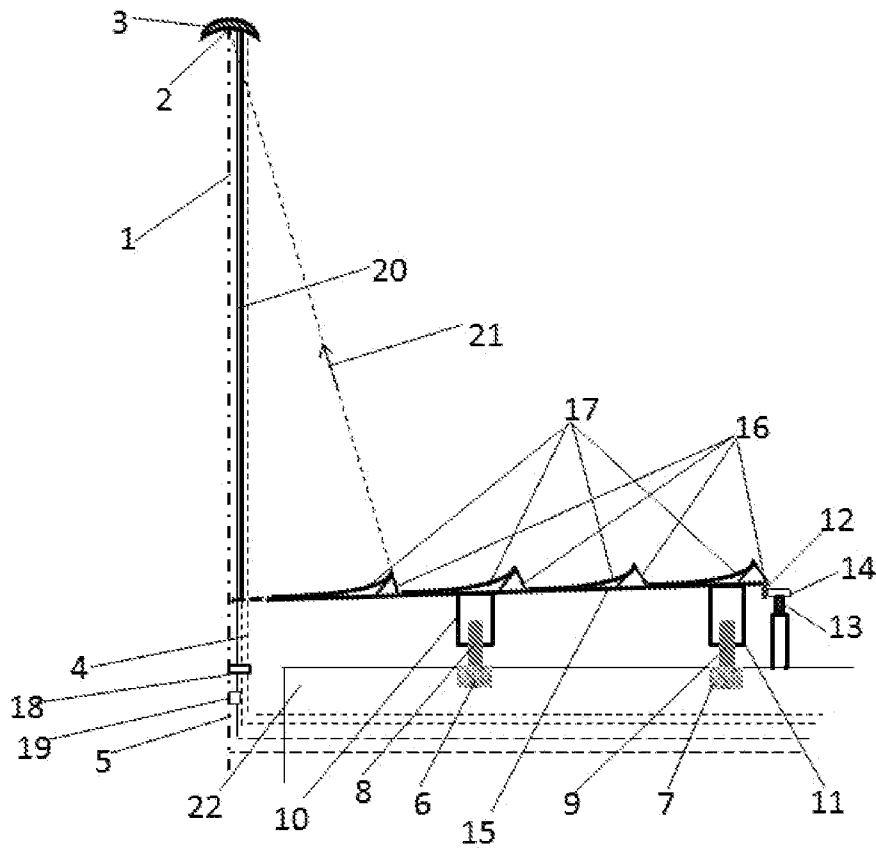


Figura 1

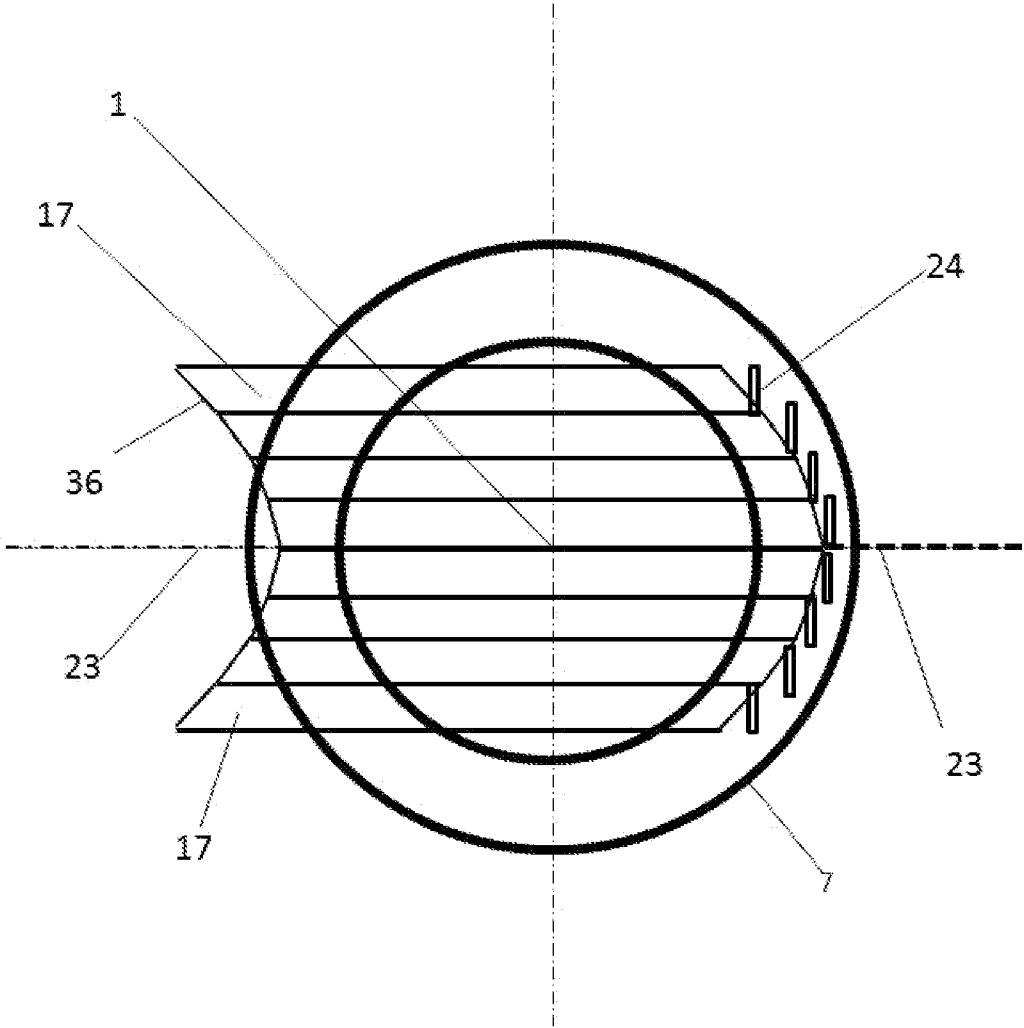


Figura 2

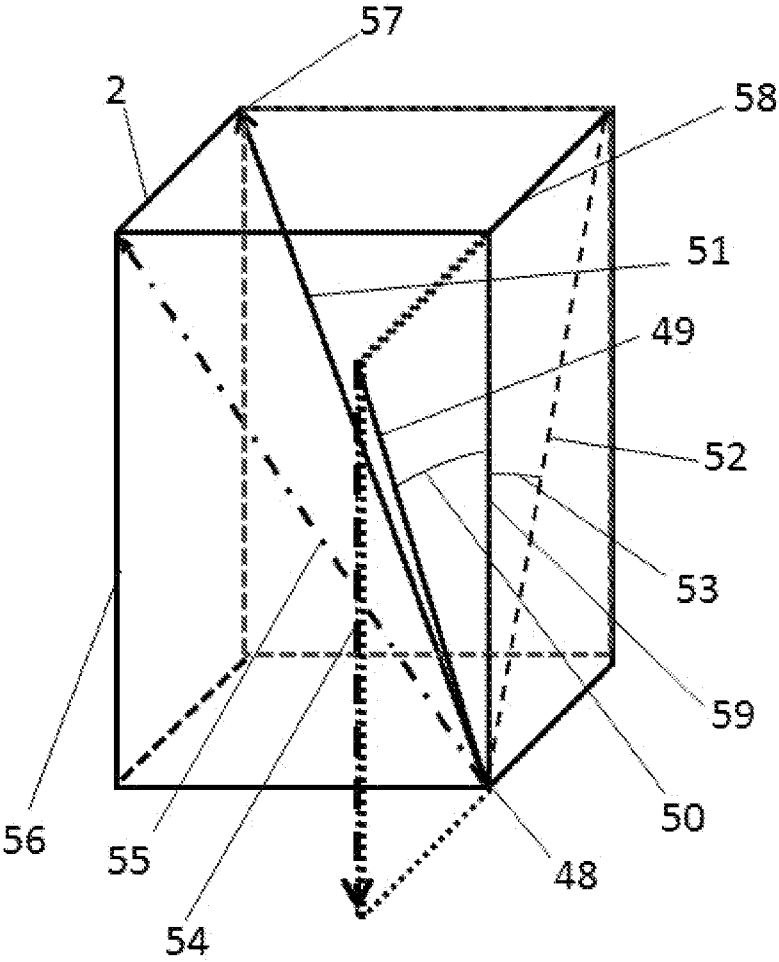


Figura 3

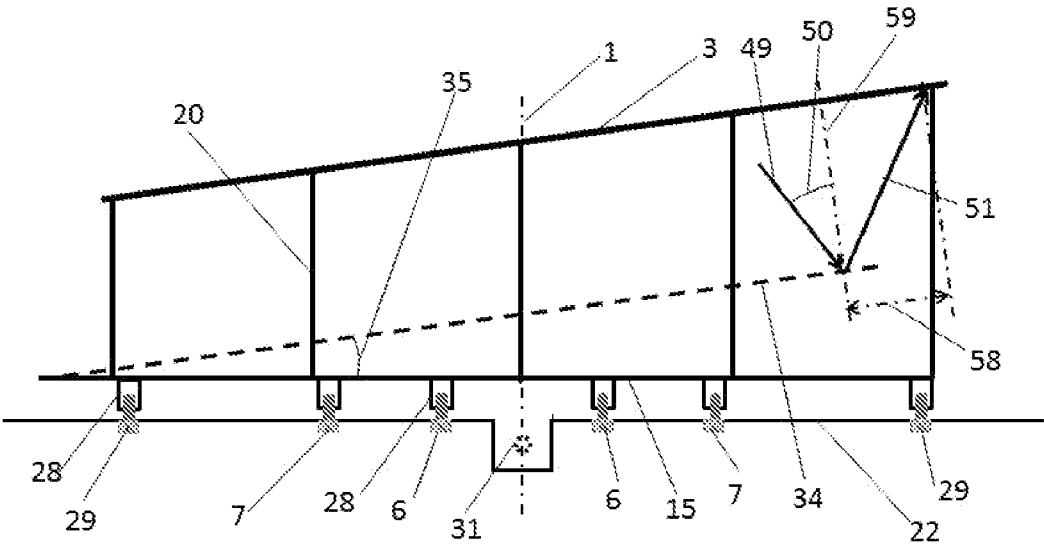


Figura 4

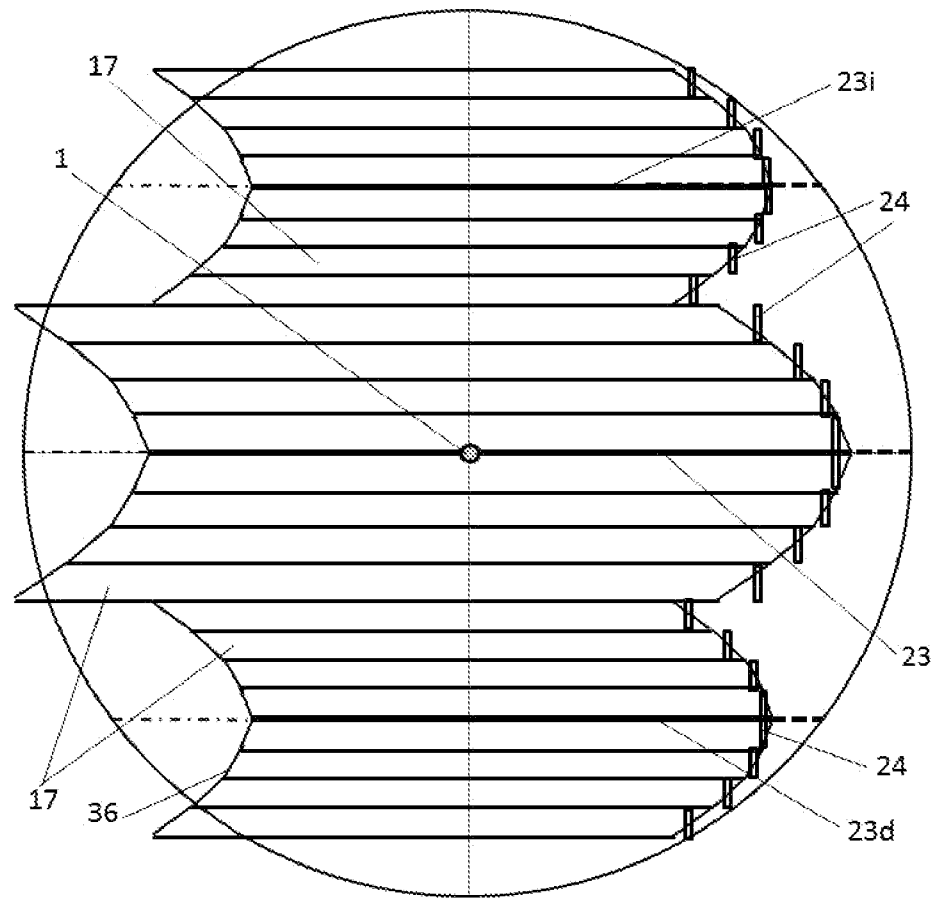


Figura 5

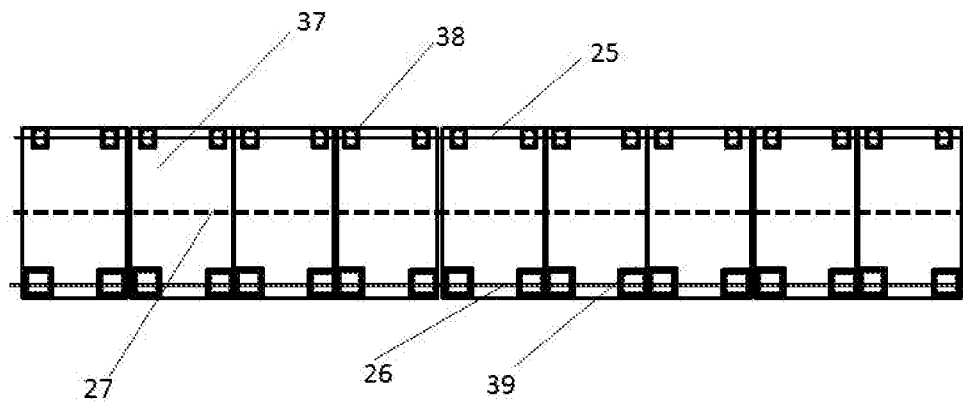


Figura 6

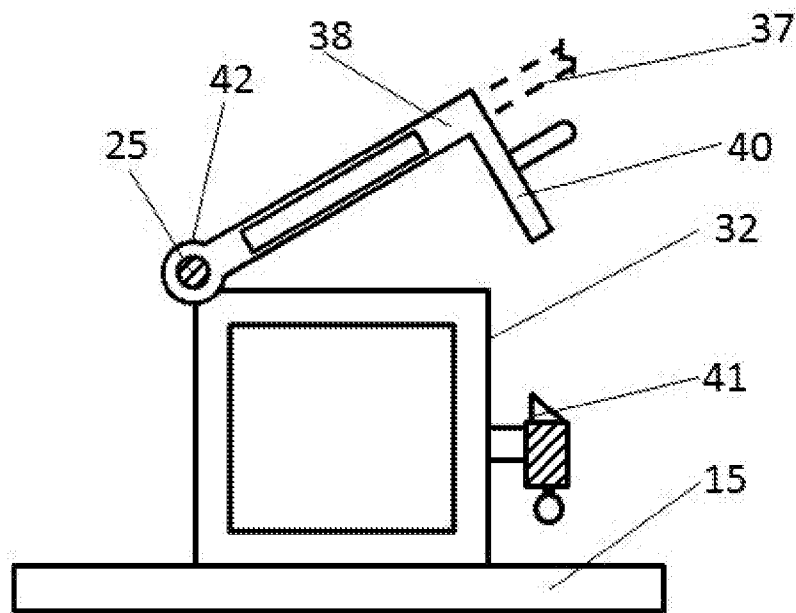


Figura 7 a

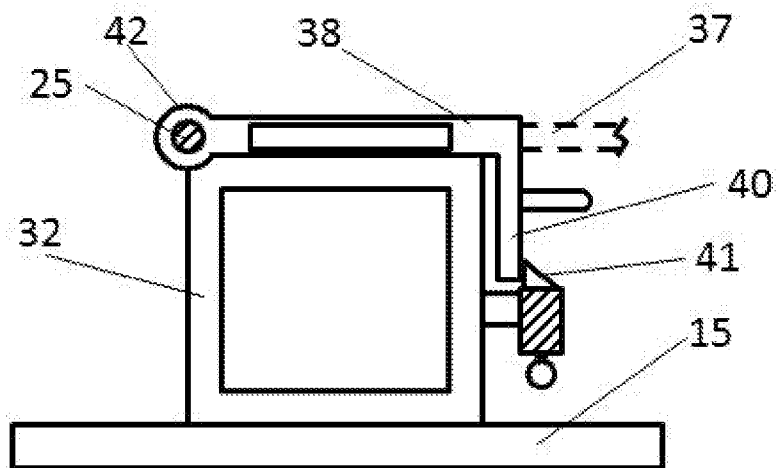


Figura 7 b

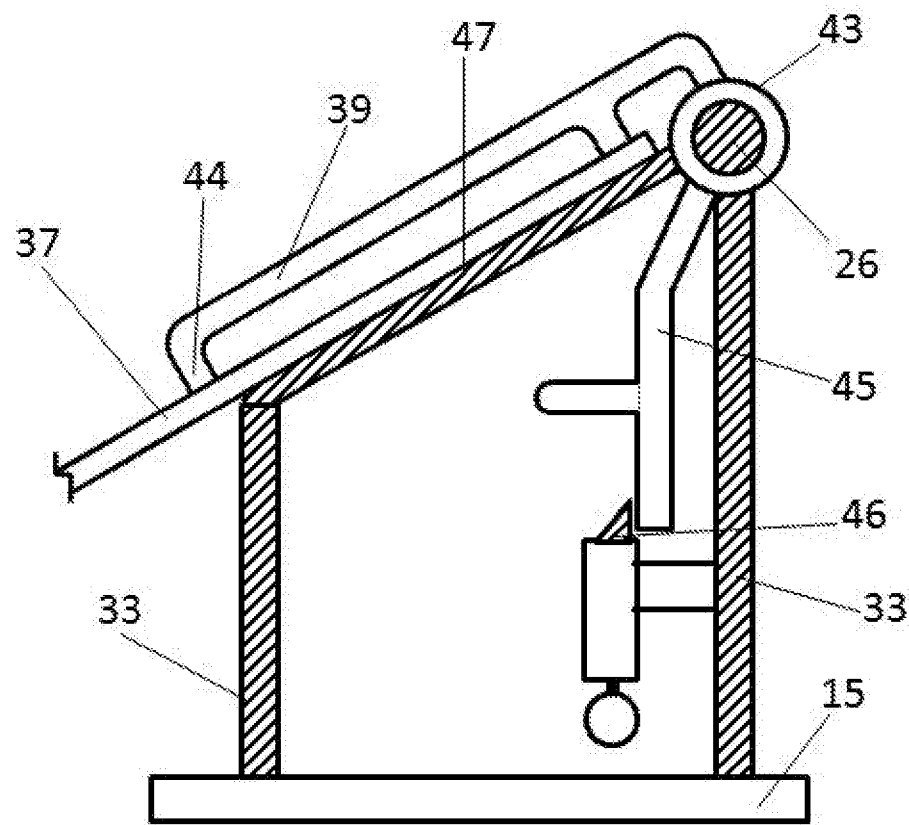


Figura 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2016/070156

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F24J2/I2 (2006.01)

G02B7/I83 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F24J, G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010218807 A1 (ARBORE MARK A ET AL.) 02/09/2010, paragraphs [0033]-[0087]; figures.	1,3,4
A	US 2005225885 A1 (WRIGHT GREG J) 13/10/2005, paragraphs [0009], [0010], [0022]-[0036], [0051]; figures 1, 2, 8.	1,2,5,6
A	US 2013100548 A1 (ANGELINI JOSEPH A) 25/04/2013, paragraphs [0064], [0065]; figures 10, 11.	1,2,5,6
A	CN 102607196 A (BIN HE) 25/07/2012, figures & Abstract from DataBase EPODOC. Retrieved of Epoque; Accession Number: CN-102607196-A.	1,2,5,6
A	EP 2354715 A1 (UNI JAUME I) 10/08/2011, paragraphs [0020]-[0040]; figures.	1,7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19/04/2016

Date of mailing of the international search report
(20/04/2016)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
D. Hermida Cibeira

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3493026

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2016/070156

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102798968 A (USTC UNIV SCIENCE TECH CN) 28/11/2012, figures & Abstract from DataBase EPODOC. Retrieved from Epoque; Accession Number: CN-102798968-A.	1,7
A	US 2010132695 A1 (HINDERLING THOMAS ET AL.) 03/06/2010, the whole document.	1
A	ES 2449167 A1 (UNIV MADRID POLITECNICA ET AL.) 18/03/2014, the whole document.	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2016/070156

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US2010218807 A1	02.09.2010	CN102484159 A WO2010099236 A1 EP2401771 A1	30.05.2012 02.09.2010 04.01.2012
-----	-----	-----	-----
US2005225885 A1	13.10.2005	US2009251811 A1 US2003210483 A1 US7553035 B2	08.10.2009 13.11.2003 30.06.2009
-----	-----	-----	-----
US2013100548 A1	25.04.2013	US9310533 B2	12.04.2016
-----	-----	-----	-----
CN102607196 A	25.07.2012	CN102607196B B	05.11.2014
-----	-----	-----	-----
EP2354715 A1	10.08.2011	NONE	
-----	-----	-----	-----
CN102798968 A	28.11.2012	NONE	
-----	-----	-----	-----
US2010132695 A1	03.06.2010	TN2009000368 A1 BRPI0808546 A2 ES2429216T T3 EA200970830 A1 US7891351 B2 KR20100014933 A CN101668997 A US2010059046 A1 US8056554 B2 US2010037887 A1 AU2008269447 A1 WO2009001225 A2 WO2009001225 A3 EP2137470 A2 EP2137470 B1	31.12.2010 16.09.2014 13.11.2013 30.04.2010 22.02.2011 11.02.2010 10.03.2010 11.03.2010 15.11.2011 18.02.2010 31.12.2008 31.12.2008 06.08.2009 30.12.2009 08.05.2013
-----	-----	-----	-----
ES2449167 A1	18.03.2014	NONE	
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2016/070156

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

F24J2/12 (2006.01)

G02B7/183 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

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

F24J, G02B

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 2010218807 A1 (ARBORE MARK A ET AL.) 02/09/2010, párrafos [0033]-[0087]; figuras.	1,3,4
A	US 2005225885 A1 (WRIGHT GREG J) 13/10/2005, párrafos [0009], [0010], [0022]-[0036], [0051]; figuras 1, 2, 8.	1,2,5,6
A	US 2013100548 A1 (ANGELINI JOSEPH A) 25/04/2013, párrafos [0064], [0065]; figuras 10, 11.	1,2,5,6
A	CN 102607196 A (BIN HE) 25/07/2012, figuras & Resumen de la base de datos EPODOC. Recuperado de Epoque; Número de Acceso: CN-102607196-A.	1,2,5,6
A	EP 2354715 A1 (UNI JAUME I) 10/08/2011, párrafos [0020]-[0040]; figuras.	1,7

☒ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
19/04/2016

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
20 de abril de 2016 (20/04/2016)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
D. Hermida Cibeira
Nº de teléfono 91 3493026

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°

PCT/ES2016/070156

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
A	CN 102798968 A (USTC UNIV SCIENCE TECH CN) 28/11/2012, figuras & Resumen de la base de datos EPODOC. Recuperado de Epoque; Número de Acceso: CN-102798968-A.	1,7
A	US 2010132695 A1 (HINDERLING THOMAS ET AL.) 03/06/2010, todo el documento.	1
A	ES 2449167 A1 (UNIV MADRID POLITECNICA ET AL.) 18/03/2014, todo el documento.	1

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2016/070156

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US2010218807 A1	02.09.2010	CN102484159 A WO2010099236 A1 EP2401771 A1	30.05.2012 02.09.2010 04.01.2012
US2005225885 A1	13.10.2005	US2009251811 A1 US2003210483 A1 US7553035 B2	08.10.2009 13.11.2003 30.06.2009
US2013100548 A1	25.04.2013	US9310533 B2	12.04.2016
CN102607196 A	25.07.2012	CN102607196B B	05.11.2014
EP2354715 A1	10.08.2011	NINGUNO	
CN102798968 A	28.11.2012	NINGUNO	
US2010132695 A1	03.06.2010	TN2009000368 A1 BRPI0808546 A2 ES2429216T T3 EA200970830 A1 US7891351 B2 KR20100014933 A CN101668997 A US2010059046 A1 US8056554 B2 US2010037887 A1 AU2008269447 A1 WO2009001225 A2 WO2009001225 A3 EP2137470 A2 EP2137470 B1	31.12.2010 16.09.2014 13.11.2013 30.04.2010 22.02.2011 11.02.2010 10.03.2010 11.03.2010 15.11.2011 18.02.2010 31.12.2008 31.12.2008 06.08.2009 30.12.2009 08.05.2013
ES2449167 A1	18.03.2014	NINGUNO	