

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 542 230**

51 Int. Cl.:

F24J 2/52 (2006.01)

F16B 43/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2010 E 10382156 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015 EP 2390598**

54 Título: **Sistema y procedimiento de unión articulada de elementos reflectores solares a estructuras de soporte**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.08.2015

73 Titular/es:

RIOGLASS SOLAR, S.A. (100.0%)
Polígono Industrial de Sovilla, 4
33612 Santa Cruz de Mieres - Asturias, ES

72 Inventor/es:

UBACH CARTATEGUI, JOSEP y
GARCIA-CONDE NORIEGA, IGNACIO

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 542 230 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

Sistema y procedimiento de unión articulada de elementos reflectores solares a estructuras de soporte

Campo técnico de la Invención

5 La presente invención se refiere a un sistema de unión articulada de elementos reflectores solares a estructuras de soporte. Este sistema garantiza por un lado la inmovilidad espacial y temporal (continuidad y permanencia) durante la vida del elemento reflector frente a las fuerzas que actúan sobre el sistema, y al mismo tiempo, garantiza durante los procesos de fijación y anclaje de los elementos reflectores a la estructura de soporte, un equilibrio elástico temporal que minimiza los esfuerzos sobre el elemento reflector manteniéndolo en su posición relajada de equilibrio y por tanto conservando sus propiedades ópticas de concentración.

10 Este sistema de unión articulada es de aplicación a la unión de elementos reflectores a estructuras de soporte dentro del ámbito de la generación de energía eléctrica por concentración de la radiación solar.

Antecedentes de la Invención

15 La tecnología en la que se enmarca la presente invención, conocida como tecnología termosolar de concentración, permite, gracias a las elevadas temperaturas obtenidas al concentrar la radiación solar, la obtención de vapor o aire calientes que se emplearán para la generación de electricidad siguiendo procesos convencionales.

De entre las diferentes variantes para generar electricidad por concentración de la radiación solar, la utilización del elemento de fijación objeto de la presente invención resulta especialmente ventajosa para la tecnología cilindro-parabólica (CCP).

20 En el contexto de esta invención, se denomina geometría tipo cilíndrico a aquella superficie que está formada por rectas paralelas y cuya intersección en cualquier punto de la superficie con un plano perpendicular a las mismas determina una curva constante. En el caso particular en que la citada sección defina una curva sustancialmente parabólica, diremos que tiene una geometría cilindro-parabólica.

25 La tecnología CCP utiliza colectores que captan la radiación solar mediante una serie de reflectores de sección cilindro-parabólica que concentran los rayos solares sobre un tubo receptor situado en la línea focal de los reflectores. A través de este tubo fluye el fluido de trabajo mientras se calienta, hasta finalmente transferir su calor a una caldera o un sistema de acumulación de potencia. Ambos, reflector y tubo receptor (también llamado tubo absorbedor), van montados sobre una estructura metálica que aporta rigidez al sistema, y permite realizar el movimiento de seguimiento del sol alrededor de un eje de giro para optimizar la radiación incidente. Al conjunto formado por reflectores, tubo absorbedor, estructura de soporte y sistema de seguimiento se le conoce como
30 colector solar.

Los reflectores empleados en la captación de la radiación, deben presentar una alta precisión geométrica de concentración en su fabricación, la cual viene definida por la característica intrínseca del reflector denominada factor de interceptación. El factor de interceptación se define como la relación existente entre la energía que el reflector es capaz de reflejar sobre el tubo absorbedor y el total de energía que incide sobre el reflector, expresada en términos
35 porcentuales.

Un colector de una central de concentración solar es un sistema de precisión, donde la estructura sobre la que se monta el sistema de captación debe presentar una exactitud de posicionado suficiente para que, al realizar el montaje de reflectores y tubo absorbedor, la posición relativa entre ellos sea lo más próxima posible a la teórica, y por tanto, se mantenga el factor de interceptación con el que ha sido fabricado el reflector.

40 Sin embargo, la disposición y fijación de los reflectores sobre la estructura de soporte, no garantizan que el porcentaje de radiación solar reflejada sobre el tubo absorbedor sea el definido por el factor de interceptación del reflector, sino que se asume una pérdida de interceptación inevitable una vez finalizado el proceso de montaje. Dicha pérdida de interceptación será más o menos importante dependiendo de la precisión de fabricación y montaje de la estructura metálica, de la calidad de la superficie del reflector y de la calidad de la unión entre reflector y
45 estructura. Esto obliga a procesos de fabricación y ensamblado de la estructura metálica de elevado coste, que garanticen una precisión mínima, y aún así, sigue siendo inevitable la pérdida de interceptación. Del mismo modo, la unión entre reflector y estructura se convierte en un parámetro crítico en el proceso de fabricación del reflector, exigiendo precisiones de montaje tan elevadas que rozan los límites de lo técnicamente factible y requieren costosos controles de calidad.

50 El componente funcional para la captación de la radiación solar en la generación de energía termosolar es el colector. Debido al gran desarrollo experimentado por esta industria a lo largo de los últimos años, se tienen gran variedad de diseños de colectores, algunos ejemplos de los cuales se pueden ver en los documentos ES2274710A1, ES2326303A1.

En plantas comerciales actualmente en construcción y operación basadas en tecnología CCP, el tipo de colector

utilizado, aunque con distintas variantes, presenta las mismas características básicas. La longitud de uso común de cada colector varía entre 100 y 150 metros. A su vez, cada colector se subdivide en módulos de generalmente de 12 m de longitud, que constituyen la unidad constructiva durante el montaje. Cada módulo, consta de los siguientes elementos básicos:

- 5 – El reflector cilindro-parabólico: La radiación solar incide directamente en el reflector que la refleja y concentra en la línea focal de la parábola extruida. Existen diversas variantes de reflectores con distintos materiales, como plásticos, vidrios, metales... Sin embargo, hasta ahora, los reflectores que han demostrado su validez y que se están utilizando comercialmente en los campos solares utilizan un sustrato de vidrio. Una configuración típica de un reflector solar parabólico, es un vidrio monolítico o laminar, con o sin tratamiento térmico, de 4 ó 5 mm de espesor y de dimensiones aproximadas en desarrollo en torno a 1700 mm por 1600 mm. Generalmente cada módulo lleva montados 28 reflectores dispuestos a lo largo de 7 secciones cilindro-parabólicas, de forma que cada sección consta de cuatro reflectores individuales.
- 10
- Tubo absorbedor: Recibe la radiación concentrada de los reflectores que transfiere en forma de energía calorífica a un fluido que circula por su interior.
- 15
- Estructura mecánica de soporte: Sirve de soporte al resto de los componentes, asegurando la posición relativa entre ellos y aportando rigidez al sistema.
- Sistema de seguimiento: Mecanismo que hace girar al conjunto alrededor de un único eje, de forma que se optimice la radiación solar incidente sobre el área de apertura de los reflectores.

20 La estructura metálica debe ser capaz de aguantar los esfuerzos en el transporte y montaje así como los esfuerzos en operación, tales como cargas de viento y térmicas, etc. A su vez, debe permitir la unión adecuada y con la precisión suficiente de todos los distintos componentes que garantice el rendimiento óptico del conjunto. Existen múltiples variantes en el diseño de estructuras. No obstante, el diseño que ha alcanzado mayor implantación en la actualidad y para el cual resulta más ventajosa la presente invención, es el denominado “estructura de cuerpo central y brazos”. Esta estructura, comprende un cuerpo central, también llamado caja o tubo de torsión, dispuesto paralelamente al eje del tubo absorbedor, al que se fijan perpendicularmente un conjunto de brazos, normalmente con estructura metálica de celosía en voladizo. Sobre estos brazos se fijarán posteriormente los reflectores en un número determinado de uniones rígidas, de forma general al menos cuatro por reflector. Ejemplos de este tipo de estructura lo constituyen los documentos anteriormente mencionados ES2274710A1, ES2326303A1.

30 De entre todos los componentes necesarios para el funcionamiento de una planta de generación eléctrica termosolar, los reflectores se sitúan entre los más críticos para su productividad. Las características que determinan la calidad del reflector son la reflectividad, que depende del material y procedimiento de aplicación de las capas reflectantes, y el factor de interceptación, que depende exclusivamente de las bondades de la geometría del reflector. El valor de ambos parámetros, es directamente proporcional al valor de la energía producida en una central termosolar, y por tanto, al nivel de ingresos de la misma. Esto significa que un incremento en un punto porcentual del factor de interceptación se refleja automáticamente en un incremento en los ingresos económicos de la planta generadora en, aproximadamente, un punto porcentual (ligeramente inferior).

35 Las principales tecnologías actuales de concentración, entre ellas la tecnología CCP, se basan conceptualmente en las propiedades geométricas de la parábola. De la aplicación de estas propiedades se desprende que el factor de interceptación depende exclusivamente de la dirección de la recta tangente a la parábola en cada punto. Se tiene entonces que cuando la forma real de la parábola presenta variaciones respecto a su geometría teórica, significa que la pendiente de la recta tangente en ese punto ha variado. En estas condiciones, el rayo reflejado ya no incide en el punto focal teórico, sino que presenta una desviación angular respecto a éste, siendo el valor de este ángulo exactamente el doble del que definen en ese punto la recta tangente teórica y la nueva recta tangente real.

40 Del anterior párrafo se deduce la extrema sensibilidad de la geometría parabólica, donde pequeñas deformaciones locales del orden de 10 a 20 mrad e incluso menores, inmedibles mediante los sistemas convencionales de medición, pueden provocar pérdida de incidencia de la radiación en el foco, y por tanto graves perjuicios económicos en el rendimiento de la central termosolar.

45 La determinación de la geometría óptica (o factor de interceptación) durante el proceso de fabricación de los reflectores, es únicamente posible mediante procedimientos de reflexión del rayo de luz ya sean directos o indirectos. Durante el proceso de medición, el sustrato cilindro-parabólico del reflector debe estar soportado en unos puntos de apoyo dispuestos exactamente en la misma posición relativa entre ellos, y respecto a la superficie del sustrato, que presentarán los puntos de apoyo teóricos en la estructura de soporte. Los apoyos destinados a servir de soporte durante el control dimensional del sustrato, se diseñan constructivamente como apoyos simples, para evitar la generación de esfuerzos sobre el sustrato que puedan deformarlo y por tanto distorsionar el resultado de la medición. Por apoyo simple se entiende aquella conexión entre dos miembros estructurales que permite el giro pero no permite desplazamientos de un miembro con respecto al otro.

50 El número de apoyos generalmente utilizado para el montaje de los reflectores sobre sus estructuras de soporte en

el campo es de cuatro, aunque en casos excepcionales, como en zonas propensas a elevadas cargas de viento, puede llegar incluso a nueve.

La tecnología actual de fabricación de reflectores cilindro-parabólicos permite alcanzar valores del factor de interceptación superior al 99,5% para diámetros de tubo absorbedor de 70 mm.

- 5 Un ejemplo de proceso de fabricación está descrito en el documento EP2096375A1 desarrollado por los inventores de la presente solicitud.

10 EP2096375 describe un elemento reflector provisto de medios de montaje para la fijación del elemento reflector de la estructura de un reflector de calor solar. Los medios de montaje no requieren orificios en el reflector y comprenden pastillas de de apoyo para la instalación en la estructura del colector unido a la superficie posterior del elemento reflector a través de un material adhesivo.

15 La fabricación de un reflector no concluye con el conformado de su sustrato, sino que es necesario proporcionarle los medios de fijación a la estructura mecánica. En la actualidad, la solución empleada para fijar el reflector a la estructura en cada uno de sus puntos de apoyo consiste en una pieza cerámica que se une a la superficie del reflector por la cara opuesta a la de incidencia de la radiación solar. La unión se realiza mediante pegado, utilizado un adhesivo que garantice la resistencia y durabilidad adecuadas. Además, esta unión debe tener un módulo de elasticidad tal que, manteniendo la condición de unión rígida, permita absorber los esfuerzos derivados de las dilataciones diferenciales entre el material del sustrato y la propia pieza cerámica. Las siliconas han demostrado ser un material adecuado capaz de cumplir estas condiciones. La pieza cerámica, presenta un hueco en su interior, en el que se aloja un inserto metálico con una hembra roscada en su interior. Al conjunto de pieza cerámica e inserto metálico se le denomina pastilla cerámica. Este tipo de fijación está descrito en el documento EP0098404B1.

20 La fijación de la pastilla cerámica a la estructura metálica puede realizarse directamente, o mediante una pieza metálica solidaria a la estructura, a la que denominaremos perfil intermedio. La función del perfil intermedio es minimizar los errores de posicionado en los puntos de apoyo debidos a la imprecisión de fabricación y montaje de la estructura. Este perfil intermedio consiste en un perfil metálico doblado con una cara plana unida a la estructura y la otra cara plana enfrentada a la pastilla cerámica. Sobre esta última cara plana se mecaniza una abertura en forma de orificio de montaje que permite la fijación de la pastilla cerámica en su posición. Para garantizar la precisión de esta operación, de forma habitual se utilizan utillajes y sistemas de medición en tres dimensiones (laser tracker). La unión final se realiza mediante un espárrago que se rosca en la hembra del inserto metálico de la pastilla y se bloquea el conjunto con la correspondiente tuerca.

25 Dada la sensibilidad arriba descrita de la geometría parabólica, el posicionado en la estructura de los puntos de anclaje de la parábola, debe tener una gran precisión, más aún, cuando estos puntos, generalmente cuatro, conforman el sistema de apoyo de referencia que determina el factor de interceptación del reflector.

30 Las exigencias de precisión se ven incrementadas dramáticamente al tener en cuenta la naturaleza mecánica del reflector. El reflector no es un elemento rígido, sino muy al contrario, se trata de un elemento elástico, es decir, un elemento cuyas deformaciones son de gran magnitud en relación con la función que desempeña. Ya hemos visto como mínimas deformaciones del orden de unos pocos miliradianes, pueden provocar la pérdida de interceptación sobre el tubo.

35 La solución constructiva para la fijación del reflector a la estructura no solamente debe satisfacer la precisión en el diseño y montaje, sino que al mismo tiempo tiene que garantizar la inmovilidad espacial y temporal frente a las fuerzas que actúan sobre el sistema (carga de viento, peso propio,....) durante la vida del producto.

40 Por este motivo, la conexión del reflector a la estructura se realiza mediante un número finito de uniones rígidas, utilizando como elemento de unión las pastillas cerámicas anteriormente descritas. El anclaje del reflector mediante pastillas cerámicas restringe todos los grados de libertad de cada apoyo, lo que implica que el sistema, entendido como el reflector con cuatro apoyos tipo empotramiento, presenta un grado de hiperestaticidad de 18, es decir, hay 18 "limitaciones de movimiento" más de las estrictamente necesarias. Por apoyo tipo empotramiento se entiende aquella conexión entre dos miembros estructurales que impide la rotación y el desplazamiento en cualquier dirección de un miembro con respecto al otro.

45 Un sistema cuyo movimiento esté excesivamente restringido tiene el inconveniente de exigir para cada uno de sus apoyos una precisión extra en la geometría, pues cualquier desviación provocará deformación en aquel elemento que presente menor rigidez. En este caso, el elemento susceptible de ser deformado es el reflector, cuya rigidez a la flexión (debido a que es una lámina) es inferior al resto de los elementos de la unión y la propia estructura.

Los factores que afectan a la posición de los puntos de anclaje en el colector son los siguientes:

- Errores de fabricación y montaje de la estructura metálica
- Errores sobre el perfil intermedio

- Errores de fabricación de las pastillas
- Errores de posicionado de las pastillas en el reflector
- Errores del propio reflector, en la zona del apoyo

5 Los errores de fabricación y montaje de la estructura metálica son errores de incertidumbre dimensional propios de cualquier proceso de fabricación y montaje de estructuras metálicas. Garantizar la posición de los anclajes con la precisión requerida es un proceso costoso en tiempos de construcción y mano de obra, por cuanto requiere operaciones que normalmente presentan poca precisión como corte, soldadura, taladrado...El proceso, además, se ve encarecido porque requiere el uso de útiles de posicionado, mediciones en tres dimensiones mediante dispositivos láser, etc.Incluso una vez situado el reflector sobre sus puntos de anclaje, el posicionado final de éste
10 mediante movimientos laterales, puede provocar desviaciones en aquellos elementos menos rígidos de la estructura, como el perfil intermedio.

Finalizada la fabricación del cuerpo principal del módulo, formado por la caja de torsión y los brazos de apoyo del reflector, únicamente se realiza una medición con un dispositivo láser de la posición del centro del orificio de montaje pero no del ángulo de contacto. Si la planitud final del perfil intermedio en su zona de contacto con la pastilla
15 cerámica no es correcta, aparecen esfuerzos en la unión rígida que inducen deformaciones en el reflector. Por ejemplo, se ha comprobado que desviaciones de 20 centésimas de mm dan lugar, dependiendo del punto de deformación, a desviaciones en el plano de apoyo de 3 ó 4 mrad.

Junto con la estructura metálica adquiere un papel protagonista el correcto posicionado de las pastillas en el reflector, resultando un parámetro crítico a controlar durante la fijación de las mismas, en particular, la desviación
20 angular de la pastilla en el plano perpendicular a la línea focal del reflector cilindro-parabólico (eje del tubo absorbedor), dado que es el plano que contiene las rectas tangentes a la sección parabólica. Por cada reflector se tienen al menos 4 pastillas, y a su vez cada una puede estar desviada en dos direcciones diferentes, con sentido positivo o negativo. Es evidente que existen múltiples combinaciones que provocan diferentes efectos, máxime cuando el reflector tiene sección parabólica. La dificultad de controlar los límites aceptables de desviación angular de
25 colocación de las pastillas se ve incrementada por el hecho de que no se encuentran pegadas a una superficie teórica, sino a un sustrato real de reflector, que también tiene sus propias tolerancias de fabricación y por lo tanto, desviaciones angulares más o menos importantes en superficie. Además del posicionado y, en menor medida, los errores de fabricación de las cerámicas, derivados de la falta de planitud de sus facetas, esto es, las caras sustancialmente paralelas de las pastillas cerámicas, también producen deformaciones en la unión rígida al reflector.

30 Otra variable que influye en el resultado final es el orden de fijación de las pastillas en la estructura. La primera pastilla que se apriete condicionará la posición del resto. El par de apriete entre pastilla y estructura también influye levemente en el resultado. Cuanto más par se aplique, hasta un límite, mayor será la deformación generada en el sustrato, por lo que el rendimiento será peor. El par de apriete es por tanto, otro parámetro más a controlar en este proceso.

35 La calidad geométrica del reflector resulta fundamental en el rendimiento total de la planta termosolar. Los resultados estadísticos del análisis de las desviaciones angulares en toda la superficie del reflector demuestran que la distribución de las desviaciones angulares del rayo reflejado se puede aproximar a una distribución estadística normal. Así, un reflector con un factor de interceptación aceptable pero con unos valores de desviación típica elevados, presentará una mayor sensibilidad a pequeñas deformaciones en los apoyos. Por el contrario, un reflector
40 con unas desviaciones angulares cercanas a su valor nominal tendrá más margen para absorber errores.

Se puede afirmar que durante la fabricación y posterior montaje en campo de cada uno de los componentes de un colector están presentes una serie de errores inherentes a los propios procesos. En la actualidad, limitar esos errores dentro de valores razonables supone unos elevados costes de fabricación, control de calidad y montaje, a pesar de los cuales tiene lugar inevitablemente una pérdida de interceptación en los tubos absorbedores debido a
45 las deformaciones inducidas en la superficie del reflector.

Los intentos más serios de minimizar la pérdida de rendimiento óptico una vez ejecutado el montaje en campo, han sido realizados abordando el problema desde el punto de vista de la fabricación de la propia estructura. En el documento ES2326303A1 se plantea una solución en base a un proceso de fabricación por el cual se consiguen estructuras más precisas y con una mayor rigidez en los elementos que la conforman. El problema de aportar un
50 extra de rigidez a la estructura es que los requerimientos dimensionales del conjunto se hacen aún más exigentes, puesto que no existe ninguna posibilidad para el reflector de relajar las tensiones a las que se verá sometido una vez fijado rígidamente a todo el conjunto. Esta solución, pues, encarece la fabricación, y no resuelve el problema derivado de las dificultades de colocar las pastillas cerámicas en el reflector sin desviaciones angulares de su posición teórica.

55 El documento DE8902070 da a conocer una unión articulada que comprende dos conjuntos de arandelas esféricas dobles y un elemento de fijación macho que pasa a través de los orificios de los conjuntos de arandelas esféricas dobles.

El documento DE20110111 da a conocer un dispositivo para la fijación ajustable de un aparato implica un soporte formado directamente en el alojamiento del aparato y provisto con un componente de reborde de fijación. Un tornillo de tensión permite fijar diferentes posiciones angulares entre el soporte del aparato y la superficie del componente de reborde. En el lado contrario de la superficie del reborde del componente de reborde se encuentra una cúpula con un orificio aterrajado en su sentido axial. Un componente de ajuste en forma discoidal está provisto de una ranura diametral. La anchura de la ranura corresponde al diámetro del vástago del tornillo de tensión y la superficie de localización para la cabeza del tornillo de tensión está curvada en el sentido de la ranura.

El documento GB798734 da a conocer una arandela para compensar ángulos entre la cabeza o tuerca de un vástago de fijación y una superficie de un elemento a través del cual se extiende el vástago, comprende un cuerpo semiesférico con un borde enfaldillado. El cuerpo está conformado con una ranura que se extiende desde la corona del cuerpo hacia el borde. Una lengüeta formada a partir del material retirado para realizar la ranura se sitúa para hacer contacto con el vástago en todas las posiciones del mismo. La tuerca o cabeza del vástago puede estar conformada de forma parcialmente esférica para su acoplamiento total con la arandela. En una modificación, la lengüeta se sustituye por un disco plano con ranuras fijado al borde.

El documento JP11252829 da a conocer un asiento esférico en forma de plato perforado en la superficie del asiento fijo de un resorte de láminas pivotante de modo que ajuste con precisión la posición de una armadura, incluso si el ángulo del resorte de láminas pivotante es incorrecto, y una arandela esférica que se corresponde con el asiento esférico en forma de plato se dispone en la superficie posterior del resorte de láminas pivotante. El resorte de láminas pivotante se asienta sobre el lado opuesto de la arandela esférica de modo que se aplana. Si un error en el ángulo del resorte de láminas pivotante es pequeño, se puede corregir disponiendo la arandela esférica solo en el lado inferior del resorte de láminas pivotante. Si un error en el ángulo del resorte de láminas pivotante es grande, se puede corregir en un amplio intervalo disponiendo la arandela esférica sobre la parte superior e inferior del resorte de láminas pivotante.

Con el propósito de analizar y comprender mejor la pérdida de rendimiento observada en el campo respecto a los valores iniciales de factor de interceptación de los reflectores, se ha tratado de reproducir el comportamiento del sistema en su conjunto en el laboratorio, de forma que permitiera conocer el verdadero efecto de la posición de las pastillas cerámicas. A tal efecto, se ha diseñado y construido un utillaje, con el que se ha realizado una batería de mediciones.

El utillaje construido para simular la estructura de soporte, representa a una sección real de la misma, con los cuatro puntos de apoyo del reflector situados en el mismo plano paralelo al horizontal. Dicho utillaje reproduce los grados de libertad de la estructura real. Todos los ensayos descritos a continuación se realizaron sobre la base de que la posición espacial de los puntos de apoyo de la estructura está dentro de especificaciones. Los valores observados en dichos ensayos, son susceptibles de empeorar en la realidad en aquellos casos en que la estructura real en campo pueda estar fuera de los límites de tolerancia establecidos.

Para la determinación del factor de interceptación se ha utilizado un equipo de medida denominado QDEC. Este equipo utiliza un procedimiento de medida basado en deflectometría que permite, mediante una serie de fotos, calcular la desviación de las tangentes en la superficie del reflector, y a partir de ahí, las desviaciones angulares sobre el foco. Este equipo se comercializa en la actualidad por la empresa CSP Services y ha sido desarrollado en colaboración con el Instituto Aeroespacial Alemán (DLR). Para realizar la medición, se dispone el utillaje que simula la estructura real en la posición definida a tal efecto en el equipo QDEC.

En una primera batería de ensayos se analizaron dos grupos de reflectores:

- Grupo A: Reflectores con factor de interceptación aceptable para un tubo receptor de diámetro 70 mm y desviación angular de la posición de las pastillas inferior a 10 mrad.
- Grupo B: Reflectores con factor de interceptación aceptable para un tubo receptor de diámetro 70 mm y posición de las pastillas en el plano perpendicular al tubo receptor superior a 10 mrad.

Para ambos casos se analizó el valor del factor de interceptación en los siguientes supuestos:

- Supuesto 1: Pieza medida en las condiciones de control dimensional que tienen lugar en la fabricación de los reflectores: apoyo simple en cuatro puntos del utillaje de referencia durante la medición. Las mediciones resultantes del supuesto 1 corresponden al valor del factor de interceptación que caracteriza al reflector durante los procesos normales de fabricación.
- Supuesto 2: Reflector con pastilla cerámica estándar pegada simplemente apoyado en el utillaje que simula la estructura metálica del colector. El espárrago que se inserta en la hembra roscada de la pastilla cerámica queda libre, sin ninguna tuerca que lo apriete, como consecuencia sin restricción alguna de los grados de libertad de giro relevantes (salvo el propio giro alrededor el eje del espárrago que no es relevante a efectos de los problemas técnicos identificados) en cada uno de los apoyos. El resultado de la medición nos indicará el error mínimo provocado por los errores de fabricación de los componentes (estructura, espejo, pastillas), aún estando dentro de valores aceptables de tolerancias dimensionales.

- Supuesto 3: Reflector con pastilla cerámica estándar pegada apoyado en el utilaje que simula la estructura metálica del colector en un apoyo tipo empotramiento, es decir, con todos los grados de libertad de cada apoyo restringidos. La unión se fija mediante una tuerca roscada al espárrago que se inserta en la hembra roscada de la pastilla cerámica, empleando el par de apriete estándar definido para tal operación en campo. El resultado de esta medición nos indicará la contribución a la pérdida de rendimiento óptico del colector provocada por la restricción de los grados de libertad del apoyo y la consiguiente deformación del reflector.

Ensayo 1: Reflectores grupo A, según los supuestos 1, 2 y 3:

Nº Pieza	Posición pastilla 1 (mrad)	Posición pastilla 2 (mrad)	Posición pastilla 3 (mrad)	Posición pastilla 4 (mrad)	Promedio	%FI tubo 70, supuesto 1	%FI tubo 70, supuesto 2	Diferencia supuesto 1 y 2	%FI tubo 70, supuesto 3	%Diferencia supuesto 1 y 3
1	-2,73	-1,18	7,36	2,82	1,57	99,01	98,55	0,46	97,97	1,04
2	1,55	4,00	-8,36	0,27	-0,64	99,71	99,60	0,11	99,27	0,44
3	0,27	0,36	-8,55	7,09	-0,20	99,47	99,12	0,35	98,16	1,31
4	2,27	-3,64	-6,82	0,00	-2,05	99,38	99,06	0,32	98,84	0,54
5	-0,55	5,91	1,55	9,55	4,11	99,30	98,97	0,33	98,72	0,58
6	2,18	-5,18	4,00	0,45	0,36	99,10	98,91	0,19	98,00	1,10
7	0,00	3,55	1,55	-2,18	0,73	99,78	99,63	0,15	98,93	0,85
8	0,00	-0,73	7,45	-3,64	0,77	98,74	98,31	0,43	97,96	0,78
9	1,73	-1,09	2,36	-0,27	0,68	99,32	98,99	0,33	99,02	0,30
10	-3,09	2,64	-6,18	7,45	0,20	99,82	99,55	0,27	99,43	0,39
11	-1,00	1,45	1,36	-1,55	0,07	100,00	99,94	0,06	99,89	0,11
12	1,27	-1,64	2,00	-0,91	0,18	99,52	99,27	0,25	99,20	0,32
PROMEDIO								0,27		0,65

Ensayo 2: Reflectores grupo B, según los supuestos 1, 2 y 3:

Nº Pieza	Posición pastilla 1 (mrad)	Posición pastilla 2 (mrad)	Posición pastilla 3 (mrad)	Posición pastilla 4 (mrad)	Promedio	%FI tubo 70, supuesto 1	%FI tubo 70, supuesto 2	Diferencia supuesto 1 y 2	%FI tubo 70, supuesto 3	%Diferencia supuesto 1 y 3
1	25,91	30,09	28,00	-17,09	16,73	99,80	99,49	0,31	98,23	1,57
2	22,64	31,36	28,64	-16,00	16,66	99,98	99,82	0,16	97,90	2,08
3	23,09	31,45	24,18	-18,00	15,18	99,94	99,91	0,03	99,21	0,73
4	-22,27	-29,00	-27,00	14,55	-15,93	99,98	99,64	0,34	98,32	1,66
5	-25,45	-29,64	-27,09	13,73	-17,11	99,96	99,93	0,03	98,25	1,71
6	-21,82	-33,82	-27,36	14,09	-17,23	99,99	99,97	0,02	98,46	1,53
7	-21,82	-29,36	-27,18	13,82	-16,14	100,00	99,83	0,17	98,27	1,73
8	-24,55	-31,45	-25,00	17,73	-15,82	99,96	99,94	0,02	95,38	4,58
9	-27,27	-34,82	-30,09	13,00	-19,80	99,99	99,82	0,17	98,12	1,87
10	-22,00	-35,18	-26,36	12,36	-17,80	99,99	99,86	0,13	97,78	2,21
PROMEDIO								0,11		2,00

A la vista de los resultados del supuesto 2, tanto para el ensayo 1 como para el 2, se puede concluir que existe una influencia mínima e inevitable de los errores de fabricación, que en las condiciones de realización del ensayo se sitúa entre 0,1% y 0,3% del valor global de interceptación del campo. Como se ha indicado anteriormente, estos valores pueden empeorar en la realidad. En condiciones de apoyo simple, la precisión de pegado de las pastillas, dentro de unos valores razonables, es asimilada por las ranuras de ajuste que presenta la estructura en los puntos de apoyo, por lo que no se aprecia diferencia entre los resultados del ensayo 1 y del ensayo 2.

Del supuesto 3 se desprende que cuando se fijan todos los apoyos y se restringen todos los grados de libertad en cada uno de ellos, la pérdida de factor de interceptación aumenta sustancialmente hasta valores económicamente muy relevantes en la producción eléctrica del campo solar. Este aumento resulta especialmente dramático cuando bien las pastillas presentan elevadas desviaciones angulares, o bien la estructura está desviada respecto a su posición teórica, a partir de valores superiores a 10 mrad (caso del ensayo 2).

A partir de los ensayos de simulación mecánica a escala real, se concluye que la eliminación de las restricciones de giro en los apoyos permite que desviaciones en la estructura o en las posición de los elementos de fijación sean absorbidas mecánicamente por un soporte sin esas restricciones, manteniendo siempre relajado el vidrio y asegurando así un rendimiento óptico similar al propio de su geometría. Sin embargo, la desaparición de restricciones disminuye la rigidez durante la operación del sistema, afectando a la inmovilidad frente a esfuerzos

exteriores, por ejemplo frente a cargas de viento, o las debidas al peso propio del reflector durante el movimiento de giro del sistema seguidor.

5 Es por tanto un objetivo de la invención que, por un lado, el sistema de unión del elemento reflector a la estructura aporte un equilibrio estático que garantice la inmovilidad espacial y temporal (continuidad y permanencia) durante la vida del conjunto frente a las fuerzas que actúan sobre el sistema y que, al mismo tiempo, garantice un equilibrio elástico temporal, que esté presente únicamente durante los procesos de fijación y/o unión de los reflectores.

El documento DE8611120, considerado el estado de la técnica más cercano a la invención, da a conocer un sistema según el preámbulo de la reivindicación 1.

Resumen de la invención

10 Los inventores han encontrado una solución a la problemática anteriormente descrita, en particular a la pérdida de precisión de los colectores solares, por medio de un sistema de unión de los elementos reflectores a las estructuras de soporte, que cumple con los requerimientos establecidos. El sistema de unión presenta un diseño que libera los grados de libertad de giro relevantes en cada punto de apoyo o unión, únicamente durante el montaje del reflector en el colector. Durante este proceso se minimizan los esfuerzos sobre el elemento menos rígido que es el elemento
15 reflector, de tal forma que éste se mantiene en su posición relajada de equilibrio, conservado sus propiedades ópticas de concentración.

Posteriormente, una vez se tiene el elemento reflector en su posición final relajada y sin estar tensionado como consecuencia de la instalación, se bloquea el giro en los apoyos, transformando la fijación en cada apoyo en uniones rígidas con todos los grados de libertad restringidos, de forma que el sistema puede hacer frente a las cargas
20 externas con la resistencia y estabilidad necesarias.

El nuevo sistema de unión articulada incorpora unos *medios de junta adaptables* que permiten el giro libre en el espacio durante la etapa de montaje o instalación, reduciendo drásticamente las restricciones en los apoyos, de forma que el nuevo conjunto mecánico formado por el elemento reflector apoyado en por ejemplo cuatro puntos presenta, durante la fase de instalación y ajuste del vidrio o elemento reflector, un grado de hiperestaticidad de seis,
25 frente a los dieciocho iniciales.

En el contexto de la presente solicitud, los puntos de apoyo o unión, o simplemente apoyos, son aquellos puntos donde el elemento reflector se une a su estructura de soporte.

Los problemas mencionados se solucionan en la presente invención mediante un sistema de unión articulada de elementos reflectores solares a estructuras de soporte según la reivindicación 1 independiente.

30 La reivindicación 1 se distingue del estado de la técnica más próximo por las características incluidas en la parte caracterizadora de la reivindicación. La característica del cuerpo principal de unión que tiene un área central curvada y levantada con un orificio pasante con una abertura lateral que comunica con una ventana resuelve el problema técnico de facilitar el ensamblaje del conjunto, concretamente la introducción del elemento de fijación macho.

La invención se refiere igualmente a un reflector para concentradores de energía solar según la reivindicación 5, una
35 instalación reflectante de energía solar según la reivindicación 6 y un procedimiento de unión de un elemento reflector a su estructura de soporte según la reivindicación independiente 7. El procedimiento de la invención resuelve el problema técnico expuesto proporcionando un sistema según el primer aspecto inventivo. Además, otras características de la invención y modos de realización particularmente ventajosos de la misma se encuentran definidos en las reivindicaciones dependientes.

40 En un primer aspecto inventivo la invención presenta un sistema de unión articulada de elementos reflectores solares a estructuras de soporte según la reivindicación 1.

En el contexto de la presente invención, los cuerpos principales de unión pueden también identificarse de forma simple como pastillas.

45 Esta solución no sólo implica la disminución de las pérdidas del factor de interceptación de los colectores solares con el consiguiente beneficio económico, sino que además, al absorber errores de fabricación de la estructura, del elemento reflector, de los cuerpos principales de unión y de posicionado de los citados elementos entre sí, permite reducir sustancialmente los costes de fabricación y de control de calidad asociados a la producción de los mismos, ya que hace posible la aplicación de tolerancias de fabricación más favorables y más fáciles de garantizar.

50 En el contexto de la presente invención, se entiende por *medios de junta adaptables* unos medios de junta que permiten durante el montaje, el giro libre en el espacio de la unión entre el conjunto del elemento reflector y la estructura de soporte. Tales *medios de junta adaptables* permiten, una vez concluido el posicionamiento, la unión rígida entre ambos, elemento reflector y estructura de soporte, independientemente del ángulo (dentro de las limitaciones mecánicas que impone el orificio de montaje de la estructura y el diseño mecánico de la pastilla de la invención) que presente cada uno de los elementos de unión que comprende el reflector y del ángulo del plano

sobre el que estos elementos se apoyan en la estructura de soporte.

De este modo, los *medios de junta adaptables* posibilitan temporalmente durante el montaje el posicionamiento del reflector sobre cada uno de sus apoyos sin restricción alguna de los grados de libertad de giro relevantes (todos a excepción del correspondiente al eje del propio medio de fijación macho) y sin la presencia de deformaciones en el reflector derivadas de la restricción de los mismos, permitiendo, una vez finalizado el posicionamiento, la fijación rígida en cada uno de los puntos de anclaje a la estructura en esa posición, con todos sus grados de libertad restringidos pero en ausencia de las deformaciones derivadas de la restricción de los mismos.

En un primer ejemplo del sistema (no reivindicado) los medios de junta adaptables se encuentran en el interior del cuerpo principal de unión, en un segundo ejemplo del sistema (no reivindicado) los *medios de junta adaptables* se encuentran en el exterior del cuerpo principal de unión y en la invención reivindicada, parte de los medios de junta adaptables se encuentran dentro del cuerpo principal de unión y parte se encuentran fuera.

En un segundo aspecto inventivo se presenta un reflector para concentradores de energía solar que comprende al menos un sistema de unión articulada a su estructura de soporte según el primer aspecto inventivo.

En un tercer aspecto inventivo se presenta una instalación reflectante de energía solar que comprende al menos un reflector según el segundo aspecto inventivo.

En un cuarto y último aspecto inventivo se presenta un procedimiento de unión de un elemento reflector a su estructura de soporte que comprende las siguientes etapas:

- Proveer al menos un sistema de unión según el primer aspecto inventivo;
- Fijación del al menos un sistema de unión sobre la cara del elemento reflector opuesta a la cara de incidencia de la radiación solar, en una posición coincidente con la correspondiente zona de unión de la estructura de soporte;
- Posicionamiento del elemento reflector con el al menos un sistema de unión sobre la estructura de soporte; y
- Fijación del conjunto para obtener una unión rígida.

Aunque la aplicación de la invención resulta especialmente ventajosa para sustratos reflectores de vidrio, ya sea monolítico o laminar, también encuentra aplicación para cualquier otro sustrato o elemento reflector con las mismas propiedades ópticas de concentración y el mismo comportamiento elástico tipo lámina, ya sea metálico o polimérico.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la invención, sus objetos y ventajas se adjuntan a la memoria los siguientes dibujos en los que se representa:

La figura 1 muestra una vista en perspectiva del sistema de unión articulada (no reivindicado).

La figura 2 muestra vistas en sección y despiece ordenado del sistema (no reivindicado) de la figura 1.

La figura 3 muestra vistas en sección y despiece ordenado de un sistema de unión articulada (no reivindicado).

La figura 4 muestra una vista en perspectiva del sistema de unión articulada según un modo de realización de la invención.

La figura 5 muestra vistas en sección y despiece ordenado del modo de realización de la figura 4.

La figura 6 muestra una vista en perfil y planta de media sección de un colector de elementos reflectores con una disposición particular de los sistemas de unión articulada según un modo de realización de la invención.

Modos de realización de la invención

Como se ha indicado, la invención presenta un sistema de unión articulada (1'') de elementos reflectores solares a estructuras de soporte que comprende,

un cuerpo principal de unión (2''), destinado a fijarse sobre la cara del elemento reflector (13) opuesta a la cara de incidencia de la radiación solar, que comprende un orificio (14'') destinado a recibir un elemento de fijación macho (3''),

al menos unos *medios de junta adaptables* que permiten el giro libre en el espacio de la unión entre el elemento reflector (13) y la estructura de soporte,

en donde los al menos unos *medios de junta adaptables* comprenden un orificio pasante (15'') destinado a dejar

pasar a su través el elemento de fijación macho (3''), disponiendo el elemento de fijación (3'') de un primer extremo para alojamiento en el orificio (14'') del cuerpo principal de unión (2'') y un segundo extremo receptor de un elemento de fijación hembra (5'') destinado a fijar de forma rígida todo el conjunto elemento reflector (13) y conjunto de estructura de soporte.

- 5 En un primer ejemplo de un sistema de union articulada (no reivindicado) mostrado en las figuras 1 y 2, el cuerpo principal de unión (2) del sistema de unión articulada (1) comprende dos alojamientos esféricos (6, 7), conectados por el orificio (14), y con un centro común de rotación en el espacio.

Asimismo, el sistema de unión (1) comprende una arandela esférica (4) con un orificio pasante (15), y el elemento de fijación macho (3), concretamente un vástago roscado, comprende una cabeza esférica (9), con la particularidad de que el orificio pasante (14) del cuerpo principal de unión (2) tiene un diámetro sustancialmente mayor que el vástago roscado (3) para permitir el giro de dicho vástago roscado (3) alrededor de cualquier eje en el espacio que pase por el punto fijo de giro de los alojamientos esféricos (6) y (7) del cuerpo principal de unión (2).

Con esta disposición, la arandela esférica (4) descansa sobre el alojamiento esférico (7) del cuerpo principal de unión (2), y la cabeza esférica (9) del vástago roscado (3) descansa sobre el alojamiento esférico (6) del cuerpo principal de unión (2).

15 Ventajosamente el diámetro del orificio pasante (14) permite el giro del vástago roscado (3) en un ángulo de valor máximo 3°, preferentemente de 2°.

Ventajosamente el sistema de unión de esta realización comprende una arandela (12) dispuesta entre la estructura de soporte (10) y el elemento de fijación hembra (5). En un modo de realización particular, dicho elemento de fijación hembra es una tuerca.

En un modo de realización particular el sistema de unión articulada (1) comprende una película (8) de protección aplicada sobre la zona del cuerpo principal de unión (2) destinada a fijarse sobre la cara del elemento reflector (13) opuesta a la cara de incidencia de la radiación solar. Dicha película (8), por ejemplo de naturaleza plástica, evita la entrada del adhesivo de fijación del cuerpo principal de unión (2) al elemento reflector en el orificio de dicho cuerpo principal de unión (2).

La fijación del sistema de unión articulada (1) a la cara del elemento reflector (13) opuesta a la de incidencia de la radiación solar se realiza por medio de un adhesivo, en un ejemplo concreto una silicona.

Por lo tanto, la instalación del sistema de unión (1) según este ejemplo es como sigue.

30 Por el orificio pasante (14) y por la cara del cuerpo principal de unión (2) que estará en contacto con la cara del elemento reflector (13), se inserta el vástago roscado (3) con cabeza esférica (9) de modo que éste descansa sobre el alojamiento esférico (6), formando ambos una junta esférica. Una vez colocado el vástago roscado (3), se coloca la película (8) de protección y por último se fija a la superficie del elemento reflector (13) por medio de una capa de adhesivo o silicona (16).

35 Por el lado opuesto, se inserta la arandela esférica (4) que descansará sobre el alojamiento esférico (7), formando ambos una nueva junta esférica.

Se fijan tantos cuerpos principales de unión (2) como puntos de apoyo tenga el elemento reflector en la estructura. Una vez se tienen fijados todos los cuerpos principales de unión (2) al elemento reflector (13), éste se posiciona sobre los alojamientos previstos en los orificios de montaje (11) de la estructura metálica (10) mediante el vástago roscado (3). A continuación, se rosca la tuerca (5) sobre el vástago roscado, de tal forma que durante el proceso de roscado las dos juntas esféricas que se generan entre el cuerpo principal de unión (2), el vástago roscado (3) y la arandela esférica (4) se disponen según aquella posición en el espacio que induzca menos esfuerzos en la superficie del elemento reflector. De este modo el elemento reflector queda en su posición relajada sin deformaciones inducidas y posteriormente con una fijación rígida que permite cumplir de forma óptima su función en el campo solar durante toda la vida útil del mismo.

45 En un segundo ejemplo de un sistema de union articulada (no reivindicado), mostrado en la figura 3, el cuerpo principal de unión (2') comprende un alojamiento (19) en el que se ubica una hembra (17) dotada de un orificio roscado (14').

Por otra parte, el sistema de unión (1') comprende un primer conjunto de doble arandela esférica (4', 4'') y un segundo conjunto de doble arandela esférica (6', 6''), estando dispuesto el primer conjunto de doble arandela esférica (4', 4'') entre el cuerpo principal de unión (2') y la estructura de soporte (10), y estando dispuesto el segundo conjunto de doble arandela esférica (6', 6'') en la cara opuesta de la estructura de soporte (10), esto es, en la cara opuesta a la cara donde está dispuesto el primer conjunto de doble arandela esférica (4', 4'').

El elemento de fijación (3') en posición de unión, concretamente un vástago roscado (3'), pasa por los orificios que presentan el primer conjunto de doble arandela esférica (4', 4''), un orificio de montaje de la estructura de soporte

(10), y el segundo conjunto de doble arandela esférica (6', 6''), y se fija a la hembra (17) dotada de orificio roscado (14'). Por su otro extremo, el vástago roscado (3') recibe a la hembra roscada (5'), ó tuerca de bloqueo (5'), que fija de forma rígida todo el conjunto de elemento reflector (13) y estructura de soporte.

5 Los orificios del primer conjunto de doble arandela esférica (4', 4''), de la estructura de soporte (10), y del segundo conjunto de doble arandela esférica (6', 6'') tienen un diámetro sustancialmente mayor que el del vástago roscado (3) que permite el movimiento de dichos primeros y segundos conjuntos de doble arandela esférica.

La fijación del sistema de unión articulada (1') a la cara del elemento reflector (13) opuesta a la de incidencia de la radiación solar se realiza por medio de un adhesivo (16), en un ejemplo concreto una silicona.

Por lo tanto, la instalación del sistema de unión (1') según esta realización es como sigue.

10 Se fijan tantos cuerpos principales de unión (2') como puntos de apoyo tenga el elemento reflector (13) en la estructura. Una vez se tienen fijados todos los cuerpos principales de unión (2') al elemento reflector (13), y antes de posicionar el elemento reflector sobre la estructura, se coloca el primer conjunto de doble arandela esférica (4', 4'') sobre cada uno de los correspondientes apoyos.

15 El elemento reflector con los cuerpos principales de unión (2') ya colocados en su posición, se coloca sobre la estructura metálica de forma que el eje de la hembra (17) dotada de orificio roscado (14') del cuerpo principal de unión (2') coincida de la mejor manera posible con el eje del primer conjunto de doble arandela esférica (4', 4'').

20 A continuación, el vástago roscado (3') atraviesa el orificio de montaje (11) de la estructura de soporte (10) y el orificio del primer conjunto de doble arandela esférica (4', 4'') y se inserta y rosca en la hembra (17) del cuerpo principal de unión (2'). Por el otro extremo del vástago roscado (3') y del orificio (11) de la estructura de soporte (10), se inserta el segundo conjunto de doble arandela esférica (6', 6'') y se rosca la tuerca de bloqueo (5') sobre el referido vástago roscado (3').

25 De este modo, durante el proceso de roscado, los dos conjuntos de doble arandela esférica (4', 4'') y (6', 6''), se disponen según aquella posición en el espacio que induzca menos esfuerzos en la superficie del elemento reflector (13). El resultado final es, al igual que en el ejemplo descrito anteriormente, inicialmente un reflector libre de esfuerzos, que finalmente se encuentra firmemente anclado a la estructura de soporte.

En un modo de realización de la invención, mostrado en las figuras 4 y 5, el cuerpo principal de unión (2'') del sistema de unión articulada (1'') presenta una zona central elevada y curvada (20) con un orificio pasante (14'') con una apertura lateral que comunica con una ventana (18) que, como más adelante se verá, facilita el montaje del conjunto, en particular la introducción del elemento de fijación macho (3''').

30 Ventajosamente, el cuerpo principal de unión (2'') comprende además una lámina inferior (21) plana destinada a fijarse al elemento reflector (13) con la intermediación de la correspondiente capa de adhesivo. En un modo de realización particular, la lámina inferior (21) es inicialmente independiente y se une al cuerpo principal de unión (2'') por medios convencionales, tales como, clips, adhesivos, cordones de soldadura, atornillados, etc.

35 Asimismo, el sistema de unión (1'') comprende una arandela esférica (4''') con un orificio pasante (15'), y el elemento de fijación macho, concretamente un vástago roscado (3''), comprende una cabeza esférica (9''), con la particularidad de que el orificio pasante (15') tiene un diámetro lo suficientemente grande como para permitir el montaje del vástago roscado (3'').

40 Con esta disposición, en posición operativa, la arandela esférica (4''') descansa sobre la superficie de la zona curvada (20) del cuerpo principal de unión (2''), y la cabeza esférica (9'') del vástago roscado (3'') se ajusta a la cara interna de la superficie curvada (20) del cuerpo principal de unión (2'').

Ventajosamente el diámetro del orificio pasante (14'') permite el giro del vástago roscado (3'') en un ángulo de valor máximo 3°, preferentemente de 2°.

45 Ventajosamente el sistema de unión (1'') de este modo de realización comprende una arandela (12'') dispuesta entre la estructura de soporte (10) y el elemento de fijación hembra (5''). En un modo de realización particular dicho elemento de fijación hembra es una tuerca (5'').

La fijación del sistema de unión articulada (1''), concretamente de la lámina (21) del cuerpo principal de unión (2''), a la cara del elemento reflector (13) opuesta a la de incidencia de la radiación solar se realiza por medio de un adhesivo (16), en un ejemplo concreto una silicona.

Por lo tanto, la instalación del sistema de unión (1'') según esta realización es como sigue.

50 Se fijan tantos cuerpos principales de unión (2'') como puntos de apoyo tenga el elemento reflector (13) en la estructura. Una vez se tienen fijados todos los cuerpos principales de unión (2'') al elemento reflector (13), por la ventana de continuación lateral (18) del orificio pasante (14'') se inserta el vástago roscado (3'') con cabeza esférica (9'') de modo que ésta se ajuste a la parte interna de la superficie (20), formando ambas una junta esférica.

Una vez colocado el vástago roscado (3''), se inserta por el lado opuesto la arandela esférica (4'') que descansará sobre la superficie (20), formando ambos una nueva junta esférica, y a continuación, todo ello se posiciona sobre los alojamientos previstos en los orificios de montaje (11) de la estructura metálica (10) mediante el vástago roscado (3'').

5 A continuación, se rosca la tuerca (5'') sobre el vástago roscado (3''), de tal forma que durante el proceso de roscado, las dos juntas esféricas que se generan entre el cuerpo principal de unión (2''), el vástago roscado (3'') y la arandela esférica (4'') se disponen según aquella posición en el espacio que induzca menos esfuerzos en la superficie del elemento reflector. De este modo el elemento reflector queda en su posición relajada sin deformaciones inducidas y posteriormente con una fijación rígida que permite cumplir de forma óptima su función en el campo solar durante toda la vida útil del mismo.

Las juntas esféricas descritas en cualquiera de las modos de realización anteriores, pueden implementarse mediante funcionalmente equivalentes, tal como por ejemplo, contacto esfera - cono o dos arandelas acuíñadas.

15 En la tabla siguiente, se presentan los resultados de interceptación sobre un elemento reflector con cuerpos principales de unión (2) de acuerdo con la primera realización particular. Para verificar el correcto funcionamiento del sistema, la colocación de los cuerpos principales de unión presenta una desviación de posición superior a 10 mrad. El procedimiento de posicionado y medición del elemento reflector es idéntico al descrito en los ensayos 1 y 2. El supuesto 1 es el mismo que el descrito anteriormente, es decir, la pieza simplemente apoyada de acuerdo al proceso de medición durante la fabricación del elemento reflector. El supuesto 2 corresponde a la unión fijada mediante cuerpo principal de unión (2) completamente apretado. El supuesto 3 corresponde a la unión resultante de anular la articulación en el cuerpo principal de unión (2). Este ensayo se identifica como ensayo 3.

Ensayo 3:

Num. Pieza	%FI tubo 70, supuesto 1	%FI tubo 70, supuesto 2	Diferencia supuesto 1 y 2	% FI tubo 70, supuesto 3	%Diferencia supuesto 1 y 3
1	99,80	99,87	-0,07	84,61	15,19

25 Del ensayo 3 se pueden deducir las ventajas de utilizar el sistema de unión articulada de la invención según el primer ejemplo de realización, frente a una pastilla tradicional en la que no se tiene ninguna articulación. Este efecto es especialmente dramático cuando las pastillas del estado de la técnica presentan desviaciones superiores a 10 mrad de su posición teórica.

30 El ensayo 4, reproduce los resultados de la segunda realización particular, con los dos conjuntos de doble arandela esférica fuera del cuerpo principal de unión (2'). El procedimiento de posicionado y medición del reflector es idéntico al descrito en los ensayos 1, 2 y 3. El supuesto 1 es el mismo que en el apartado anterior, es decir, la pieza simplemente apoyada de acuerdo al proceso de medición durante la fabricación del elemento reflector. El supuesto 2 corresponde a la unión resultante de utilizar el cuerpo principal de unión (2') en combinación con los conjuntos de arandelas esféricas en el apriete del vástago roscado (3). El supuesto 3 corresponde a la unión rígida completamente apretada, sin utilización de arandelas esféricas.

Ensayo 4:

Num. Pieza	Posición pastilla 1 (mrad)	Posición pastilla 2 (mrad)	Posición pastilla 3 (mrad)	Posición pastilla 4 (mrad)	Promedio	%FI tubo 70, supuesto 1	%FI tubo 70, supuesto 2	Diferencia supuesto 1 y 2	%FI tubo 70, supuesto 3	% Diferencia supuesto 1 y 3
1	25,91	30,09	28,00	-17,09	16,73	99,80	99,84	-0,04	98,23	1,57
2	22,64	31,36	28,64	-16,00	16,66	99,98	99,87	0,11	97,90	2,08
3	23,09	31,45	24,18	-18,00	15,18	99,94	99,95	-0,01	99,21	0,73
4	-22,27	-29,00	-27,00	14,55	-15,93	99,98	99,95	0,03	98,32	1,66
5	-25,45	-29,64	-27,09	13,73	-17,11	99,96	99,97	-0,01	98,25	1,71
6	-21,82	-33,82	-27,36	14,09	-17,23	99,99	100,00	-0,01	98,46	1,53
7	-21,82	-29,36	-27,18	13,82	-16,14	100,00	99,99	0,01	98,27	1,73
8	-24,55	-31,45	-25,00	17,73	-15,82	99,96	99,98	-0,02	95,38	4,58
9	-27,27	-34,82	-30,09	13,00	-19,80	99,99	100,00	-0,01	98,12	1,87
10	-22,00	-35,18	-26,36	12,36	-17,80	99,99	100,00	-0,01	97,78	2,21
PROMEDIO								0,00		2,00

35 Del ensayo 4 se desprende que la pérdida del factor de interceptación del elemento reflector es irrelevante cuando se fija con el sistema de unión (2') a la estructura.

A la vista de los modos de realización particulares y ensayos mostrados, y tal y como ya se indicara, el concepto de sistema de unión desarrollado en la presente invención, garantiza una libertad de restricciones de giro en los apoyos exclusivamente durante el montaje, mientras que satisface la condición de inmovilidad espacial y temporal (continuidad y permanencia) frente a las fuerzas que actúan sobre el sistema, durante toda la vida útil del mismo.

5 El sistema de unión articulada de la invención,

- 10 ▪ permite minimizar la pérdida de rendimiento óptico de una instalación termosolar de concentración debida a errores de construcción y montaje de la estructura metálica soporte y a errores de fabricación y posicionado de los elementos de unión entre reflector y la estructura. El empleo de esta invención redundante finalmente en un incremento sustancial de los ingresos económicos de una planta de producción de energía termosolar.
- 15 ▪ permite trabajar con tolerancias constructivas más favorables, tanto en la estructura metálica soporte como en los procesos de colocación del cuerpo principal de unión o pastilla durante la fabricación del elemento reflector. Esto da lugar a una reducción de los costes de fabricación de todos los componentes de la instalación, en horas de personal, tiempos de ciclo, control de calidad, utillajes de posicionado,...
- 20 ▪ permite utilizar elementos de bajo coste para su fabricación, y
- 25 ▪ permite una unión de fácil montaje y desmontaje, en caso de que así fuera requerido.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de unión articulada (1'') de elementos reflectores solares a estructuras de soporte que comprende un elemento de fijación macho (3'')
- 5 un cuerpo principal de unión (2''), destinado a fijarse sobre la cara del elemento reflector (13) opuesta a la cara de incidencia de la radiación solar, que comprende un orificio pasante (14'') destinado a recibir el elemento de fijación macho (3''), disponiendo el orificio pasante (14'') del cuerpo principal de unión (2'') de un diámetro sustancialmente mayor de aquél del elemento de fijación macho (3'') que permite el giro de dicho elemento de fijación macho (3'') alrededor de cualquier eje en el espacio que pasa a través de un punto fijo de giro del cuerpo principal de unión (2''), y
- 10 una arandela esférica (4'') con un orificio pasante (15') destinada a permitir el paso a su través del elemento de fijación macho (3''), disponiendo el elemento de fijación macho (3'') de un primer extremo para alojarse en el orificio pasante (14'') del cuerpo principal de unión (2'') y un segundo extremo para recibir un elemento de fijación hembra (5'') destinado a fijar de forma rígida todo el elemento reflector (13) y conjunto de estructura de soporte, caracterizado porque
- 15 el cuerpo principal de unión (2'') comprende una zona central elevada y curvada (20) en la que se sitúa el orificio pasante (14'') y una apertura lateral que comunica con una ventana (18), la arandela esférica (4'') descansa sobre la superficie de la zona curvada (20) del cuerpo principal de unión (2''), y porque
- 20 el elemento de fijación macho (3'') comprende una cabeza esférica (9''), la cabeza esférica (9'') del elemento de fijación macho (3'') se ajusta, en situación de operación, a la superficie interior de la zona central elevada y curvada (20) del cuerpo principal de unión (2'')
2. Sistema de unión articulada (1'') según la reivindicación 1, caracterizado porque el cuerpo principal de unión (2'') comprende una lámina inferior (21) plana destinada a fijarse al elemento reflector (13).
- 25 3. Sistema de unión articulada (1'') según la reivindicación 1, caracterizado porque el diámetro del orificio pasante (14) permite el giro del elemento de fijación macho (3'') en un ángulo de valor máximo 3°, preferentemente 2°.
4. Sistema de unión articulada (1'') según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 caracterizado porque comprende una arandela (12'') destinada a quedar dispuesta entre la estructura de soporte (10) y el elemento de fijación hembra (5'').
- 30 5. Un reflector para concentradores de energía solar que comprende al menos un sistema de unión articulada (1'') a su estructura de soporte según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
6. Una instalación reflectante de energía solar que comprende al menos un reflector según la reivindicación 5.
7. Un procedimiento de unión de un elemento reflector (13) a su estructura de soporte que comprende las siguientes etapas:
 - Proveer al menos un sistema de unión (1'') según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4;
 - 35 – Fijación del al menos un sistema de unión (1'') sobre la cara del elemento reflector (13) opuesta a la cara de incidencia de la radiación solar, en una posición coincidente con la correspondiente zona de unión de la estructura de soporte;
 - Posicionamiento del elemento reflector con el al menos un sistema de unión (1'') sobre la estructura de soporte; y
 - 40 – Fijación del conjunto para obtener una unión rígida.

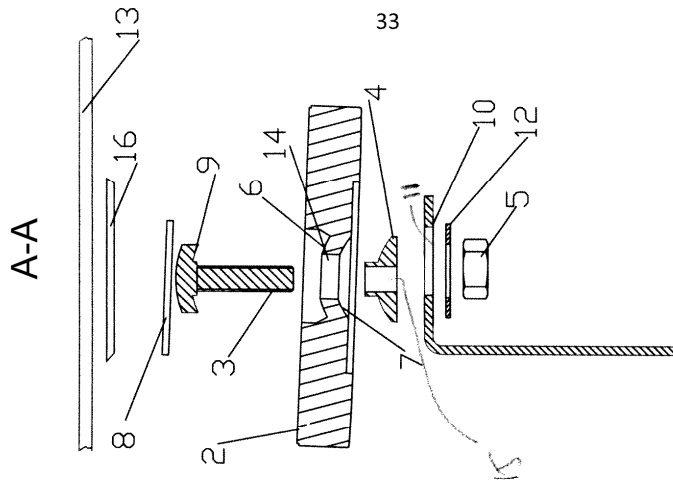


FIG. 2

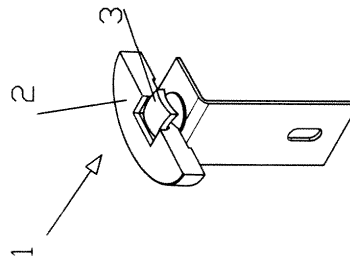
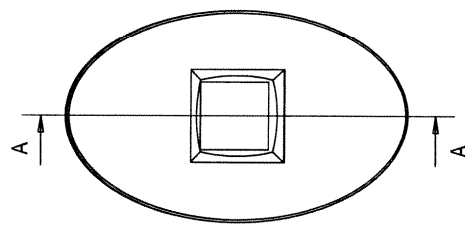
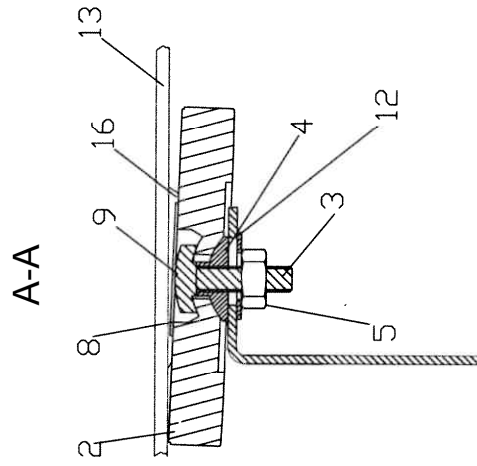


FIG. 1

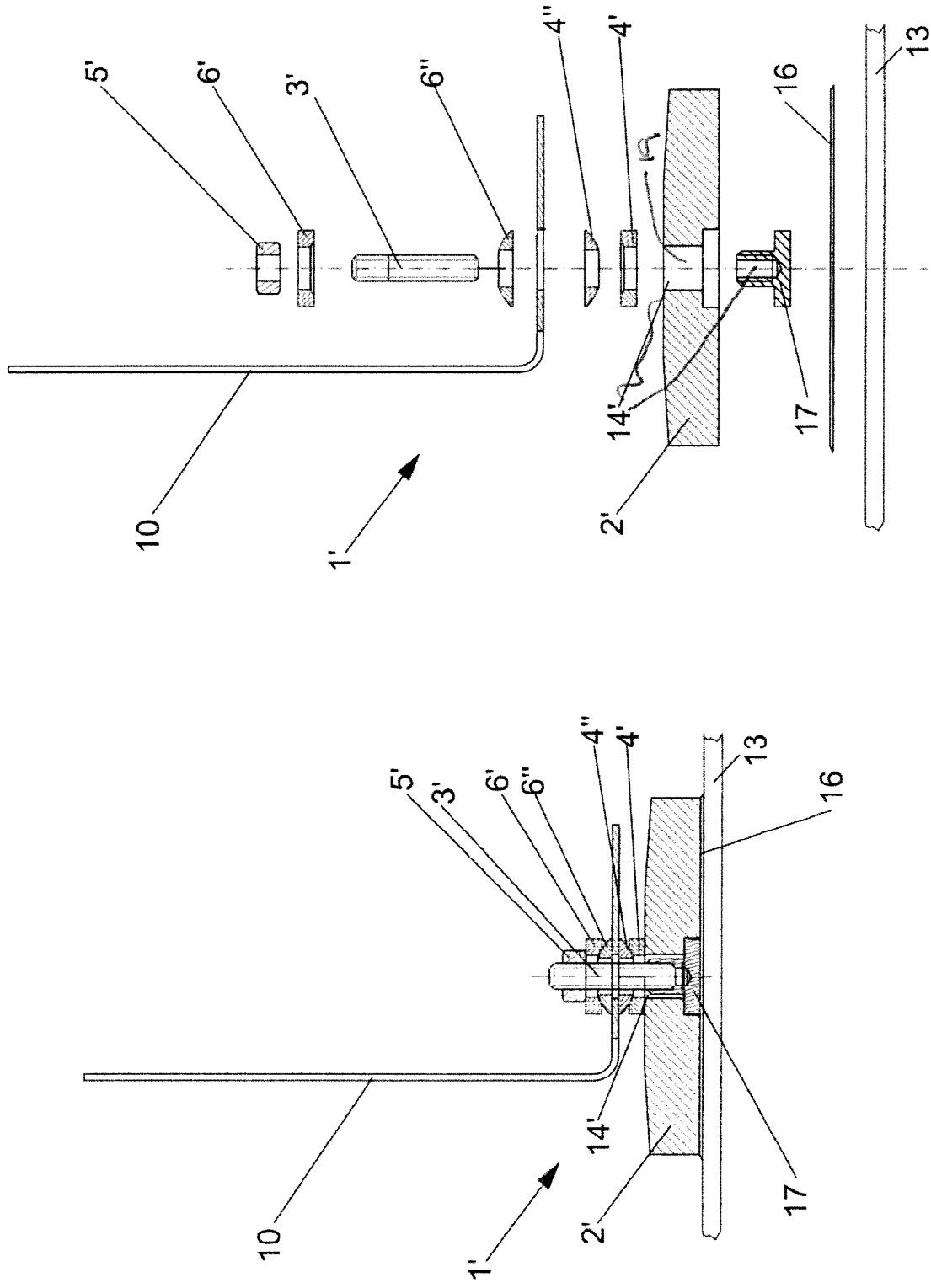


FIG.3

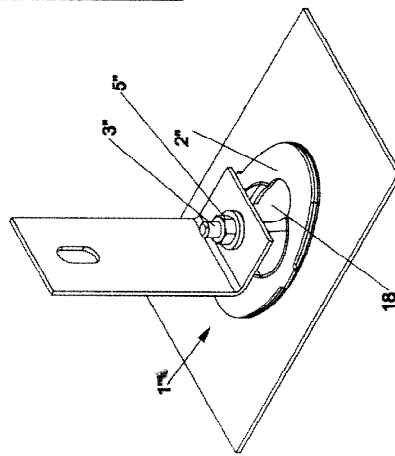
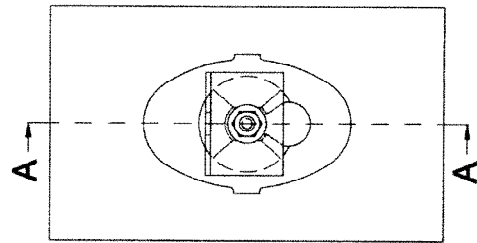
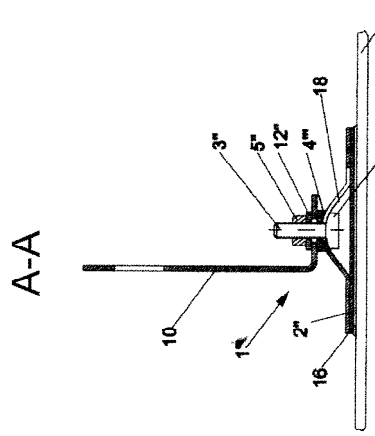
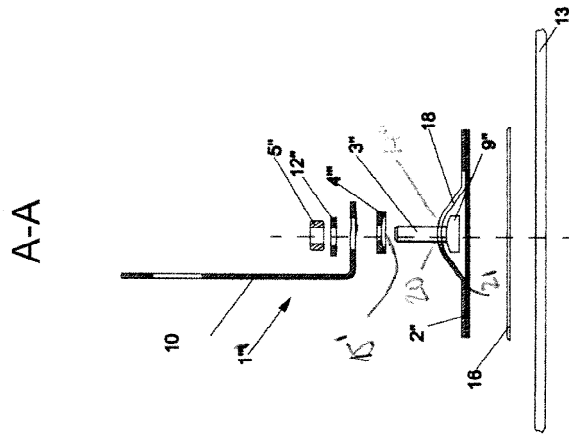


FIG. 5

FIG. 4

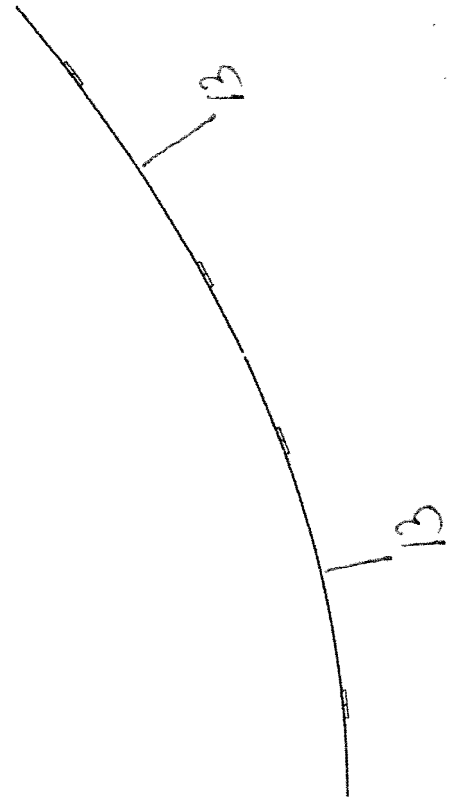
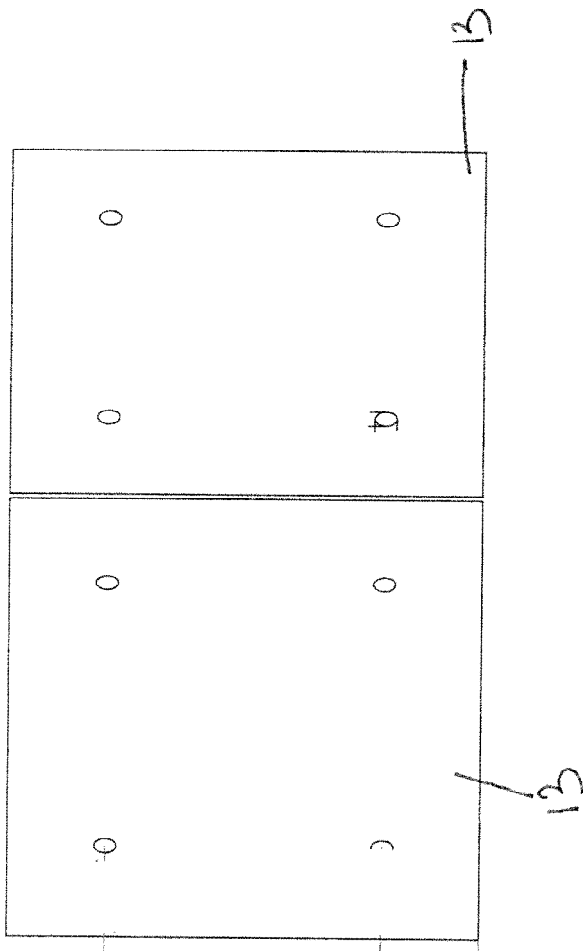


FIG. 6