

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la
Propiedad Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
10 de julio de 2014 (10.07.2014)

WIPO | PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2014/106677 A1

- (51) Clasificación Internacional de Patentes:
F24J 2/07 (2006.01) F24J 2/18 (2006.01)
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2013/070823
- (22) Fecha de presentación internacional:
27 de noviembre de 2013 (27.11.2013)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
P201300009 3 de enero de 2013 (03.01.2013) ES
- (71) Solicitante: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID [ES/ES]; OTRI-Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES).
- (72) Inventor: MARTÍNEZ-VAL PEÑALOSA, José María; Universidad Politécnica de Madrid, OTRI-Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro De Maeztu, 7, E-28040 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, LT, 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, SD, SL, 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))

(54) Title: MULTI-TUBE RECEIVER WITH CAPTURED SOLAR RADIATION

(54) Título : RECEPTOR MULTITUBULAR CON RADIACIÓN SOLAR ATRAPADA

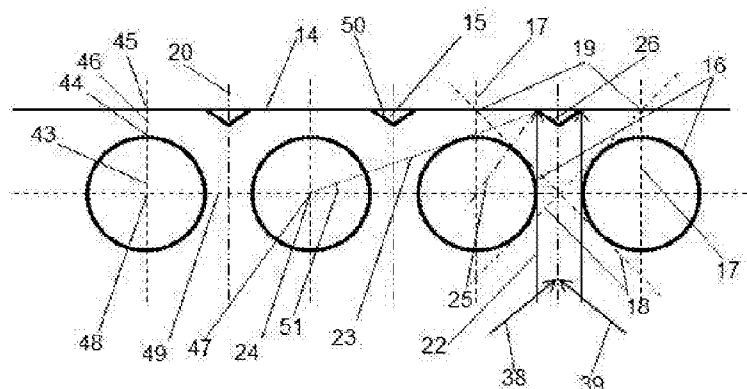


Figura 5

(57) Abstract: The invention relates to a device consisting of a plurality of parallel tubes that absorb solar radiation and are separated from each other by a clearance, to which is added a rear reflective wall separated from the rear part of the tubes by a determined distance, said wall comprising projections that are also reflective and in the form of a double wedge, coinciding with the clearance areas, the angle of said wedge also being specified according to the relation between the pitch and diameter of the tubes, and to the maximum angles of incidence at which the radiation hits the receiver from the heliostat field.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]

WO 2014/106677 A1



Dispositivo de múltiples tubos paralelos absorbentes de radiación solar, separados entre sí por un huelgo, al cual se le adiciona una pared posterior reflectante, separada de la parte trasera de los tubos en una distancia determinada, incluyendo en dicha pared unas protuberancias también reflectantes en forma de doble cuña, que coinciden con las zonas de huelgo, y cuyo ángulo de cuña está también especificado en función de la relación entre paso y diámetro de los tubos, y de los ángulos máximos de incidencia con que llega la radiación al receptor, desde el campo de espejos.

RECEPTOR MULTITUBULAR CON RADIACIÓN SOLAR ATRAPADA

DESCRIPCIÓN

5 Sector de la técnica

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

10

La invención trata concretamente de los colectores o receptores, que son los componentes en los que un fluido absorbe la energía térmica aportada por la radiación; y más concretamente trata de aquellos en los cuales el fluido circula por dentro de tubos, en general paralelos entre sí; que pueden tener posición vertical, si
15 están integrados en una torre central, o posición horizontal, por ejemplo en el montaje denominado Fresnel de reflexión.

20

Los tubos forman una pantalla de captación de la radiación, que es absorbida en esa superficie de los tubos, cara al exterior, y el calor pasa por conducción dentro del tubo y por convección, al fluido calorífero que circula por su interior.

Antecedentes de la invención

La invención tiene antecedentes inmediatos, particularmente en la patente ES2345427 B2, que trata de un dispositivo receptor de radiación solar reflejada por espejos
25 longitudinales, y la ES2356549, que trata de un receptor multitubo en el que los circuitos se pueden variar en función de los objetivos de calentamiento. El primer inventor de dichas patentes es el mismo que firma la presente solicitud. También es el firmante de la patente ES2321576 B2, que presenta un colector multitubo de dilatación y presión compensadas, y de la solicitud P201201056, que trata de una carcasa para
30 alojar un haz de tubos paralelos y contiguos, en los cuales la entrada y salida de cada circuito de fluido se realiza por el mismo extremo de la carcasa, y en el extremo opuesto, cerrado, los tubos consecutivos de un circuito van unidos por una conducción en U.

Existen varios documentos sobre colectores con tubos, como la solicitud internacional WO 2009/029277 A2, que plantea una configuración Fresnel convencional con receptor multitubo, y numerosas variantes de configuración, aunque sin prescripciones que se asemejen a las aquí presentadas; y la WO 2009/023063 A2, que trata de un receptor inclinado respecto del suelo, con estructura asimétrica para favorecer la captación de la radiación, pero igualmente no aborda la misma problemática que esta solicitud. Otros documentos significativos con reflector secundario que se adapta a concentrar sobre un tubo la radiación que proviene del campo de espejos son la ES2364115(A1), que propone una forma específica de doble campana parabólica, en cuya línea focal se ubica el tubo receptor, y la FR2975473(A1) que emplea dos unidades paralelas, cada una con su tubo en la línea focal y reflector secundario de doble parábola, pero esencialmente es una repetición de la óptica geométrica de usar un tubo focal en el foco de una doble parábola, que es lo reivindicado en la ES2364115.

15

La patente mencionada en primer lugar, ES2345427 B2, utiliza uno o varios haces de tubos contiguos, que forman una pantalla ante la radiación, y no necesitan reflector secundario de ningún tipo.

20 **Problema técnico a resolver**

Los tubos de un receptor multitubo están iluminados sólo por la cara exterior, lo que produce un gradiente térmico en sentido circunferencial, parcialmente mitigado por la propia convección interna, pero que va produciendo deformación y fatiga en el tubo. Más aún los receptores multitubos tienen que cubrir toda la superficie que va a ser iluminada por la radiación incidente, y a su vez el radio de los tubos conviene que está ajustado al óptimo de las prestaciones térmicas de los fluidos caloríferos, y eso puede plantear soluciones incompatibles entre sí, teniendo en cuenta además que multiplicar el nº de tubos, haciéndoles más pequeños para mejorar sus coeficientes de convección, implica aumentar la pérdida de carga y la potencia de bombeo; mientras que aumentar su radio comporta reducir sensiblemente la potencia de bombeo, pero se incrementa notablemente el peso, lo cual puede tener efectos mecánicos y estructurales que incrementen el coste mucho; en especial si el fluido requiere alta presión, como son los gases, pues ello requiere espesores considerables en los tubos.

Por tanto, el problema a resolver es encontrar una disposición óptico-geométrica que permita dejar holgura entre tubos vecinos, sin que dicho huelgo se constituya en un canal de pérdida de la radiación que no incide directamente en los tubos, y que podría reflejarse directamente en la pared de atrás del colector, escapándose del fin que interesa, que es la absorción de la radiación en el haz de tubos. El objetivo perseguido es, pues, idear una disposición de tubos y de pared posterior a ellos, con características reflectantes y geometría especificada, que permita separar los tubos entre sí sin perder radiación de la que incide originalmente.

10 Descripción de la invención

La invención se ubica en una carcasa que sirve de receptor de radiación solar proveniente de un campo de espejos de la configuración que sea, tanto si son espejos de un eje en el seguimiento solar, tipo Fresnel de reflexión, como si son de dos ejes en el giro del espejo para el seguimiento el sol, cual es el caso de los campos de heliostatos para iluminación de torre central; consistiendo la invención en que los tubos del receptor se disponen paralelos entre sí, y paralelos a la pared del colector que está detrás de dichos tubos en el sentido de incidencia de la radiación, o pared posterior, estando recubierta dicha pared posterior de un elemento reflectante, seleccionado entre papel metalizado o cualquier sustancia que sea termoestable y reflectante a la temperatura de aplicación de la invención,

- situando dicha pared posterior en un plano virtual paralelo al plano virtual tangente a los tubos por sus líneas generatrices más traseras en el sentido de incidencia de la radiación,

- estando dicha pared posterior más cercana al haz de tubos que una posición límite, o como mucho en la posición límite, definida dicha posición límite de dicha pared posterior en una sección recta del colector, perpendicular a los tubos,

- estando dicha posición límite de la pared posterior en coincidencia con el plano virtual que coincide con los puntos de corte que existen, en dicha sección recta, entre cada tangente a dos tubos vecinos cualesquiera y la recta que es perpendicular a la recta que representa la pared posterior en dicha sección recta y a la vez pasa por el punto que representa el eje del segundo tubo que toca dicha tangente, tocando dicha tangente por la cara anterior del primer tubo al que toca, en el sentido de incidencia de la radiación, y tocando al segundo tubo por su cara posterior,

- llamando D al diámetro de los tubos, R al radio, H al huelgo dejado entre dos tubos consecutivos, P a la distancia entre ejes de dichos tubos, que es igual al

diámetro más el huelgo, y por tanto $P=D+H$, y llamando semipaso S a la mitad del paso, y por tanto $S=P/2$, y, y llamando T a la distancia entre la posición límite de la pared posterior y el plano virtual tangente a los tubos por sus líneas generatrices más traseras,

5 - y expresando el valor de la distancia límite T en función de los datos geométricos del haz de tubos, llamando ángulo A al que tiene como coseno el valor del cociente entre el diámetro D y el paso P , y por tanto $A=\arccos(D/P) = \arccos(D/(D+H))$,

10 - siendo el valor de la distancia límite, T , que existe como máximo entre la pared posterior y las generatrices más traseras de los tubos, igual a la diferencia en la que el minuendo es el cociente del semipaso dividido por la tangente del ángulo A , y el sustraendo es el valor del radio R , y por tanto $T= (S/\operatorname{tg}A) - R$

- que se puede reescribir como $T = ((R+(H/2))/\operatorname{tg}A) - R$

15 - y a su vez al valor de la $\operatorname{tg} A$ se expresa en función del cociente entre el semipaso y el radio, denominado por C , siendo $\operatorname{tg} A = (C^2 - 1)^{1/2}$, por lo cual la distancia límite T se expresa como $T= ((R+(H/2))/(C^2 - 1)^{1/2}) - R$

- siendo la distancia real L entre la pared posterior y las generatrices más traseras de los tubos, menor o igual a la distancia límite T .

20 Con la disposición expuesta se consigue atrapar una fracción de la radiación originaria que no incide directamente sobre los tubos, y es concretamente la que incide en la pared posterior en la zona que está justo detrás de los tubos, definiendo esta zona como el conjunto de segmentos de la recta que representa la pared posterior en la sección recta del colector, estando comprendidos cada uno de dichos segmentos entre
25 los puntos donde inciden en dicha pared posterior las tangentes a cada tubo, por cada lado, que son a su vez normales a la pared posterior.

En la parte complementaria de la pared posterior, que corresponde a la que no está detrás de los tubos, se puede dar la reflexión en la pared posterior, saliendo el rayo
30 reflejado sin incidir en ningún tubo, por lo que a efectos prácticos esos rayos se pierden. La invención incluye que en cada segmento de este tipo, en las zonas de la pared posterior que corresponden a un huelgo entre tubos, se dispone como protuberancia de la pared, un prisma longitudinal cuya sección recta es una cuña doble simétrica, que arranca por cada lado en el punto donde incide la tangente al tubo
35 correspondiente y que es a la vez perpendicular a la pared posterior, alcanzando dicha

cuña la máxima altura, M, de protuberancia hacia los tubos, justo en el centro del huelgo, siendo esta altura M igual a la mitad de la anchura del huelgo por la tangente del ángulo de cuña, denominado ángulo G, definido en función de otro ángulo característico de la geometría del haz de tubos, o ángulo referente de dispersión, B, definido por ser su tangente igual al cociente entre un dividendo que es la suma del

$$\begin{aligned} \text{tg } B &= (R+L)/(3 \cdot R + H) \\ B &= \text{arc tg}((R+L)/(3 \cdot R + H)) \\ G &= (90^\circ - B)/2 \\ M &= (H/2)\text{tg}G \end{aligned}$$

De esta manera, el rayo tangente a un cilindro y normal al plano original de la pared posterior produce una reflexión por la cual su rayo reflejado va en dirección de incidencia hacia el centro del tubo subsiguiente al que es tangente, por el otro lado. Esta trayectoria puede impactar con el propio tubo al que ha sido tangente el rayo original, cuando la pared posterior quede muy cerca de los tubos, o impactará con dicho subsiguiente tubo en caso contrario, pero no podrá escapar de la jaula de radiación que representa el conjunto de tubos.

Otra característica contemplada en la invención es el máximo valor del ángulo de incidencia de la radiación originaria, respecto de la recta virtual normal a la pared posterior. Caben dos alternativas, que pueden denominarse de tubos próximos y de tubos alejados, respectivamente, y quedan definidas por el criterio siguiente: si el máximo ángulo de incidencia de la radiación es mayor que el ángulo de incidencia de una recta tangente a dos tubos consecutivos, los tubos están próximos, siempre en sentido relativo a la radiación originaria; y si el máximo ángulo de incidencia de la radiación, correspondiente a su rayo extremo, es menor que el ángulo de incidencia de una recta tangente a dos tubos consecutivos, los tubos están alejados, y en este caso las cuñas simétricas tienen un ángulo que es la semisuma del ángulo máximo de incidencia de la radiación original y el ángulo de incidencia de la tangente a dos tubos, respecto de la normal al plano posterior, siendo la altura M de las cuñas igual a la mitad de la anchura del huelgo por la tangente de este ángulo de cuña.

Queda por último considerar la distancia mínima entre la pared posterior y las generatrices traseras de los tubos. Cuanto menor sea esa distancia, para un haz determinado de tubos, mayor es el valor máximo M de protuberancia de las cuñas, que incluso pueden llegar a interferir las trayectorias directas de los rayos incidentes, y al mismo tiempo se hace menos uniforme la radiación secundaria que impacta en la zona trasera de los tubos. La citada interferencia sólo llega a ser efectiva para separaciones muy amplias entre tubos, superiores incluso a su diámetro. Para huelgos H menores que el radio, el valor de B no baja apreciablemente de $18,5^\circ$, cuya tangente es $1/3$, por lo que el ángulo G no sube mucho de 36° , cuya tangente es $0,72$; lo cual quiere decir que $M = 0,36 \cdot H$; y al ser H menor que R, la protuberancia no llega ni al nivel de los centros de los tubos. Esto sí puede pasar para huelgos amplios, mayores que el diámetro. En todo caso, hay un límite teórico en la definición de la cuña, y es $G = 45^\circ$, lo que implica $\text{tg}G = 1$ y $M = H/2$; y si H es mucho mayor que D, sí puede haber notoria interferencia.

En todo caso, el criterio técnico de la invención es que la distancia real L entre la pared posterior y las generatrices traseras de los tubos no ha de ser menor que lo necesario para igualar la apertura de la radiación incidente en el receptor. Es bien conocido que la luz solar, al no ser el Sol para nosotros un punto, sino un disco, tiene una apertura natural de 9 miliradianes; la cual se amplifica por las características de los espejos, pudiendo llegar a 15, 20 ó más miliradianes de apertura, siendo esta magnitud la que se toma como estándar mínimo para determinar el valor de L. En concreto, teniendo en cuenta que la reflexión desde la base de la cuña dista R hasta el punto de mínima distancia, que es L, se fija como valor mínimo de esta distancia L el producto del radio R por el doble de la apertura de la luz solar natural, 0,018 radianes, es decir

$$L > 0,018 \cdot R.$$

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 corresponde al estado del arte y muestra un esquema, en sección recta, de un colector solar de varios tubos, según se presenta en el documento ES2345427 B2.

La figura 2 también corresponde al estado del arte, según la patente ES2321576 B2, y muestra el esquema frontal de un haz de tubos en un colector de dilatación y presión compensadas.

La figura 3 muestra un corte transversal de un receptor o colector de radiación atrapada, según presenta este documento, con las prescripciones de la invención, para la posición límite de la pared posterior.

La figura 4 muestra un corte transversal completo del mismo receptor, señalando
5 varias trayectorias de rayos significativos, apreciándose su atrapamiento por incidir en las caras posteriores de los tubos.

La figura 5 muestra un corte transversal similar a la figura 3 pero con mayor separación de tubos e identificaciones complementarias de los elementos geométricos
10 involucrados.

La figura 6 muestra un corte análogo al anterior, pero para un caso de tubos alejados entre sí respecto de la apertura de la radiación incidente.

15 **Modo preferente de realización de la invención**

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, anotando que las figuras 3, 4, 5 y 6 están descritas en una sección recta del receptor, en la cual se dibuja el haz de tubos según la horizontal del dibujo, e igualmente es
20 horizontal la pared posterior, empleándose en ese sentido relativo los adjetivos horizontal y vertical, que no tienen por qué corresponder pues al horizonte y la vertical del lugar:

1. Carcasa del receptor de la radiación solar,
2. Haz de tubos que conforman el receptor, donde se absorbe la radiación solar
25 concentrada.
3. Radiación solar concentrada proveniente de un campo de espejos.
4. Estructura de sujeción de los tubos respecto de la pared (posterior) de la carcasa (esta estructura no corre longitudinalmente a todo lo largo del receptor, sino que son simplemente tirantes y traviesas localizadas en sitios específicos,
30 muy separados entre sí).
5. Elementos adicionales de la estructura 4, bien por separación de tubos de distinta temperatura, bien por cuestiones de peso.
6. Sujeción de la carcasa respecto de la estructura exterior.
7. Aislante de las paredes de la carcasa
- 35 8. Ventana transparente.

9. Juntas de la ventana.
10. Conexión de entrada del fluido calorífero en el receptor.
11. Distribuidor del fluido calorífero de entrada en los tubos del receptor.
12. Colector de salida del fluido calorífero desde los tubos del receptor.
- 5 13. Conexión de salida del fluido calorífero.
14. Pintura o cubierta reflectante que recubre interiormente a la pared posterior de la carcasa.
15. Cuñas reflectantes que forman protuberancias específicas en la pared 14.
16. Dos tubos consecutivos en el haz de tubos (2).
- 10 17. Ejes diametrales verticales de los tubos 16.
18. Tangentes a ambos tubos 16.
19. Puntos de corte entre los ejes 17 y las tangentes 18, en la sección recta del colector en la que se define la invención, y que marcan el plano donde debe situarse la cubierta reflectante 14 en su posición límite.
- 15 20. Ejes virtuales de simetría en los puntos medios de los huelgos.
21. Paredes reflectantes laterales de cierre de la cubierta reflectante 14.
22. Rayo incidente perpendicular a la pared posterior y tangente a uno de los tubos 16.
23. Rayo reflejado del rayo 22, que va en dirección al centro 24 del tubo siguiente al de la tangente.
- 20 24. Centro del tubo siguiente al de la tangente o rayo 22.
25. Bisectriz del ángulo de reflexión entre los rayos 22 y 23. Es perpendicular a la rampa de la cuña en la cual se produce la reflexión, y su ángulo de cuña se determina precisamente así.
- 25 26. Rampa de la cuña.
27. Rayo con punto de incidencia 28 en la zona de sombra tras un tubo, siendo la bisectriz 29 del ángulo de reflexión normal a la pared posterior, por lo que el rayo reflejado 30 no puede sino impactar con el tubo a cuya sombra está.
28. Punto de incidencia del rayo 27.
- 30 29. Normal a la pared posterior en el punto 28, que es la bisectriz de cualquier reflexión que se produzca ahí.
30. Rayo reflejado del rayo 27 en el punto 28.
31. Rayo con punto de incidencia 32 en la zona del huelgo, que por tanto se refleja según la normal a la rampa de la cuña,
- 35 32. Punto de incidencia del rayo 31 en una cuña.

33. Rayo reflejado en 32, que sale con una oblicuidad definida por el ángulo de la cuña para que impacte en el tubo siguiente al del huelgo.
34. Rayo reflejado de trayectoria muy similar al 33, pero que impacta en el punto 35 de la pared de cierre lateral, también reflectante.
- 5 35. Punto de la pared de cierre lateral 21.
36. Pared de la parte externa del colector, que da idea de la apertura de la radiación que proviene del campo de espejos.
37. Eje de los centros de los tubos, paralelo a la pared posterior.
38. Rayo procedente del campo de espejos, con mayor ángulo de incidencia respecto de la normal a la pared posterior, desde la izquierda.
- 10 39. Rayo procedente del campo de espejos, con mayor ángulo de incidencia respecto de la normal a la pared posterior, desde la derecha.
40. Normal a la rampa 26 de la cuña, en este caso particular de la reflexión de un rayo extremo.
- 15 41. Rayo incidente en la base de la normal 40, y paralelo al 38.
42. Rayo reflejado del 41, con la misma inclinación que las tangentes dobles, 18.
43. Eje diametral de un tubo, normal a la pared posterior 14.
44. Punto que representa en el plano del dibujo a la generatriz trasera del cilindro que constituye la superficie de un tubo.
- 20 45. Punto de corte del eje 43 con la pared 14.
46. Segmento, denominado L, que expresa la distancia entre las generatrices traseras de los tubos y la pared posterior 14, que ha de ser menor o igual que el valor T, que corresponde a la posición límite.
47. Centro de un tubo.
- 25 48. Centro de otro tubo, contiguo o vecino del anterior.
49. Paso, denominado P, entre tubos, correspondiente al segmento entre los puntos 47 y 48.
50. Ángulo de la cuña 15, denominado ángulo G.
51. Ángulo, denominado B, utilizado para definir el ángulo de cuña, G (50).

30

Para la aplicación de la invención y su materialización es preciso seleccionar el material a emplear, que ha de ser de alta absortividad a la radiación solar en el caso de la pintura, recubrimiento o tratamiento superficial de los tubos; y que ha de ser de alta reflectividad a dicha radiación solar en el caso del recubrimiento, pintura o

35 tratamiento superficial de la pared posterior y de sus cierres laterales; que son los dos

elementos a los que específicamente se les aplica la invención. Los tubos en sí pueden ser de acero al carbono, acero aleado, o cualquier otro material al uso en ingeniería térmica. El recubrimiento reflectante de la pared puede ser de papel metálico o chapa delgada de tipo especular, y puede ir sobre un aislante térmico
5 adecuado, como la fibra de vidrio o fibra de roca prensada y presentada en mantas planas rígidas.

Las dimensiones de los tubos y del receptor se amoldarán a la aplicación que se trate, y por lo que corresponde a la invención sólo son específicas las dimensiones relativas,
10 tomando como referencia el diámetro de los tubos. Aunque en las figuras se han presentado con paso y diámetro uniforme, en un mismo receptor puede haber diversas zonas que usen tubos de distinto diámetro separados por pasos diferentes, y las especificaciones de la invención se aplican independientemente en cada zona, estando separadas éstas por los cierres laterales (21).

15 Cuestión esencial es la disposición de las cuñas dobles, que se confeccionan del mismo material que la pared posterior, tanto en la superficie como en el sustrato. Para ello basta cortar en bisel las mantas rígidas en cuestión y adherirlas o coserlas lateralmente con grapas, entre sí y a la pared posterior.

20 Una previsión elemental en la aplicación de la invención es la de identificar el modo de sustitución del recubrimiento reflectante de la pared posterior y cierres laterales, ante la eventualidad de su degradación y pérdida de reflectividad, debido, entre otras posibles causas, a las altas temperaturas alcanzadas en las cuales se pueden activar
25 mecanismos de reacciones químicas con el gas existente dentro del colector.

Y es fundamental subrayar que esta invención es esencialmente geométrica, con repercusiones ópticas, por lo cual es aconsejable la verificación de prescripciones mediante telemetría laser o técnica de similar precisión. Los elementos estructurales
30 exteriores, de soporte del receptor, etc, no son objeto de esta invención, aunque lógicamente son esenciales para que el receptor conformado según estas prescripciones pueda mantener su integridad y dimensiones.

En la aplicación presentada en la figura 3, la razón paso a diámetro, $C=P/D$, es igual a
35 1,22; lo que representa que $\text{tg } A = 0,7$. Ello se puede corroborar con el valor del ángulo

A como arco cuyo coseno es $1/1,22$; lo cual da $A=35^\circ$. Ello lleva a un valor de T, como corresponde en la figura, de $((1,22/0,7)-1) \cdot R$, es decir $T=0,75 \cdot R$.

5 En cuanto a la determinación de la cuña, el ángulo B de referencia es el arco cuya tangente es $(1,75/3,44)$, que es 27° , a lo que corresponde un valor de $G=31,5^\circ$, cuya tangente es 0,61, lo cual conduce a un valor de $M=0,3 \cdot H = 0,135 \cdot R$.

10 En el caso de la figura 5 la separación es algo mayor, con un valor de $C=1,353$ ($H=0,7 \cdot R$); lo que conduce a $\text{tg}A=0,911$ ($A=42,3^\circ$) y a un valor de $T=(1,353/0,911)-1$, en términos de R, es decir $T=0,485 \cdot R$.

En cuanto a la cuña, B es el arco cuya tg es $(1,5/3,7)$, lo que da 22° ; que a su vez conduce a $G=34^\circ$, cuya tg es 0,677, y por tanto $M=0,34 \cdot H = 0,24 \cdot R$.

15 El caso de la figura 6 corresponde a una separación mayor, con $C=2$, y con una apertura de recepción de radiación que tiene menos ángulo de incidencia que las tangentes a los tubos (que inciden con 60°). Esto hace que para la determinación de T se siga el mismo procedimiento ya descrito, pero no así para la cuña, cuya normal ha de enviar el rayo reflejado con una pendiente igual a las tangentes dichas, lo que
20 significa que esta normal ha de ser la bisectriz del ángulo de reflexión que se desea, que tiene como entrada el rayo extremo de la radiación que llega, cuya pendiente depende de la aplicación en cuestión, que en la figura 6 se concretan con ángulos de incidencia de 60° para la tangente a los tubos, de 48° para el rayo extremo, quedando por tanto la normal con 54° , que es lo que vale el ángulo G, por ser iguales (ángulos
25 entre perpendiculares). En este caso la protuberancia de la cuña excede incluso al valor del radio.

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

REIVINDICACIONES

- 1 – *Receptor multitubular con radiación solar atrapada*, ubicado en una carcasa o colector que sirve de receptor para la radiación proveniente de un campo de espejos de la configuración que sea, **caracterizado** porque los tubos del receptor se disponen paralelos entre sí, y paralelos a la pared del colector que está detrás de dichos tubos en el sentido de incidencia de la radiación, o pared posterior, estando recubierta dicha pared posterior de un elemento reflectante, seleccionado entre papel metalizado o cualquier sustancia que sea termoestable y reflectante a la temperatura de aplicación de la invención,
- situando dicha pared posterior en un plano virtual paralelo al plano virtual tangente a los tubos por sus líneas generatrices más traseras en el sentido de incidencia de la radiación,
 - estando dicha pared posterior más cercana al haz de tubos que una posición límite, o como mucho en la posición límite, definida dicha posición límite de dicha pared posterior en una sección recta del colector, perpendicular a los tubos,
 - estando dicha posición límite de la pared posterior en coincidencia con el plano virtual que coincide con los puntos de corte (19) que existen, en dicha sección recta, entre cada tangente (18) a dos tubos vecinos (16) cualesquiera y la recta que es perpendicular a la recta que representa la pared posterior (14) en dicha sección recta y a la vez pasa por el punto que representa el eje (17) del segundo tubo que toca dicha tangente, tocando dicha tangente por la cara anterior del primer tubo al que toca, en el sentido de incidencia de la radiación, y tocando al segundo tubo por su cara posterior,
 - llamando D al diámetro de los tubos, H al huelgo dejado entre dos de ellos consecutivos, P a la distancia entre ejes de tubos, que es igual al diámetro más el huelgo, y por tanto $P=D+H$, y llamando semipaso S a la mitad del paso, y por tanto $S=P/2$, y R al radio, y llamando T a la distancia entre la posición límite de la pared posterior y el plano virtual tangente a los tubos por sus líneas generatrices más traseras,
 - y expresando el valor de la distancia límite T en función de los datos geométricos del haz de tubos, llamando ángulo A al que tiene como coseno el valor del cociente entre el diámetro D y el paso P, y por tanto $A=\arccos(D/P) = \arccos(D/(D+H))$,
 - siendo el valor de la distancia límite, T, que existe como máximo entre la pared posterior y las generatrices más traseras de los tubos, igual a la diferencia en la

que el minuendo es el cociente del semipaso dividido por la tangente del ángulo A, y el sustraendo es el valor del radio R, y por tanto $T = (S/\operatorname{tg} A) - R$

- que se puede reescribir como $T = ((R+(H/2))/\operatorname{tg} A) - R$

- y a su vez al valor de la tg A se expresa en función del cociente entre el semipaso y el radio, denominado por C, siendo $\operatorname{tg} A = (C^2 - 1)^{1/2}$, por lo cual la distancia límite T se expresa como $T = ((R+(H/2))/(C^2 - 1)^{1/2}) - R$

- siendo la distancia real L (46) entre la pared posterior (14) y las generatrices más traseras (44) de los tubos, menor o igual a la distancia límite T.

2 – *Receptor multitubular con radiación solar atrapada*, según reivindicación primera, **caracterizado** porque en las zonas de la pared posterior que corresponden a un huelgo entre tubos, se dispone como protuberancia de la pared, un prisma longitudinal cuya sección recta es una cuña doble simétrica (15), que arranca por cada lado en el punto donde incide la tangente (22) al tubo correspondiente y que es a la vez perpendicular a la pared posterior (14), alcanzando dicha cuña la máxima altura, M, de protuberancia hacia los tubos, justo en el centro del huelgo, siendo esta altura M igual a la mitad de la anchura del huelgo por la tangente del ángulo de cuña, denominado ángulo G, definido en función de otro ángulo característico de la geometría del haz de tubos, o ángulo referente de dispersión, B (51), definido por ser su tangente igual al cociente entre un dividendo que es la suma del radio R más la distancia real L desde la línea trasera de los tubos hasta la pared posterior, y un divisor que es la suma del diámetro D, el radio R y el huelgo H, y por tanto

$$\operatorname{tg} B = (R+L)/(3 \cdot R + H)$$

$$B = \operatorname{arc} \operatorname{tg}((R+L)/(3 \cdot R + H))$$

$$G = (90^\circ - B)/2$$

$$M = (H/2)\operatorname{tg} G.$$

3 – *Receptor multitubular con radiación solar atrapada*, según cualquiera de las reivindicaciones primera y segunda, **caracterizado** porque si el máximo ángulo de incidencia de la radiación correspondiente a su rayo extremo (38, 39), respecto de la recta virtual normal a la pared posterior, es menor que el ángulo de incidencia respecto de la misma recta normal a la pared posterior, de una recta tangente a dos tubos consecutivos (18), las cuñas simétricas tienen un ángulo (50) que es la semisuma del ángulo máximo de incidencia de la radiación original y el ángulo de incidencia de la

tangente a dos tubos, siendo la altura M de las cuñas igual a la mitad de la anchura del huelgo por la tangente de este ángulo de cuña.

- 4 – *Receptor multitubular con radiación solar atrapada*, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la distancia real L (46) entre la pared posterior y las generatrices más traseras de los tubos ha de ser mayor que el producto del radio R por el doble de la apertura de la luz solar natural, 0,018 radianes, es decir

$$L > 0,018 \cdot R.$$

10

- 5 – *Receptor multitubular con radiación solar atrapada*, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en un mismo receptor puede haber diversas zonas que usen tubos de distinto diámetro separados por pasos diferentes, y las especificaciones de la invención se aplican independientemente en cada zona, estando separadas éstas por los cierres laterales (21).

15

DIBUJOS

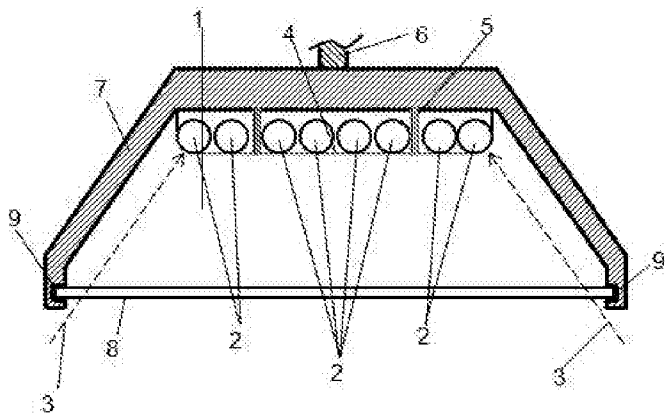


Figura 1

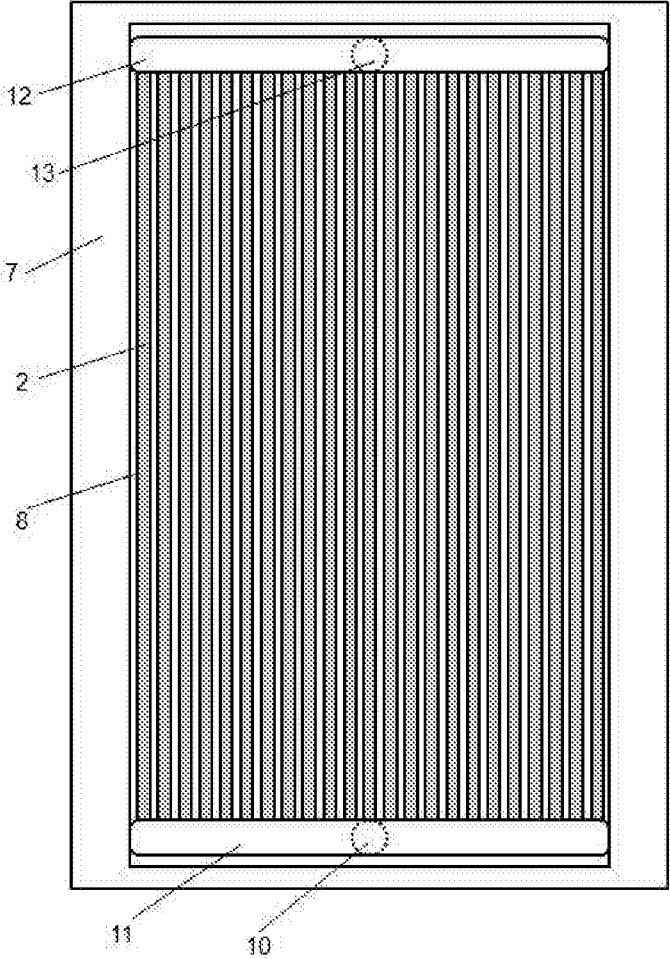


Figura 2

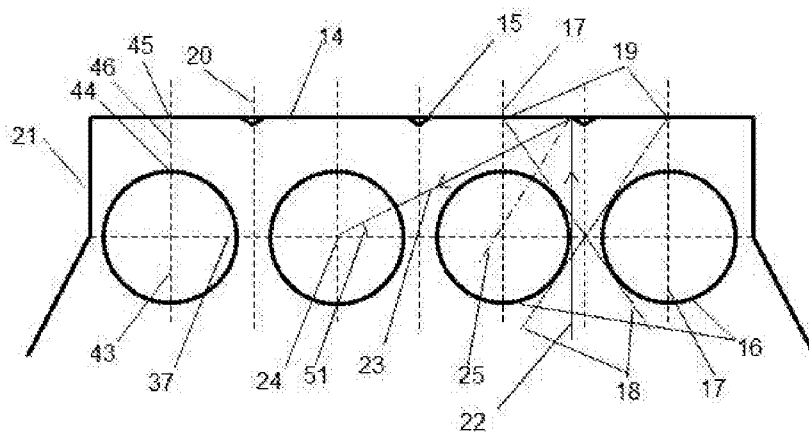


Figura 3

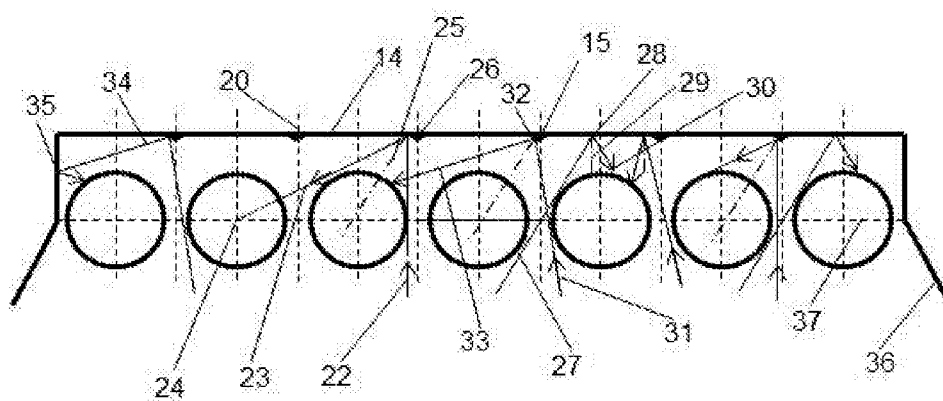


Figura 4

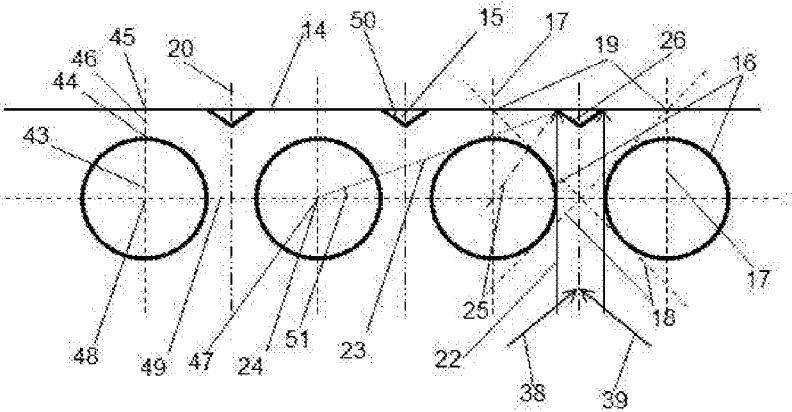


Figura 5

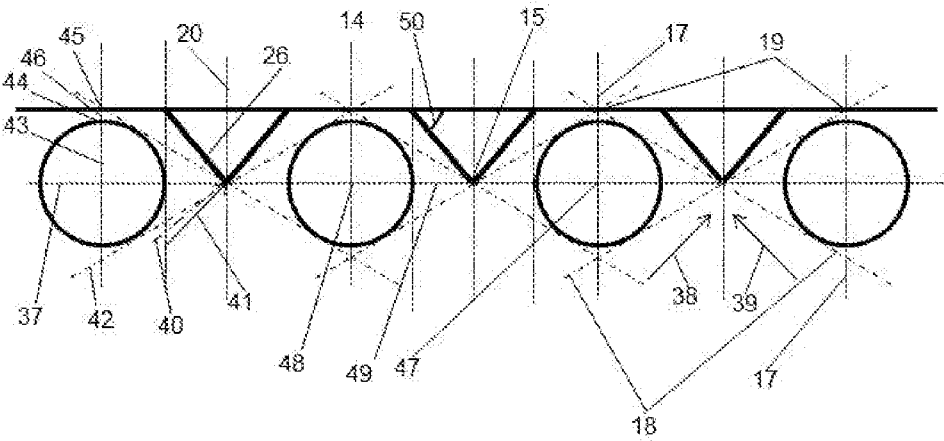


Figura 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2013/070823

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F24J2/07 (2006.01)

F24J2/18 (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

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, WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 748696 A (MONROE BROWNING JAMES) 05/01/1904, the whole document.	1-5
A	WO 2012156624 A1 (MEDITERRANEE CONST IND ET AL.) 22/11/2012, page 9, lines 10-18; figures 1, 2.	1
A	US 2009056699 A1 (MILLS DAVID R ET AL.) 05/03/2009, paragraph [144]; figure 17B.	1
A	US 4421102 A (POSNANSKY MARIO ET AL.) 20/12/1983, column 5, lines 57-61; figures 1, 3.	1

☐ 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
14/02/2014

Date of mailing of the international search report
(19-02-2014)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
J. Merello Arvilla

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

Telephone No. 91 3498452

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2013/070823

Information on patent family members

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US748696 A	05.01.1904	NONE	
-----	-----	-----	-----
WO2012156624 A1	22.11.2012	FR2975473 A1	23.11.2012
		FR2975473 B1	14.06.2013
-----	-----	-----	-----
US2009056699 A1	05.03.2009	CN103062915 A	24.04.2013
		PT2193314E E	14.03.2013
		ES2401042T T3	16.04.2013
		MX2010002251 A	01.06.2010
		MX2010002250 A	01.06.2010
		WO2009029277 A2	05.03.2009
		WO2009029277 A3	13.08.2009
		WO2009029275 A2	05.03.2009
		WO2009029275 A3	06.08.2009
		US2011005513 A1	13.01.2011
		EP2307817 A2	13.04.2011
		EP2193314 A2	09.06.2010
		EP2193314 B1	26.12.2012
		CN101836055 A	15.09.2010
		CN101836055B B	04.07.2012
		CN101836054 A	15.09.2010
		CN101836054B B	10.10.2012
		AU2008293906 A1	05.03.2009
		AU2008293904 A1	05.03.2009
		WO2009023063 A2	19.02.2009
		WO2009023063 A3	18.06.2009
		US2009084374 A1	02.04.2009
		US2009056703 A1	05.03.2009
		US2009056701 A1	05.03.2009
-----	-----	-----	-----
US4421102 A	20.12.1983	EP0015964 A1	01.10.1980
		WO7901021 A1	29.11.1979
		DE2831023 A1	15.11.1979
		CH636428 A5	31.05.1983
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2013/070823

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

F24J2/07 (2006.01)

F24J2/18 (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

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, WPI

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 748696 A (MONROE BROWNING JAMES) 05/01/1904, todo el documento.	1-5
A	WO 2012156624 A1 (MEDITERRANEE CONST IND ET AL.) 22/11/2012, página 9, líneas 10-18; figuras 1, 2.	1
A	US 2009056699 A1 (MILLS DAVID R ET AL.) 05/03/2009, párrafo [144]; figura 17B.	1
A	US 4421102 A (POSNANSKY MARIO ET AL.) 20/12/1983, columna 5, líneas 57-61; figuras 1, 3.	1

☐ 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.
14/02/2014

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
19 de febrero de 2014 (19-02-2014)

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
J. Merello Arvilla
Nº de teléfono 91 3498452

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

PCT/ES2013/070823

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US748696 A	05.01.1904	NINGUNO	
-----	-----	-----	-----
WO2012156624 A1	22.11.2012	FR2975473 A1	23.11.2012
		FR2975473 B1	14.06.2013
-----	-----	-----	-----
US2009056699 A1	05.03.2009	CN103062915 A	24.04.2013
		PT2193314E E	14.03.2013
		ES2401042T T3	16.04.2013
		MX2010002251 A	01.06.2010
		MX2010002250 A	01.06.2010
		WO2009029277 A2	05.03.2009
		WO2009029277 A3	13.08.2009
		WO2009029275 A2	05.03.2009
		WO2009029275 A3	06.08.2009
		US2011005513 A1	13.01.2011
		EP2307817 A2	13.04.2011
		EP2193314 A2	09.06.2010
		EP2193314 B1	26.12.2012
		CN101836055 A	15.09.2010
		CN101836055B B	04.07.2012
		CN101836054 A	15.09.2010
		CN101836054B B	10.10.2012
		AU2008293906 A1	05.03.2009
		AU2008293904 A1	05.03.2009
		WO2009023063 A2	19.02.2009
		WO2009023063 A3	18.06.2009
		US2009084374 A1	02.04.2009
		US2009056703 A1	05.03.2009
		US2009056701 A1	05.03.2009
-----	-----	-----	-----
US4421102 A	20.12.1983	EP0015964 A1	01.10.1980
		WO7901021 A1	29.11.1979
		DE2831023 A1	15.11.1979
		CH636428 A5	31.05.1983
-----	-----	-----	-----