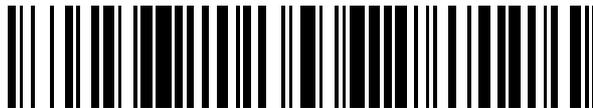


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 985**

21 Número de solicitud: 201431969

51 Int. Cl.:

G01K 7/01 (2006.01)
G01K 7/02 (2006.01)
G01K 13/00 (2006.01)
F24J 2/14 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

30.12.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

03.08.2016

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2015/070969

71 Solicitantes:

ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A.
(100.0%)
Campus Palmas Altas, C/ Energía Solar 1
41014 Sevilla ES

72 Inventor/es:

ESPINOSA RUEDA, Guillermo;
MARTÍNEZ SANZ, Noelia;
NAVARRO HERMOSO, José Luis;
SALINAS ARIZ, Iñigo;
ALONSO ESTEBAN, Rafael;
HERAS VILA, Carlos;
IZQUIERDO NÚÑEZ, David;
OSTA LOMBARDO, Marta y
GELLA MARTÍN, Rafael

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

54 Título: **Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos y método de medida de la temperatura.**

57 Resumen:

Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, que comprende:

- un módulo de detección de la radiación electromagnética que proviene del tubo interior (2) y del tubo exterior (1) de un concentrador solar cilindro parabólico, que a su vez comprende:
- al menos un medio detector (8) formado por una pareja constituida por un fotodiodo (11) y una termopila (10), de tal modo que la termopila (10) y el fotodiodo (11) miden en rangos espectrales no solapados,
- un diafragma (12) de material bajoemisorio situado a continuación del medio detector (8), y
- medios electrónicos para la amplificación y filtrado de las señales detectadas por el medio detector (8)
- un módulo de control (6), con medios para recibir, procesar y almacenar las medidas realizadas en el módulo de detección, y
- una carcasa (4) que contiene, al menos, el módulo de detección.

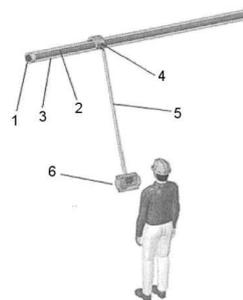


FIG. 1

ES 2 578 985 A1

DESCRIPCIÓN

Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos y método de medida de la temperatura.

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un equipo de medida de temperatura de tubos colectores solares cilindro parabólicos, por lo que se encuadra dentro de las tecnologías de equipos o instrumentos ópticos de medida. Más concretamente, la invención se refiere a un equipo para la caracterización en campo de la temperatura de los tubos interior y exterior de un colector cilindro parabólico como los utilizados para la obtención de energía termosolar, y a
10 un método de medida de la temperatura de dichos tubos.

Antecedentes de la invención

Dentro del campo técnico relacionado con la obtención de energías renovables, es conocida la captación de energía solar térmica (conocida también como energía termosolar), que resulta de gran importancia tecnológica y económica tanto en el ámbito doméstico como en el
15 industrial. Dentro de los medios de generación termosolar, son conocidos los sistemas de generación de energía solar termoeléctrica, que producen electricidad con un ciclo termoelectrico que precisa del calentamiento de un fluido a alta temperatura, mediante la absorción de energía radiante. Estos sistemas requieren un máximo de absorción de la energía solar y las menores pérdidas energéticas posibles.

20 Un tipo de centrales termosolares son las llamadas de colectores cilindro parabólicos (CCP), en las que la radiación se concentra mediante espejos cilindro parabólicos en sistemas receptores que son tubos de vacío o estructuras similares. Estas estructuras están diseñadas para disminuir las pérdidas por conducción y convección y poseen recubrimientos con gran poder absorbente de la energía solar y baja emisividad para disminuir las pérdidas energéticas por radiación térmica en el infrarrojo lejano.
25

Dichas pérdidas por radiación son las que pueden usarse para determinar la temperatura de los tubos colectores, utilizando para ello técnicas de termometría infrarrojas previamente desarrolladas y utilizadas en numerosos documentos de patente (TWM391941, TWM374052, CN103735255, WO2014087253, WO2014076580). Sin embargo, la estructura
30 de los tubos colectores, formados habitualmente por dos tubos concéntricos, uno exterior de vidrio antirreflejante y otro interior de acero absorbente, hace necesario el diseño de un sistema óptico de medida específico que permita determinar por separado la temperatura de

los dos tubos sin estar sujeto a errores importantes debidos a la presencia de diferentes fuentes de radiación.

Es conveniente, además, que dicho sistema sea portátil y sencillo de utilizar en campo, ya que el interés de las medidas de temperatura en tubos colectores se limita casi exclusiva-
5 mente a tubos ya instalados y en funcionamiento. En estos tubos los cambios de temperatura pueden ser indicativos, por ejemplo, de pérdidas de vacío (cuando la temperatura del tubo exterior se eleva) o de obstrucciones en la circulación de aceite por el tubo interior (cuando la temperatura de éste baja en un punto).

Como se ha comentado previamente, la termometría infrarroja es una tecnología suficiente-
10 mente conocida y desarrollada, pero no ocurre así con su aplicación a medidas en colectores termosolares de este tipo, para los que los sistemas convencionales no son suficientes, habitualmente debido al problema de la particular geometría de los tubos receptores de los colectores cilindro parabólicos sobre la que medir.

El documento de patente WO2014100507 describe un sistema genérico de monitorización
15 de generadores y motores mediante análisis de imágenes (no mediante señales de detectores puntuales) en infrarrojo, pero no describe ninguna técnica que sea aplicable a la medida de dos tubos concéntricos como los de los colectores ni ningún equipo susceptible de ser usado en planta.

El documento de patente US6062729 se refiere a un sistema para medida de la temperatura
20 de obleas de silicio mediante radiación infrarroja, pero se basa en la longitud de onda de la radiación transmitida, que depende de la temperatura a la que está el silicio. Por tanto, sus principios de funcionamiento no son aplicables al problema a resolver.

El documento de patente US4790324 describe un sistema para medir la temperatura interna
25 del cuerpo utilizando emisiones infrarrojas. Aunque el principio de funcionamiento presenta similitudes con el de la presente invención, este dispositivo no permite, al igual que ocurre con muchos otros termómetros de infrarrojos similares, medir simultáneamente dos tubos concéntricos a diferente temperatura sin que la señal de uno interfiera en la medida del otro.

El documento de patente US 2012/0183013 A1 ("Dual Waveband Temperature Detector") se
30 refiere a un detector de temperatura de doble espectro con sensores separados que pueden ser termopilas, y que cubren diferentes espectros. Este detector sólo permite medir una superficie objetivo, obteniendo una señal representativa de la temperatura superficial del material objeto de medida.

El documento de patente ES 2045963 T3 describe un sensor de temperatura infrarrojo con un elemento sensor sensible a radiación infrarroja, que genera una señal de salida analógica, al menos una instalación de conversión ajustable en su resolución y en el campo de medición para la conversión de la señal analógica en una señal digital, una instalación de procesamiento digital para la linealización y evaluación controladas por programa de la señal digital, estando formada la instalación de conversión por un convertidor de tensión/frecuencia y un contador de frecuencia ajustable dispuesto a continuación.

En el artículo de M. Pfänder, E. Lüpfer y P. Pistor "Infrared temperature measurements on solar trough absorber tubes" (Solar Energy, Vol. 81, Is. 5, pp 629-635, 2007) se describe una técnica de medida del tubo interior de los colectores cilindro parabólicos mediante una cámara infrarroja. En este caso se pretende resolver el problema de la radiación solar directa, que en la presente invención no es relevante ya que la medida se realiza cerca del tubo y el mismo equipo evita que la radiación directa afecte. Además, se trata de una medida con cámara termográfica, un sistema que no permite realizar simultáneamente la medida de la temperatura de los dos tubos.

Ninguno de los sistemas citados, ni otros semejantes divulgados en el estado de la técnica, cumplen los requisitos necesarios para la medida simultánea en campo de la temperatura de los tubos interior y exterior de los colectores de centrales termosolares.

Sumario de la invención

Por tanto, el objeto de la invención es proporcionar un equipo de medida de temperatura para tubos concentradores de centrales termosolares que resulte fiable y que permita obtener simultáneamente la temperatura de tubo interior y exterior del colector instalado en línea y en funcionamiento.

La invención proporciona un equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, que comprende:

- un módulo de detección de la radiación electromagnética que proviene del tubo interior y del tubo exterior de un concentrador solar cilindro parabólico, que a su vez comprende:
 - o al menos un medio detector formado por una pareja constituida por un fotodiodo y una termopila, de tal modo que la termopila y el fotodiodo miden en rangos espectrales no solapados,
 - o un diafragma de material bajo-emisivo situado a continuación del medio detector, y

- medios electrónicos para la amplificación y filtrado de las señales detectadas por el medio detector
 - un módulo de control, con medios para recibir, procesar y almacenar las medidas realizadas en el módulo de detección, y
- 5 - una carcasa que contiene, al menos, el módulo de detección

Se consigue con ello un equipo de medida que proporciona simultáneamente la temperatura del tubo interior y exterior de los colectores termosolares cilindro parabólicos, sin necesidad de hacer varias medidas ni cambiar ninguna configuración del equipo, a diferencia de lo que ocurre en las medidas con cámara termográfica. Además, la medida es suficientemente cómoda y rápida como para ser viable como método de control de una central termosolar de dimensiones comerciales, permitiendo así evaluar la temperatura del tubo absorbedor y, por tanto, del fluido térmico HTF en cualquier punto del lazo de colectores cilindro parabólicos, o bien confirmar la posible pérdida de vacío en los tubos, puesto que el tubo de vidrio incrementa considerablemente su temperatura en estos casos.

10 La invención también proporciona un método de medida de la temperatura en tubos de centrales de colectores cilindro parabólicos, que hace uso del equipo de la invención descrito anteriormente, y que comprende las siguientes etapas:

- Situación del equipo de medida sobre el tubo colector cilindro parabólico, de manera que la termopila se sitúe paralela al tubo exterior para asegurar una incidencia normal de la radiación del tubo exterior sobre la termopila.
- 20
- Detección de la radiación por parte del fotodiodo y la termopila de cada medio detector.
 - Amplificación mediante una etapa de ganancia fija o variable de la señal recibida por el fotodiodo.
- 25
- Filtrado de la señal amplificada proveniente del fotodiodo mediante un filtro paso bajo.
 - Digitalización de la medida del fotodiodo por parte de un conversor analógico-digital.
 - Registro de la señal digitalizada del fotodiodo y de la termopila de cada medio detector por parte del módulo de control.
- 30
- Lectura de la temperatura del tubo exterior y del tubo interior mediante una pantalla.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la siguiente descripción detallada del objeto de la misma en relación con las figuras que se acompañan.

Breve descripción de las figuras

5 Figura 1: representación del equipo de medida de temperatura de la invención situado sobre un tubo colector.

Figura 2: representación de la carcasa del equipo de medida de temperatura de la invención y sus elementos.

Figura 3: representación del módulo de detección y sus distintos componentes.

10 Figura 4: vista lateral del equipo de medida de temperatura de la invención situado sobre un tubo colector.

Figura 5: vista en detalle de la figura 4 y del sistema óptico de medida.

Figura 6: curva de potencia emisiva espectral de un cuerpo negro a distintas temperaturas.

Figura 7: transmitancia del vidrio de borosilicato medida con espectrofotómetro de IR.

15 Figura 8: representación del rango espectral preferente de medida para cada uno de los tubos

Descripción detallada de la invención

El equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos de la invención comprende:

- 20 - un módulo de detección de la radiación electromagnética que proviene del tubo interior (2) y del tubo exterior (1) de un concentrador solar cilindro parabólico, que a su vez comprende:
- al menos un medio detector (8) formado por una pareja constituida por un fotodiodo (11) y una termopila (10), de tal modo que la termopila (10) y el fotodiodo (11) miden en rangos espectrales no solapados,
 - 25 ○ un diafragma (12) de material bajo-emisivo situado a continuación del medio detector (8), y
 - medios electrónicos para la amplificación y filtrado de las señales detectadas por el medio detector (8)

- un módulo de control (6), con medios para recibir, procesar y almacenar las medidas realizadas en el módulo de detección, y
- una carcasa (4) que contiene, al menos, el módulo de detección.

La figura 1 muestra una realización preferente del equipo de medida de la invención y su forma de uso en un tubo (1) de colector cilindro parabólico compuesto por un tubo interior (2) de acero y un tubo exterior (3) de vidrio. La carcasa (4) contiene un módulo de detección y se sitúa sobre el tubo (1) con la ayuda del mástil (5). En la parte inferior del mástil (5) se encuentra el módulo de control (6) que se comunica con el módulo de detección, ya sea inalámbricamente o mediante cables. El módulo de control (6) puede disponer también de una pantalla, preferentemente LCD reflexiva, y de un teclado para permitir una interacción directa con el usuario del equipo.

El módulo de control (6) del equipo será preferentemente un microcontrolador en el que se reciben, procesan y almacenan las medidas realizadas en el módulo de detección. El módulo de control (6) puede disponer también de pantalla y teclado para permitir una interacción directa con el usuario. Este módulo de control (6), puede ser también un elemento independiente no integrado en el equipo, como un ordenador, tableta, teléfono móvil u otro elemento con capacidad de procesado suficiente y que posee el software adecuado.

La carcasa (4) contiene, al menos, el módulo de detección y permite colocar el equipo en el tubo colector (1) a una distancia controlada y fijarlo sobre el mismo para realizar la medida. El módulo de control (6) puede estar situado en esta misma carcasa (4) o a una distancia adecuada (por ejemplo, al otro extremo de un soporte alargado) para una mejor manipulación del equipo.

En la figura 2 se representa una vista de la carcasa (4). En este caso el medio detector (8) está compuesto de tres parejas fotodiodo-termopila. En la parte inferior de la carcasa (4) se disponen unos elementos rodantes (9), preferentemente cilíndricos, que permiten apoyar el equipo en el tubo (1) y desplazarlo sobre él sin causar daños al recubrimiento del tubo exterior (3). La carcasa (4) se ajusta a la forma del tubo (1) y hace que la radiación directa del sol no pueda llegar a los detectores (termopila (10) y fotodiodo (11)), véase la figura 3) y falsear así la medida.

La figura 3 muestra el detalle del módulo de detección. Delante de la termopila (10) y el fotodiodo (11) se ha situado el diafragma (12) de material bajo-emisivo, y delante de éste la ventana de silicio (13). El diafragma (12) permite limitar el campo de visión de los detectores (termopila (10) y fotodiodo (11)) y, como la carcasa (4) proporciona una distancia fija entre

ellos y los tubos (2), (3), también permite calcular la relación entre la radiación detectada y la temperatura de los tubos (2), (3).

5 Como se muestra en la figura 4, el diseño del diafragma (12) debe ser tal que la radiación que llegue a los detectores (termopila (10) y fotodiodo (11)) provenga solamente de la parte central del tubo (1) de colector. Preferentemente el diámetro de este diafragma (12) debe ser entre 0,5 y 5 mm, preferentemente entre 1-4mm y más preferentemente de 3 mm. Así se asegura que ni el fotodiodo (11) ni la termopila (10) puedan dar medidas erróneas por estar promediando la señal del tubo radiante con la de otras regiones. El campo de visión de la termopila (10) incluye solamente la zona central del tubo exterior (3) y el campo de visión del fotodiodo (11) incluye solamente la zona central del tubo interior (2).

10 Para facilitar el cálculo de la radiación emitida, es conveniente además que la zona (14) del tubo exterior (3) en el campo de visión de la termopila (10) y que la zona (15) del tubo interior (2) en el campo de visión del fotodiodo (11) sean suficientemente pequeñas como para poder aproximarlas a un plano. Este diseño proporciona también al equipo mayor tolerancia frente a la posición del tubo interior (2). Como referencia, es conveniente que el diámetro del área efectiva de la zona 15 del tubo interior (2) sea de entre la cuarta y la quinta parte del diámetro del tubo interior (2). Por ejemplo, en la realización de las figuras 4 y 5 se ha elegido un diafragma de 3 mm situado a 8.25 mm de los detectores que, sobre un colector de diámetros interior y exterior 70 y 125 mm respectivamente, produce unas zonas de detección efectivas de 16 mm (zona 15 del tubo interior (2)) y 6 mm (zona 14 del tubo exterior (3)).

25 Con esta configuración es posible medir simultáneamente y sin interferencia la temperatura del tubo interior (2) de acero y del tubo exterior (3) de vidrio, gracias, por un lado, a la diferencia de temperatura entre ambos tubos y, por otro, a las características de transmisión del vidrio (véase la figura 7).

30 Debido al aislamiento producido por la región de vacío entre los tubos, el tubo interior (2) alcanza los 400°C con el colector en funcionamiento, mientras que el tubo exterior (3) se mantiene en torno a 60°C. El fotodiodo (11) es sensible a la región del espectro preferentemente entre 0,4 y 3,5 μm , y más preferentemente entre 1 y 2,2 μm , en la que, según la ley de Planck, la emisión de un cuerpo negro a 60°C es prácticamente nula comparada con la de otro a 400°C (véase figuras 7 y 8). Por tanto, la señal que detecte el fotodiodo (11) es casi exclusivamente proveniente del tubo interior (2) de acero y nos permite determinar su temperatura sin interferencia del tubo exterior (3) de vidrio. Este tubo exterior (3) es además muy transparente a esas longitudes de onda y apenas atenúa la radiación emitida por el

tubo interior (2). El fotodiodo (11) de la realización preferente de la invención que nos ocupa es preferentemente de InGaAs y de 2,2 μm de longitud de onda de corte.

5 La señal de los fotodiodos (11) es amplificada mediante una etapa de ganancia que puede ser fija o variable y después filtrada por un filtro paso bajo que elimina ruidos de otras frecuencias y permite el paso de la señal de continua de interés. Una vez filtrada, se utiliza un conversor analógico-digital con bus de comunicaciones I²C (Inter-Integrated Circuit).

10 La termopila (10), cuyo rango de uso va preferentemente de entre los 4 a los 20 μm más preferentemente entre los 4 y los 8 μm de longitud de onda, se utiliza para determinar la temperatura del tubo exterior (3) de vidrio (véase la figuras 7 y 8). El tubo interior (2) de acero también emite (y en mayor medida que el tubo exterior (3)) a esas longitudes de onda, pero, al ser el vidrio prácticamente opaco en esa región del espectro, la radiación del tubo interior (2) no alcanza la termopila (10), con lo que la medida que obtenemos en ésta es exclusivamente debida a la temperatura del tubo exterior (3). La señal de la termopila (10)
15 es también registrada por el bus de comunicaciones I²C el cual permite una fácil comunicación desde el microcontrolador para poder registrar las señales en una tarjeta microSD.

20 Las tres parejas fotodiodo-termopila que constituyen el medio detector (8) proporcionan tres medidas simultáneas de tres puntos de los tubos (2), (3) en una misma posición del colector, que pueden utilizarse para evitar errores debidos, por ejemplo, a defectos o manchas puntuales en el vidrio. En esta realización, las medidas se digitalizan y se comunican mediante un cable al módulo de control 6, donde se almacenan para su posterior tratamiento.

Los fotodiodos (11) pueden ser fotodiodos PIN (unión P-I-N, que intercala un semiconductor en la unión P-N). Estos fotodiodos PIN son preferentemente sensibles al infrarrojo.

25 Para una correcta medida de la temperatura del tubo exterior (3) y del tubo interior (2), debemos asegurarnos de que cada uno de los detectores (termopila (10) y fotodiodo (11)) está midiendo únicamente la longitud de onda emitida por cada uno de esos elementos, es decir, el fotodiodo (11) debe únicamente medir la radiación emitida por el tubo interior (2) mientras que la termopila (10) debe estar midiendo únicamente la radiación emitida por el
30 tubo exterior (3).

Esto se consigue mediante la combinación adecuada de dos factores: transmitancia del tubo de vidrio variable con la longitud de onda (véase la figura 7) y rango espectral de medida limitado para cada uno de los dispositivos, como se indicó anteriormente.

Preferentemente, la termopila (10) empleada mide en un rango espectral de 4-8 μm mientras que el fotodiodo (11) mide preferentemente en un rango espectral entre 1 μm y 2,2 μm (ver figura 8).

5 Dichos rangos vienen determinados por la transmitancia del vidrio (material habitual del tubo exterior), la cual es dependiente de la longitud de onda, de manera que la radiación de onda proveniente del tubo interior (2) superior a 4 μm no es transmitida por el tubo de vidrio, es decir, que el tubo de vidrio se comporta de manera opaca a dicha radiación. Esto nos asegura, que toda aquella radiación superior a 4 μm detectada por la termopila (10), proviene del tubo de vidrio.

10 Puesto que para longitudes de onda superiores a 4 μm el vidrio es opaco y su coeficiente de reflexión prácticamente nulo, la emisividad de un cuerpo opaco es 1 y se puede considerar por tanto que emite como un cuerpo negro. Esto nos permite calcular la temperatura de éste a partir de la radiación detectada mediante la Ley de Planck.

15 En la figura 6 se representa la potencia emisiva espectral de un cuerpo negro a 60°C, 300°C y 400°C.

Por otra parte, el tubo de vidrio es transparente a longitudes de onda inferiores a 3,5 μm , y apenas emite por debajo de este valor ya que su temperatura habitual es en torno a 60°C, asegurándonos de esta manera que la radiación detectada por debajo de 3,5 μm , que es el rango de trabajo del fotodiodo (11), proviene únicamente del tubo interior (2).

20 En una realización preferente de la invención, el equipo contiene una o varias parejas de fotodiodo (11) y termopila (10) para realizar la medida de la temperatura simultáneamente en varios puntos del tubo 1 colector. Ambos detectores (fotodiodo (11) y termopila (10)) están colocados detrás de una ventana de silicio 13 y un diafragma (12) de aluminio u otro material bajoemisivo (véase la figura 3).

25 El silicio elimina la radiación visible y deja pasar solamente la radiación de interés para la medida, evitando así un calentamiento innecesario de la electrónica, mientras que el diafragma (12) permite controlar el campo de visión de los detectores (fotodiodo (11) y termopila (10)) asegurándose que éste es menor que el tamaño del tubo interior (2), evitando así que se reciban señales que no provengan del tubo, lo que falsearía la medida.

30 En la realización de las figuras 2 y 5, la carcasa (4) tiene un diseño semicircular a modo de abrazadera que hace posible apoyarla encima del tubo de forma concéntrica al mismo para realizar la medida y desplazarla sobre el mismo para evaluar distintas posiciones del mismo tubo. Este diseño permite también fijar la distancia de los detectores (fotodiodo (11) y

termopila (10)) al tubo colector (1) para proporcionar una medida repetitiva. Además, la carcasa 4 situada sobre el tubo evita que la medida se vea afectada por la incidencia de la radiación directa del sol en los detectores (fotodiodo (11) y termopila (10)).

5 Preferentemente, esta carcasa 4 se sujeta mediante un mástil (5) que permite a un operario situado en el suelo manipular el equipo a la altura en la que habitualmente se colocan los tubos colectores (1), que suele ser de varios metros. Preferentemente, la carcasa (4) de medida contiene solamente el módulo de detección (como en la figura 1). Este módulo se conecta mediante cables que pasan a través del mástil (5) con el módulo de control (6), que así puede estar cerca del operario para su manipulación de forma cómoda.

10 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un método de medida de la temperatura en tubos de centrales de colectores cilindroparabólicos, que comprende el uso del equipo de medida descrito anteriormente.

Preferentemente, dicho método comprende las siguientes etapas:

- 15 1) Situación del equipo sobre el tubo colector (1) cilindroparabólico de manera que la termopila (10) se sitúe paralela al objeto a medir asegurando así una incidencia normal de la radiación sobre ésta.
- 2) Detección de la radiación por parte de los fotodiodos (11) y termopilas (10).
- 3) Amplificación mediante una etapa de ganancia fija o variable de la señal recibida por el fotodiodo (11).
- 20 4) Filtro de la señal amplificada proveniente del fotodiodo (11) mediante un filtro paso bajo.
- 5) Digitalización de la medida del fotodiodo (11) por parte del conversor analógico-digital.
- 6) Registro de la señal ya digital del fotodiodo y de la termopila por parte el
25 microprocesador a través del bus I₂C en una tarjeta microSD.
- 7) Lectura de la temperatura del tubo exterior (3) y del tubo interior (2) mediante una pantalla LCD reflexiva.

30 Antes de la etapa 7 se puede realizar la conversión de la señal digitalizada detectada de voltios a temperaturas empleando la curva de calibración tensión-temperatura.

Aunque la aplicación principal de esta invención es la medida de temperatura de los tubos de centrales termosolares de colector cilindro parabólico, también resulta posible su extensión a otros campos de la industria que requieran un sistema de características similares.

5 Aunque la presente invención se ha descrito enteramente en conexión con realizaciones preferidas, es evidente que se pueden introducir aquellas modificaciones dentro de su alcance, no considerando éste como limitado por las anteriores realizaciones, sino por el contenido de las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, caracterizado porque comprende:

- 5 - un módulo de detección de la radiación electromagnética que proviene del tubo interior (2) y del tubo exterior (1) de un concentrador solar cilindro parabólico, que a su vez comprende:
- 10 ○ al menos un medio detector (8) formado por una pareja constituida por un fotodiodo (11) y una termopila (10), de tal modo que la termopila (10) y el fotodiodo (11) miden en rangos espectrales no solapados,
 - un diafragma (12) de material bajo-emisivo situado a continuación del medio detector (8), y
 - medios electrónicos para la amplificación y filtrado de las señales detectadas por el medio detector (8)
- 15 - un módulo de control (6), con medios para recibir, procesar y almacenar las medidas realizadas en el módulo de detección, y
- una carcasa (4) que contiene, al menos, el módulo de detección.

2.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 1, en el que el fotodiodo (11) es del tipo PIN.

20 3.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 2 , en el que el fotodiodo (11) del tipo PIN es sensible al infrarrojo.

4.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 2 o 3 , en el que la termopila (10) mide en un rango espectral comprendido entre 4 μm y 20 μm y el fotodiodo (11) mide en un rango espectral comprendido
25 entre 0,4 μm y 3,5 μm .

5.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 4, en el que la termopila (10) mide en un rango espectral comprendido entre 4 μm y 8 μm y el fotodiodo (11) mide en un rango espectral de comprendido entre 1 μm y 2,2 μm .

- 6.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 5, en el que el fotodiodo (11) es de InGaAs y de 2,2 μm de longitud de onda de corte.
- 5 7.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el diafragma (12) tiene un diámetro comprendido entre 0,5 mm y 5 mm.
- 8.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 7, en el que el diafragma (12) tiene un diámetro comprendido entre 1 mm y 4 mm.
- 10 9.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 8, en el que el diafragma (12) tiene un diámetro de 3 mm.
- 10.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona (15) del tubo interior (2) en el campo de visión del fotodiodo (11) tiene un área efectiva cuyo diámetro es entre la
- 15 cuarta y la quinta parte del diámetro del tubo interior (2).
- 11.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 10, en el que el diafragma (12) tiene un diámetro de 3 mm y está situado a 8,25 mm del fotodiodo (11) y de la termopila (10), el diámetro del tubo interior (2) es de 70 mm, el diámetro del tubo exterior (3) es de 125 mm, el diámetro del área efectiva
- 20 de la zona (15) del tubo interior (2) en el campo de visión del fotodiodo (11) es de 16 mm y el diámetro del área efectiva de la zona (14) del tubo exterior (3) en el campo de visión de la termopila (10) es de 6 mm.
- 12.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el módulo de detección comprende adicionalmente un filtro (13) para eliminar la radiación visible.
- 25 13.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 12, en el que el filtro (13) es una ventana de silicio.
- 14.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el módulo de control (6) está
- 30 conectado con el módulo de detección mediante cables o de forma inalámbrica.

15.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 14, en el que el módulo de control (6) lo constituye un microcontrolador integrado en el equipo.

5 16.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según la reivindicación 14, en el que el módulo de control (6) lo constituye un elemento no integrado en el equipo con capacidad de procesado, un ordenador, una tableta o un teléfono móvil.

10 17.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la carcasa (4) es semicircular a modo de abrazadera.

18.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la carcasa (4) contiene el módulo de detección y el módulo de control (6).

15 19.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la carcasa (4) comprende elementos rodantes (9) para apoyar el equipo en el tubo exterior (3) y desplazarlo sobre dicho tubo exterior (3).

20 20.- Equipo de medida de temperatura de tubos de colectores solares cilindro parabólicos, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente un mástil (5) unido a la carcasa (4).

21.- Método de medida de la temperatura en tubos (1) de centrales de colectores cilindro parabólicos, que emplea el equipo de las reivindicaciones 1-120, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:

- 25
- Situación del equipo de medida sobre el tubo colector cilindro parabólico, de manera que la termopila (10) se sitúe paralela al tubo exterior (3) para asegurar una incidencia normal de la radiación del tubo exterior (3) sobre la termopila (10).
 - Detección de la radiación por parte del fotodiodo (11) y la termopila (10) de cada medio detector (8).
 - Amplificación mediante una etapa de ganancia fija o variable de la señal recibida por el fotodiodo (11).
 - Filtrado de la señal amplificada proveniente del fotodiodo (11) mediante un filtro paso bajo.
- 30

- Digitalización de la medida del fotodiodo (11) por parte de un conversor analógico-digital.
 - Registro de la señal digitalizada del fotodiodo (11) y de la termopila (10) de cada medio detector (8) por parte del módulo de control.
- 5 - Lectura de la temperatura del tubo exterior (3) y del tubo interior (2) mediante una pantalla.

22.- Método de medida de la temperatura en tubos (1) de centrales de colectores cilindro parabólicos según la reivindicación 21 caracterizado porque antes de la etapa de la lectura de la del tubo exterior (3) y del tubo interior (2) se realiza la conversión de la señal digitalizada detectada de voltios a temperaturas empleando la curva de calibración tensión-temperatura.

10

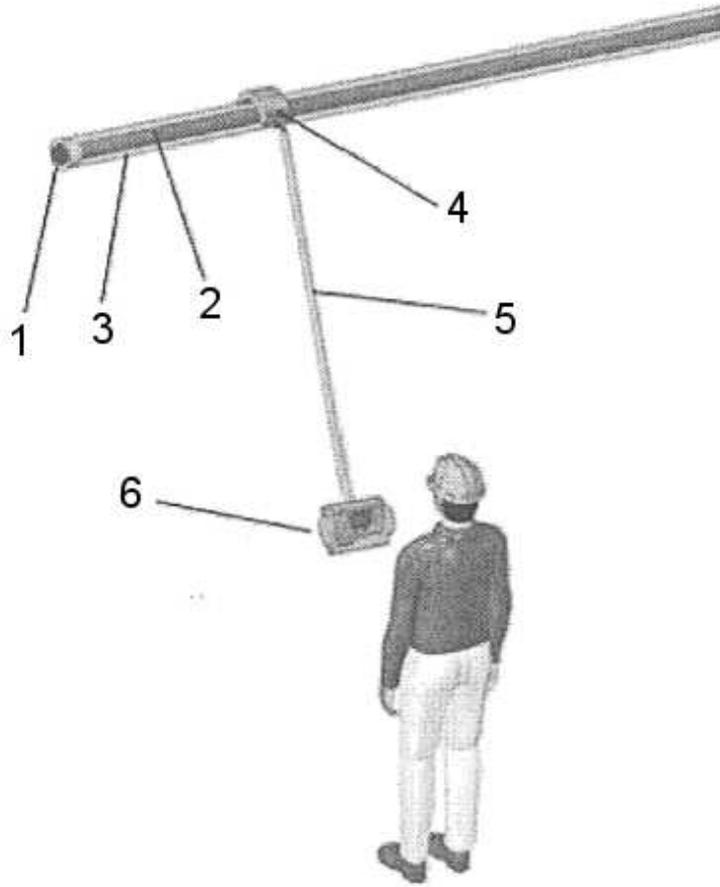


FIG. 1

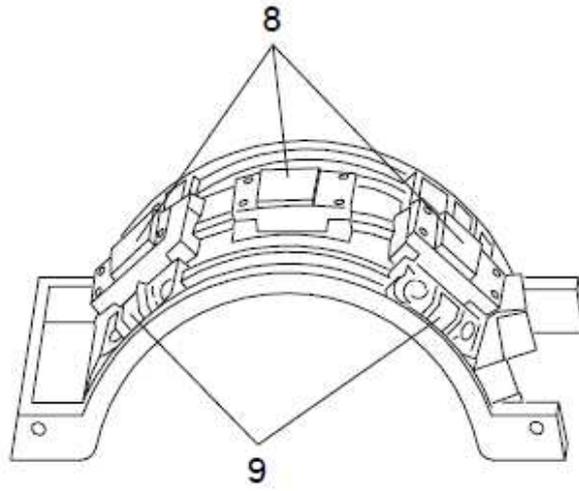


FIG. 2

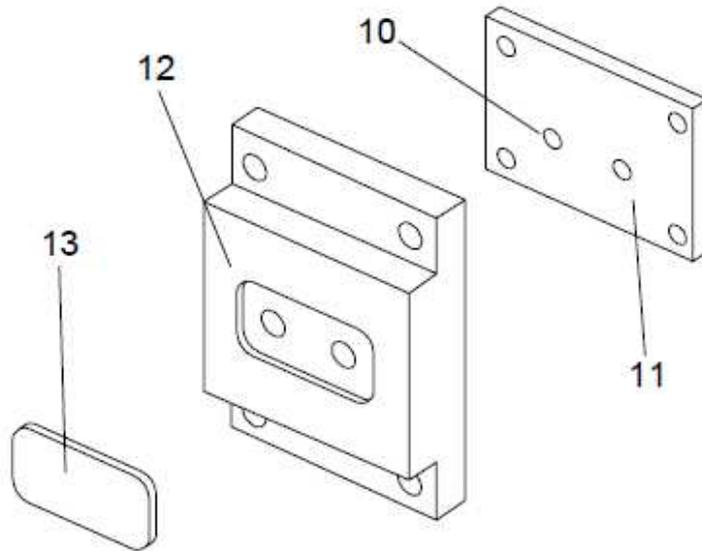


FIG. 3

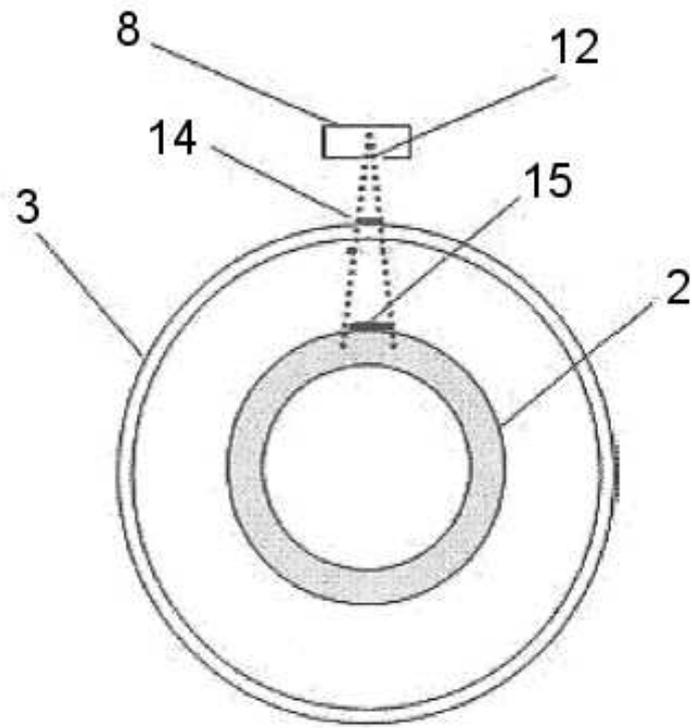


FIG. 4

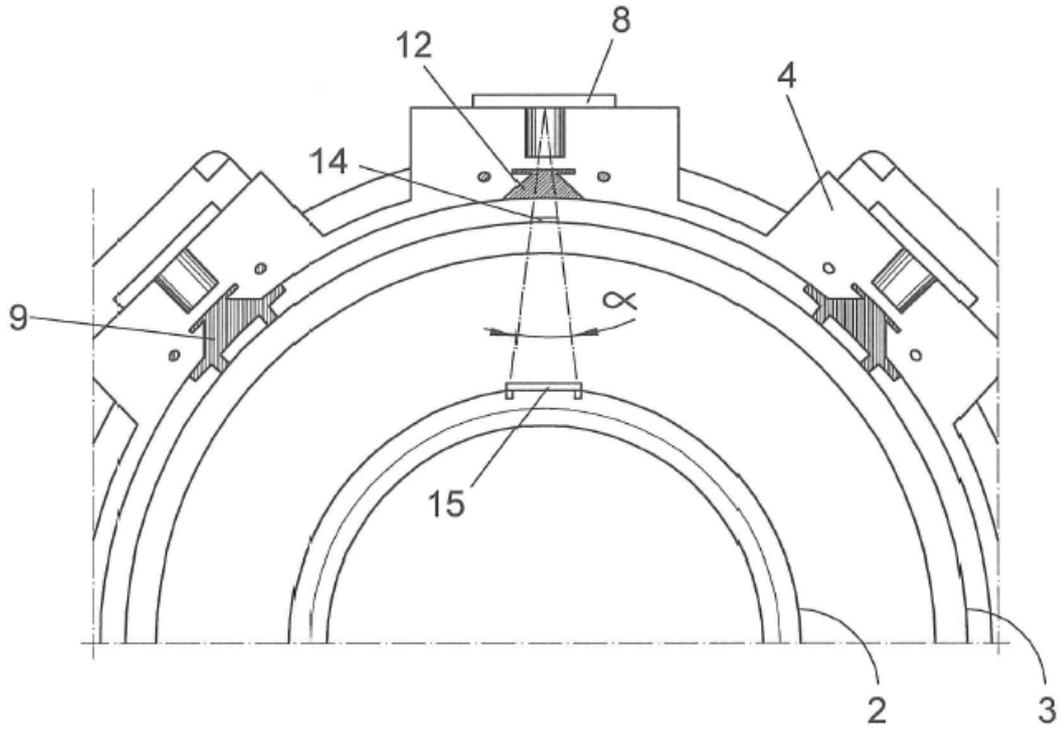


FIG. 5

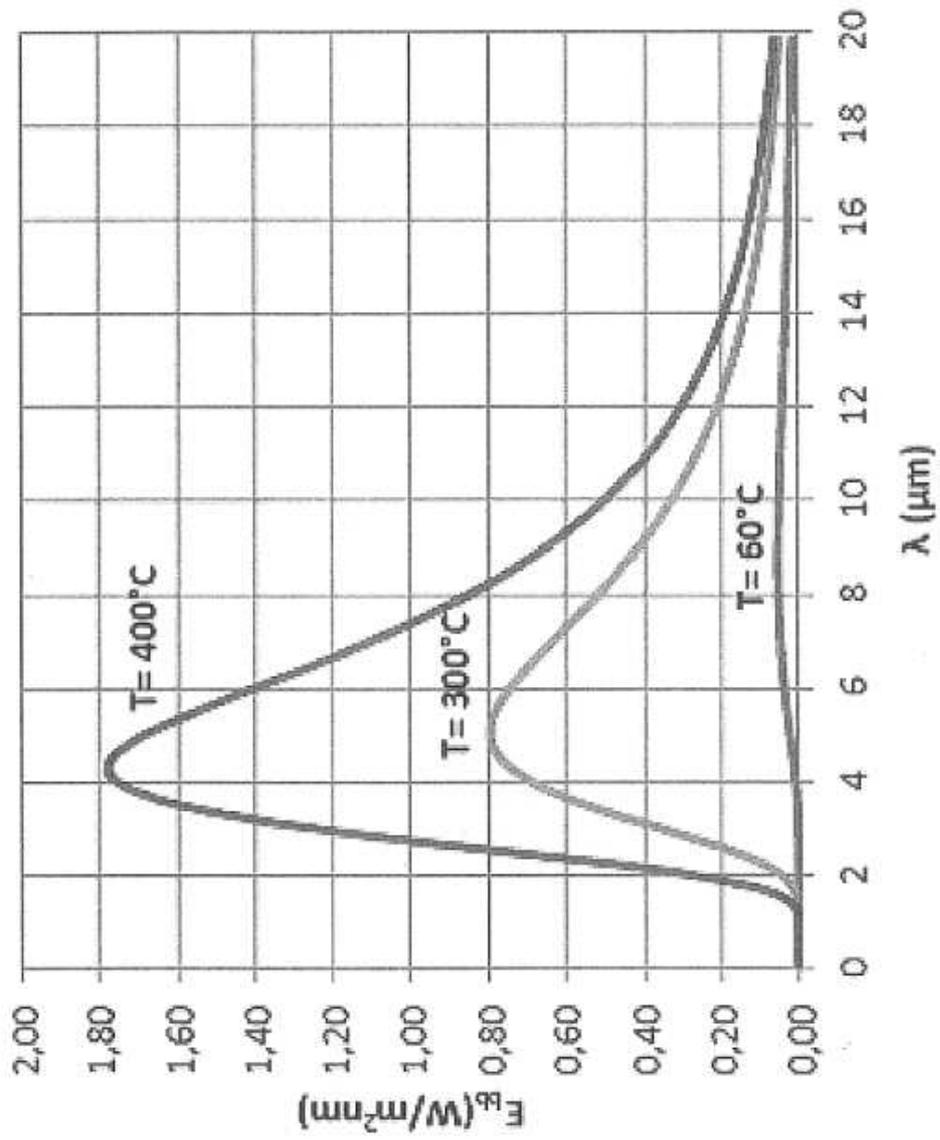


FIG. 6

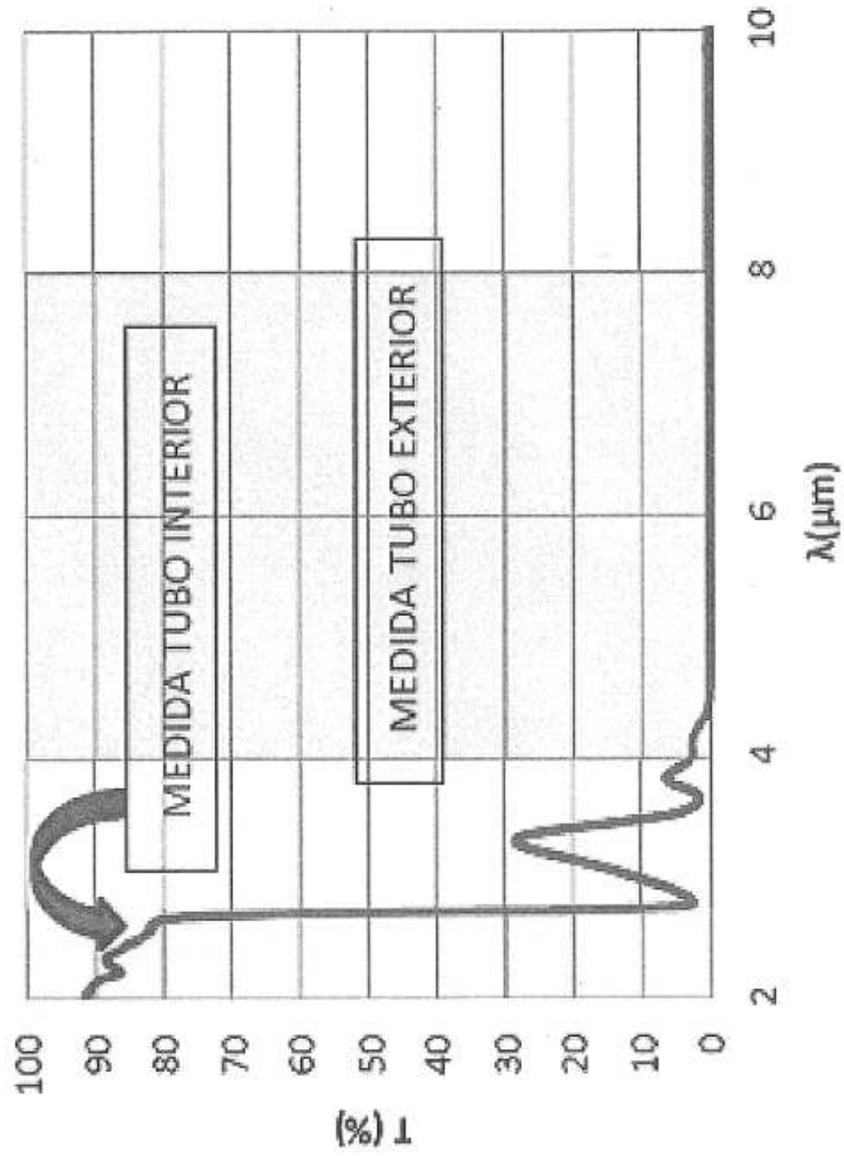


FIG.7

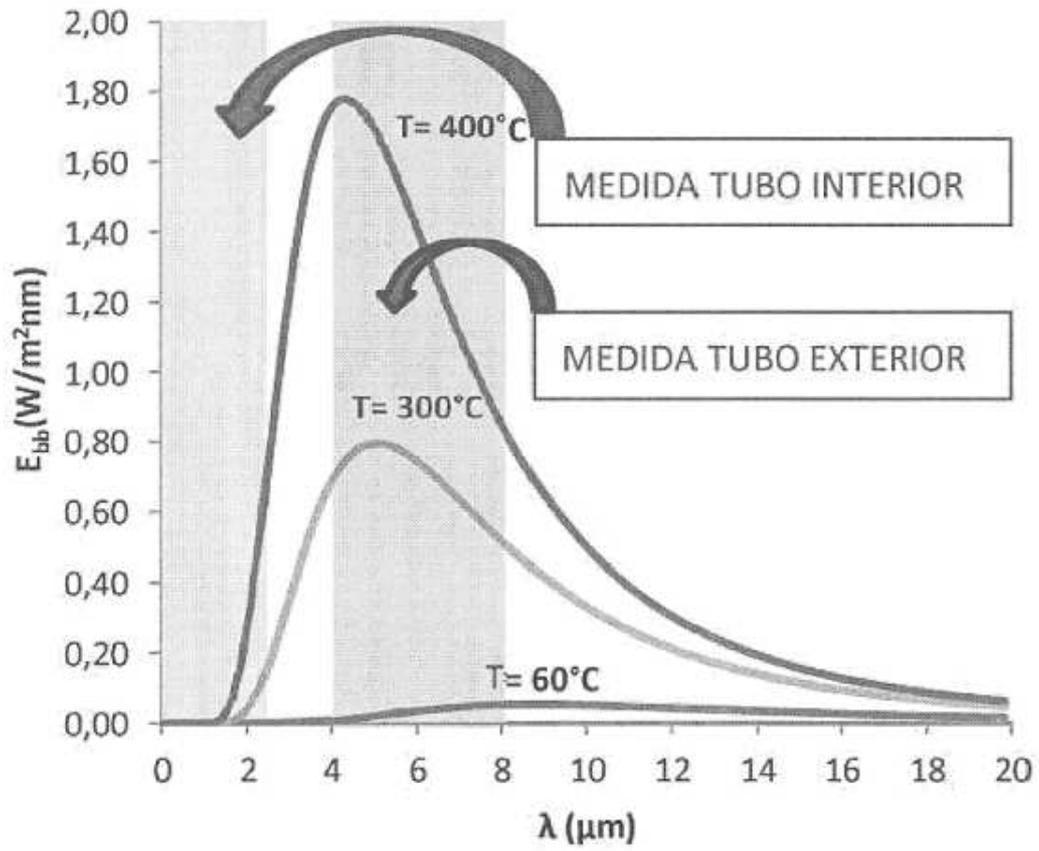


FIG.8