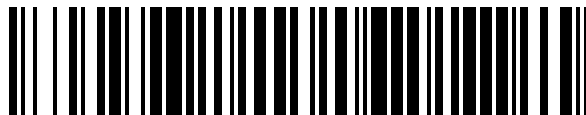


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 258 189**

21 Número de solicitud: 202032453

51 Int. Cl.:

**E01F 8/00** (2006.01)

**H02S 20/21** (2014.01)

**H02S 20/32** (2014.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**11.05.2020**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**10.12.2020**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE JAÉN (100.0%)**  
**Campus Las Lagunillas, S/N**  
**23071 Jaén ES**

72 Inventor/es:

**MUÑOZ CERÓN, Emilio;**  
**AGUILERA TEJERO, Jorge;**  
**DE LA CASA HIGUERAS, Juan y**  
**MONTES ROMERO, Jesús**

54 Título: **Barrera acústica híbrida con una serie de pantallas acústicas y un sistema fotovoltaico**

ES 1 258 189 U

## DESCRIPCIÓN

### BARRERA ACÚSTICA HÍBRIDA CON UNA SERIE DE PANTALLAS ACÚSTICAS Y UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

5

#### **SECTOR DE LA TÉCNICA**

La presente invención es una barrera acústica híbrida que, además de sus funciones protectoras frente a los ruidos, posee unos módulos fotovoltaicos bifaciales y un seguidor solar. Por lo tanto, permite aprovechar la estructura construida para el aislamiento acústico con funciones de generación de electricidad por vía renovable y de alto rendimiento.

La presente invención se aplica en el sector de la construcción y en el sector de la energía. Concretamente, para el primer sector, su ámbito de utilización principal son las infraestructuras viales que reducen la transmisión del ruido hacia una zona a proteger, mientras que en el sector energético, pertenece al campo de la generación eléctrica mediante energía solar fotovoltaica.

El objeto de la presente invención es un producto híbrido para ser instalado en vías de carretera, tren o complejos industriales, que combina las funcionalidades de las barreras de aislamiento acústico con los sistemas de energía solar fotovoltaica.

#### **ESTADO DE LA TÉCNICA**

Las barreras acústicas son construcciones cuya finalidad es reducir la contaminación acústica producida por carreteras, vías de tren o complejos industriales, e impedir que se propague hacia zonas sensibles al ruido, bien sean espacios protegidos o zonas urbanas. Las barreras están formadas por pantallas acústicas compuestas de diferentes materiales atenuantes del ruido, embebidas entre pilares que realizan la función de soporte. Se suelen disponer de forma vertical, a lo largo o en el contorno de las fuentes de ruido.

Se conoce en el mercado el uso de barreras acústicas con integración fotovoltaica, que aprovechan estas construcciones para soportar paneles o módulos fotovoltaicos fijos. En ocasiones, las pantallas acústicas tienen los módulos fotovoltaicos como elemento añadido o superpuesto, y en otras ocasiones son los pilares quienes realizan la función

de soportar los módulos. Ejemplos de esta solución se aprecian en CN203684122U o KR102018560. La capacidad de generación eléctrica de estos paneles fotovoltaicos está directamente ligada con la orientación azimutal de la barrera, así como con su ángulo de inclinación, pudiendo llegar a rendimientos casi nulos.

5

También se conoce el uso de mecanismos de seguimiento solar, *trackers*, o seguidores solares que optimizan la captación de radiación solar. Algunos de estos sistemas tienen algoritmos de cálculo astronómico para saber el azimut y altura solar en cada momento. Otros comprenden sensores para asegurar la correcta orientación con el sol.

10 Estos equipos suelen estar equipados en grandes instalaciones. Sin embargo, en KR20110011384 se aplica una versión ineficiente de este tipo de mecanismos en una barrera acústica. Esta solución requiere una estructura muy compleja, cubriendo la vía completamente, que pese a ello no alcanza un rendimiento suficientemente elevado pues se producen sombras entre paneles.

15

Recientemente, han aparecido en el mercado seguidores solares adaptados a módulos bifaciales, que son paneles fotovoltaicos activos por ambas caras y sensibles por tanto a la radiación solar recibida, de manera directa o indirecta (reflejada) en su superficie posterior.

20

El problema de orientación e inclinación, que implica una merma en la flexibilidad de instalación de las barreras acústicas, se puede solventar con el sistema propuesto en la presente invención. Incluye un sistema con seguimiento solar a un eje, de carácter horizontal, que permite capturar más cantidad de radiación solar al situar en cada momento los módulos fotovoltaicos en una mejor posición con respecto al sol incidente. También resuelve el problema de la falta de flexibilidad existente en las soluciones que integran sistemas fotovoltaicos, ya que no es necesario diseñar las barreras con la orientación e inclinación determinada para optimizar la posición de los módulos, o en caso contrario de orientaciones e inclinaciones que difieran de la óptima, no se vería mermada la producción eléctrica. La inclusión de este sistema de orientación horizontal posee esta característica por defecto sin necesidad de realizar modificaciones en la barrera y por tanto habilitando a esta barrera para su aplicación a cualquier orientación de carretera o vía.

35 Además, al utilizar módulos bifaciales se aprovecha la reflexión de la radiación solar incidente en el suelo y en la barrera, incrementando la recuperación de energía con un

coste incremental reducido. Sin embargo, la aplicación conocida (ver CN204780649U) es deficiente y limitada.

5 Permite el uso de módulos fotovoltaicos de medidas convencionales, dado que las dimensiones de los módulos no dependen del resto de la barrera, ni viceversa. En consecuencia, es sencillo realizar la barrera con las dimensiones adecuadas para usar módulos estándar, sencillos de reponer en caso de avería.

10 El solicitante no conoce ninguna barrera similar a la invención y que logre la misma productividad energética y con el nivel de grado de libertad (o flexibilidad) en su instalación.

### **BREVE EXPLICACIÓN DE LA INVENCION**

15 La presente invención describe una barrera acústica híbrida que, de manera complementaria a su característica de aislamiento acústico, aglutina la funcionalidad de generación eléctrica. Para ello incorpora módulos fotovoltaicos y un optimizador de la productividad solar como un mecanismo de seguimiento solar, diseñado preferentemente para módulos fotovoltaicos bifaciales.

20

La invención es fácilmente integrable en futuras instalaciones de infraestructuras de transporte por carretera y ferrocarril, en aquellas ubicaciones que precisen de aislamiento del ruido o reducción de la contaminación acústica, a la vez que la electricidad generada podría usarse para alimentar consumos eléctricos cercanos (viviendas, iluminación  
25 urbana, carteles de señalización, o cualquier otro equipamiento de servicio y mantenimiento). También se puede aplicar en instalaciones industriales. En cambio, la patente coreana KR20110011384 no permite esta integración.

La barrera acústica híbrida desarrollada permite disponer de una infraestructura que  
30 posea varias funcionalidades. En primer lugar, permite el aislamiento o atenuación del ruido producido en una vía de carretera, tren o complejo industrial, a la par que tiene la característica de ser un generador de electricidad renovable para suplir las necesidades de consumo del entorno. Adicionalmente, se le incorpora la característica funcional de un mecanismo de seguimiento solar horizontal cuya finalidad es aumentar la producción  
35 eléctrica a la vez que le otorga flexibilidad en su instalación ya que elimina las restricciones de orientación de la barrera con respecto a la carretera o vía ferroviaria encontradas en patentes similares.

Con este producto se resuelven diversos problemas técnicos con respecto al estado del arte existente en la actualidad. Permite instalar un sistema fotovoltaico de alto rendimiento, sin aumentar las necesidades de terreno o complicar el diseño de la barrera acústica. Los módulos fotovoltaicos pueden ser instalados de forma estándar, siendo ellos mismos los que toman la posición óptima. Además, evita los problemas de “autosombra” o de bloqueo de la incidencia de la radiación solar en parte de los módulos debido a otros módulos.

La posición del sistema fotovoltaico y del seguidor solar permite que su rango de rotación sea amplio, alcanzando fácilmente 120° (pudiendo llegar a 170°) produciendo más energía anual.

Por consiguiente, como consecuencia de resolver los problemas técnicos descritos, el invento propuesto presenta una serie de ventajas con respecto a los productos similares identificados en el estado de la técnica.

Además, al acoplar un módulo fotovoltaico por encima de la estructura de la barrera acústica, el módulo permite, bajo determinadas circunstancias, reducir la altura o cota de la barrera.

Además, las pantallas acústicas que componen la barrera producen un aumento de la radiación incidente reflejada en la cara posterior de módulos fotovoltaicos bifaciales. La reflexión de las barreras depende, entre otros factores del material y el color.

Finalmente, el dispositivo que se propone en la presente invención lleva asociado un alto nivel de estandarización. Esto permite que pueda ser un producto con gran penetración en el mercado debido a su mayor flexibilidad de fabricación con respecto a soluciones ya existentes o a las patentes encontradas. Igualmente presenta ventajas en su instalación y diseño, ya que no hay que crear ni seguir orientaciones específicas con respecto a la infraestructura de transporte o complejo industrial.

Por todo ello, la invención es una barrera acústica híbrida, con una serie de pantallas acústicas (autoportantes o fijadas a pilares) y un sistema fotovoltaico. Además, comprende al menos un travesaño recto y horizontal por encima de las pantallas y sustancialmente paralelo a éstas. El travesaño es soportado por una serie de articulaciones solidarias a las pantallas, y es móvil en rotación por un mecanismo de

seguimiento solar. El sistema fotovoltaico comprende módulos bifaciales fotovoltaicos soportados por el travesaño, generalmente simétricos respecto a éste.

Si las pantallas están soportadas por pilares, es recomendable que las articulaciones  
5 sean los remates de los pilares, o de varios de ellos.

El mecanismo de seguimiento solar puede comprender un motor en al menos una articulación. También puede ser externo y engranarse en una polea o piñón solidario al travesaño.

10

El sistema fotovoltaico preferiblemente comprende unas barras o un marco de soporte de los módulos bifaciales, unidos al travesaño. Idealmente se disponen coplanarios a los módulos para no hacer sombra en ninguna dirección.

15 Se puede optimizar la captación de radiación solar disponiendo una fila central de módulos monofaciales fotovoltaicos entre los módulos bifaciales, coincidente o alineada con el travesaño.

En la realización más preferida, el mecanismo de seguimiento solar tiene un rango de  
20 rotación de al menos 120°. Así puede alinearse adecuadamente en las primeras y últimas horas del día durante todo el año para orientaciones de la barrera Norte-Sur óptimas, o en el caso de otras orientaciones, inclinarse de manera automática para capturar la mayor cantidad de energía solar en función de la posición del Sol para dicha orientación azimutal y momento del día.

25

Otras variantes se describen en el resto de la memoria.

## **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

30 Para complementar la descripción se aportan varias figuras de modos particulares de realización, que no se consideran limitantes.

La Fig. 1 muestra una perspectiva en 3D de la invención con los elementos constituyentes de la misma, esto es, la barrera acústica, el mecanismo de seguimiento, y el sistema  
35 fotovoltaico al completo, empleando módulos monofaciales o convencionales para la zona intermedia como solución para completar ese hueco.

La Fig. 2 es una segunda vista de la realización anterior.

La Fig. 3 muestra un detalle en vista lateral, del mecanismo de seguimiento solar utilizado en la realización la figura 1.

5

La Fig. 4 muestra otra forma de realizar la invención.

La Fig. 5 se corresponde con la comparación de generación eléctrica para un día tipo correspondiente al mes de MARZO de la patente con módulos bifaciales, de la misma invención, pero sustituyendo los módulos bifaciales por convencionales y de las patentes con cierto grado de similitud encontradas con limitación de movimiento de rotación, en todos casos con la orientación óptima de la barrera.

La Fig. 6 muestra la comparación de generación eléctrica para un día tipo correspondiente al mes de JUNIO con las mismas características que la figura anterior

La Fig. 7 muestra la comparación de generación eléctrica para un día tipo correspondiente al mes de SEPTIEMBRE con las mismas características que la figura 8

La Fig. 8 se corresponde con la comparación de generación eléctrica para un día tipo correspondiente al mes de DICIEMBRE de la patente con módulos bifaciales, de la misma invención, pero sustituyendo los módulos bifaciales por convencionales y de las patentes con cierto grado de similitud encontradas con limitación de movimiento de rotación.

La Fig. 9 muestra la comparación de generación eléctrica total mensual de la patente con módulos bifaciales, de la misma invención, pero sustituyendo los módulos bifaciales por convencionales y de las patentes con cierto grado de similitud encontradas con limitación de movimiento

La Fig. 10 muestra la productividad de la patente propuesta con módulos bifaciales, esto es la producción energética (kWh) por cada unidad de potencia instalada (kWp) en función de la orientación del azimut del sistema fotovoltaico y cuyos resultados se comparan con los obtenidos por patentes con cierto grado de similitud encontradas pero con limitación de movimiento de rotación de los paneles, usando también en este caso paneles bifaciales.

**MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

A continuación, se pasa a describir de manera breve un modo de realización de la invención, como ejemplo ilustrativo y no limitativo de ésta.

5

Tal y como se aprecia en la realización de las figuras, la barrera acústica híbrida parte de un cuerpo de barrera (10) formado por al menos dos pilares (11), normalmente verticales, cuya altura depende del aislamiento acústico deseado. Entre los pilares (11) se disponen pantallas (12) acústicas que cierran el paso entre pilares (11). La separación entre los pilares (11) suele ser de 2-4 metros, pero no es relevante para la invención. Mediante la repetición de pilares (11) y pantallas (12) se cubre toda la longitud de la vía o perímetro que se desea proteger. El material constituyente de las pantallas (12) acústicas dependerá del nivel de absorción acústica requerido o de los parámetros de diseño exigidos.

15

Sobre el cuerpo de la barrera (10) se dispone un sistema fotovoltaico (30), por encima de las pantallas (12). Está fijado en el extremo superior de unos pilares (11), que pueden ser todos los pilares (11) o uno de cada N pilares (11). Por ejemplo, puede estar fijado a uno de cada dos o tres pilares (11). En la figura 2, todos los pilares (11) están rematados en una articulación (13) de soporte del sistema fotovoltaico (30). Un travesaño (31) recto, horizontal y paralelo al borde superior de las pantallas (12), une las articulaciones (13) y sirve de soporte y eje de giro para las barras (32) de soporte de los módulos fotovoltaicos (33,34). Estas barras (32) son sustancialmente perpendiculares al travesaño (31), para optimizar la disposición. Sin embargo, es posible sustituirlas por un marco (no representado) si la longitud del sistema fotovoltaico (30) lo permite. La longitud de las barras (32) debe ser, en todo caso, suficientemente corta para no tocar el suelo en sus giros.

Los módulos (33,34) fotovoltaicos son de dos tipos. En los bordes, más alejados del travesaño (31) se sitúan módulos bifaciales (33), mientras que en la parte o fila central se disponen módulos monofaciales (34) o convencionales. Así se optimiza la captación de radiación solar y el coste, puesto que un módulo bifacial (33) en la fila central sufriría la sombra del travesaño (31). La anchura de la fila central se puede reducir hasta el ancho del travesaño (31). Si se desea, se puede eliminar el módulo monofacial (34) cuando el travesaño (31) es pequeño y la superficie inutilizada es despreciable. Bastará con separar algo más los módulos bifaciales (33) y colocar, si acaso, algo de material de relleno. La orientación de las dimensiones mayores de los módulos (33,34) respecto del travesaño



(31) es irrelevante, pudiendo estar en cualquier orientación, aumentando la versatilidad de la invención.

Las barras (32) de soporte de los módulos (33,34) se dispondrán de forma que no den  
5 sombra a los módulos (33,34), con especial atención a las dos caras de los módulos  
bifaciales (33). Para facilitar el giro respecto del travesaño (31), la disposición de los  
módulos (33, 34) y las barras (32) es preferiblemente simétrica respecto de la fila central.  
Preferiblemente las barras (32) están en el mismo plano que los módulos (33,34) para no  
darles sombra desde ninguna dirección.

10

Los módulos bifaciales (33) pueden aprovechar la radiación incidente en su cara frontal,  
como cualquier placa solar convencional, pero también son activos por su cara posterior.  
Pueden captar la incidencia directa solar, o la radiación reflejada por el espacio  
circundante o las propias pantallas acústicas.

15

Cada travesaño (31) está montado en al menos una articulación (13) que comprende un  
motor (21) de un mecanismo de seguimiento solar (20). Todas las articulaciones (13)  
pueden estar motorizadas, si sus respectivos motores (21) están adecuadamente  
coordinados. El motor (21) puede ser concéntrico a la articulación (13) o rótula, o ser  
20 externo y poseer una correa, cadena o engranaje para producir el giro del travesaño (31).

El rango de rotación del mecanismo de seguimiento solar (20) será de al menos 120° (-  
60°, +60° respecto de la horizontal), pero si el travesaño (31) está adecuadamente  
separado de la pantalla (12) superior, podrá ser mayor. Igualmente, si el cuerpo de la  
25 barrera (10) es suficientemente alto se puede aumentar el número de módulos (33,34),  
ampliar el rango de rotación o una combinación de ambas ventajas. Se ha de considerar  
que el rango de rotación puede cubrir otro intervalo si se sitúa en una latitud elevada (por  
ejemplo, -90°, +30°). El mecanismo de seguimiento solar (20) cuenta con un algoritmo de  
control inteligente de la orientación (rotación) del sistema fotovoltaico (30) que permitirá  
30 optimizar la generación en función de la latitud, orientación del sistema, día y hora del  
año. Puede comprender unas tablas astronómicas, unos sensores de posición del sol,  
etc. En su caso comprenderá un reloj controlado por radio para asegurar la precisión  
(usando el GPS, la estación DCF77 alemana...).

35 El mecanismo de seguimiento solar (20) puede comprender un algoritmo que considere  
la energía captada por las caras traseras de los módulos bifaciales (33), de forma que la  
rotación óptima queda modificada respecto de la correspondiente a únicamente módulos

monofaciales (34). Esta diferencia de rotación puede calcularse o calibrarse para cada barrera instalada, mediante una serie de ensayos para cada barrera. Los ensayos los podrá realizar, de forma independiente, la propia barrera. Así, podrá calcular una diferencia de rotación para cada época del año.

5

En la figura 4 que comprende únicamente dos filas de módulos bifaciales (33), se muestra un ejemplo constructivo. Esta realización comprende un cuerpo de barrera (10) con pilares (11) de 3,7 m de alto cada 4 m y una altura de pantalla (12) de 3 m, compuesta por secciones de 1 m de altura. El sistema fotovoltaico (30) está dispuesto sobre cada

10 cuatro pilares (11), con articulación (13) en cada uno de ellos.

En este caso en la fila central, entre los módulos bifaciales (33), se deja un espacio vacío coincidente con el travesaño (31). Usando módulos bifaciales (33) estándar permiten obtener una potencia nominal entre 3 y 4,5 kW. El mecanismo de seguimiento solar (20) irá rotando el travesaño (31) para orientar los módulos bifaciales (33) en la mejor posición según el momento del día. En las figuras 5 a 8 se aprecian las curvas de generación fotovoltaica diaria para cuatro días tipo correspondientes a meses representativos de año para un sistema con una potencia nominal de 3 kW y con azimut óptimo. En estas figuras las líneas discontinuas se refieren a soluciones con módulos convencionales (PC); la

15

20

línea continua se refiere a una solución con módulo bifacial (PB); y las líneas punteadas se refieren a soluciones o patentes conocidas o existentes (PE); siendo la Fig.5 la correspondiente al promedio mensual de los días del mes de Marzo, Fig.6 de Junio, Fig.7 de Septiembre y Fig.8 de Diciembre.

25

En las figuras también se representa la generación para un mecanismo de giro con una limitación de 0-90°, en la orientación Sur y con una potencia de 3kW. El esquema de esa barrera se aprecia en las propias figuras 5-8. En las horas iniciales, la barrera del estado de la técnica, aun idealizada (sin autosombra), obtiene menos energía, de la misma forma que una barrera como la descrita en esta invención, pero sin módulos bifaciales (33)

30

también es menos productiva. No obstante, las mayores diferencias entre las dos versiones de nuestra patente y la coreana se aprecian a partir del mediodía solar, donde la producción de la barrera del estado de la técnica cae estrepitosamente por la limitación en la orientación. Si la orientación no es Sur (en el hemisferio Norte), este dispositivo reduce aún más su eficiencia.

35

Por tanto, con la solución propuesta, particularizada en un ejemplo en concreto, se aprecian diferencias significativas en el comportamiento diario del sistema, no solo por el

aumento del nivel de electricidad producida, sino por la diferencia en la curva de perfil de generación. Este último aspecto es el principal rasgo diferenciador y es la característica más destacable de la invención propuesta.

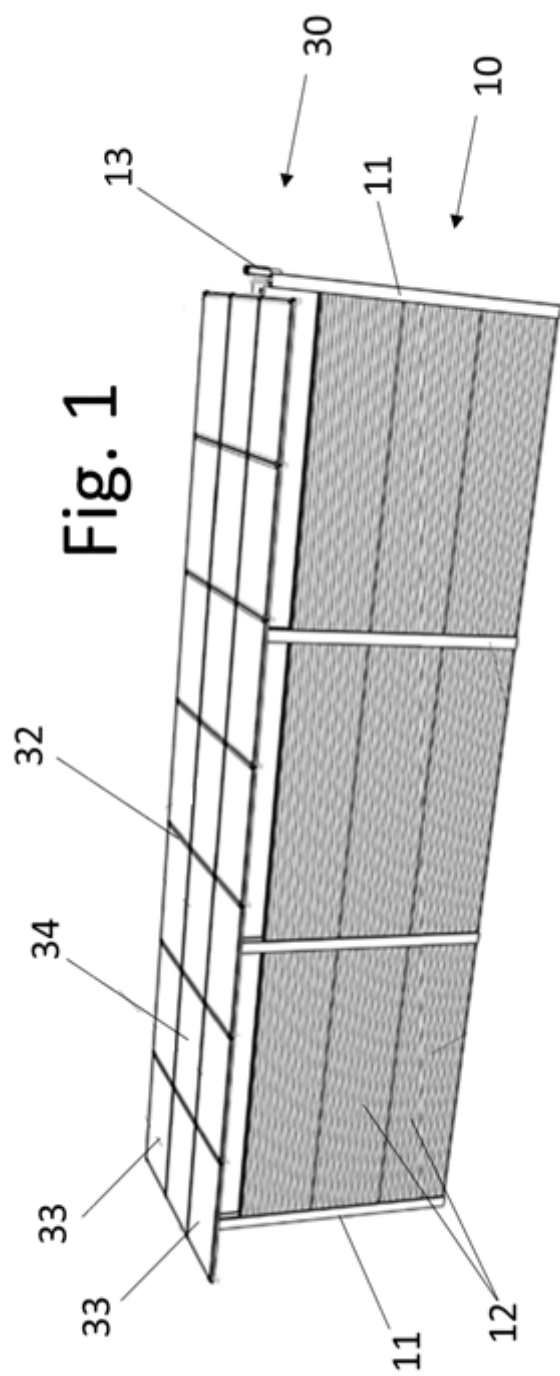
- 5 Con el objetivo de reforzar las diferencias, se procede a continuación a estimar las ganancias anuales (kWh) de los tres sistemas simulados a lo largo del año, a la vez que se incluye además una comparativa mensual de la producción (ver figura 9). En esta figura muestra una comparativa de generación mensual entre los valores referentes a soluciones con módulos convencionales (PC); los valores referentes a la solución de la presente invención bifacial (PB); y los valores referentes a soluciones o patentes similares conocidas o existentes (PE).

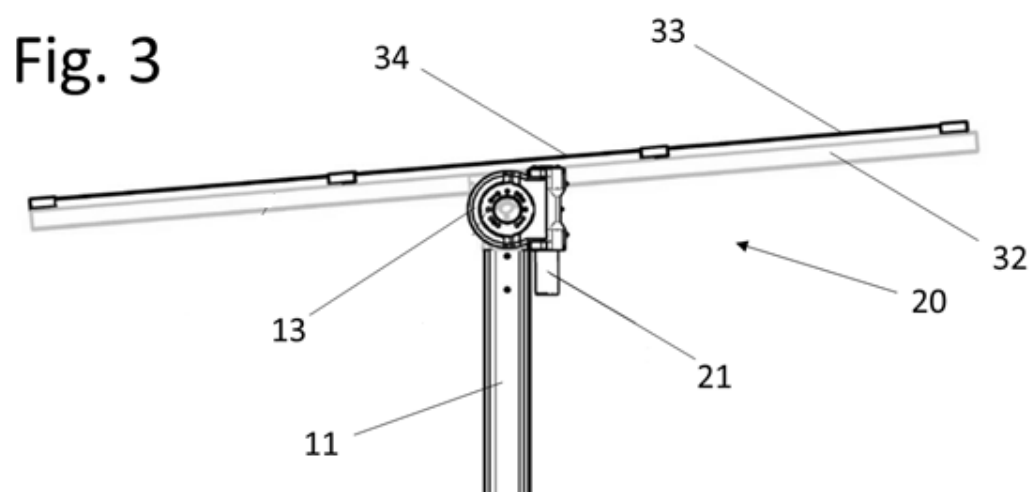
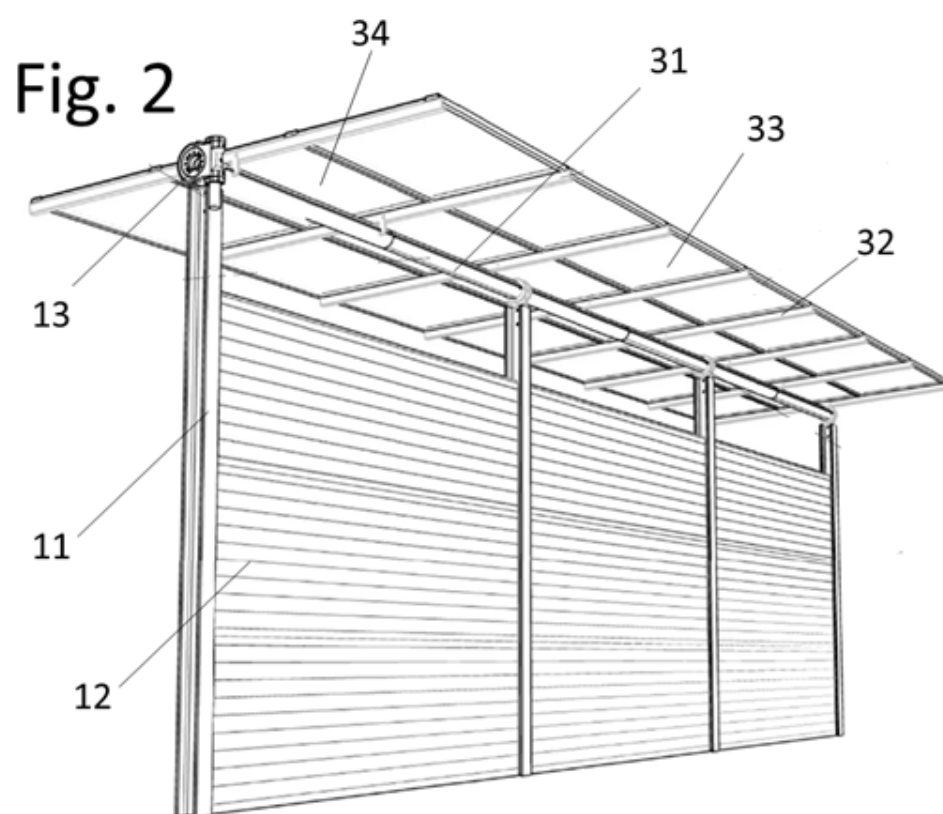
La invención lograría producir 7453.35 kWh, la misma disposición pero con únicamente módulos monofaciales (34), lograría producir 7008,9 kWh, mientras que una solución como la de la patente coreana alcanzaría 5965,08 kWh para una misma superficie de módulos fotovoltaicos.

A modo de comparativa adicional, en la figura 10 se observa el comportamiento de la invención con módulos bifaciales y ángulo de giro  $-60^{\circ}$ ,  $+60^{\circ}$  bajo diferentes orientaciones de azimut (carretera) con respecto a patentes similares con limitación de ángulo de giro  $90^{\circ}$ -  $0$ , considerando que comprenden también módulos bifaciales. Se observa, que para todas las orientaciones posibles de barrera acústica, la solución propuesta obtiene mejores y diferentes resultados energéticos. En esta figura muestra una comparativa de la productividad con los valores referentes a la presente invención (PB); y los valores referentes a soluciones o patentes similares conocidas o existentes (PE).

**REIVINDICACIONES**

- 1- Barrera acústica híbrida, con una serie de pantallas (12) acústicas y un sistema fotovoltaico (30), caracterizado por que comprende al menos un travesaño (31) recto y horizontal por encima de las pantallas (12) y sustancialmente paralelo a éstas, soportado por una serie de articulaciones (13) solidarias a las pantallas (12), siendo el travesaño (31) móvil en rotación por un mecanismo de seguimiento solar (20), y donde el sistema fotovoltaico (30) comprende módulos bifaciales (33) fotovoltaicos soportados por el travesaño (31).
- 2- Barrera acústica híbrida, según la reivindicación 1, caracterizada por que las pantallas (12) están soportadas por pilares (11) rematados en las articulaciones (13).
- 3- Barrera acústica híbrida, según la reivindicación 1, caracterizada por que el mecanismo de seguimiento solar (20) comprende un motor (21) en al menos una articulación (13).
- 4- Barrera acústica híbrida, según la reivindicación 1, caracterizada por que el sistema fotovoltaico (30) comprende unas barras (32) o un marco coplanario de soporte de los módulos bifaciales (33), unidos al travesaño (31).
- 5- Barrera acústica híbrida, según la reivindicación 1, caracterizada por que comprende una fila central de módulos monofaciales (34) fotovoltaicos entre los módulos bifaciales (33), coincidente con el travesaño (31)
- 6- Barrera acústica híbrida, según la reivindicación 1, caracterizada por que el mecanismo de seguimiento solar (20) tiene un rango de rotación de al menos 120°.





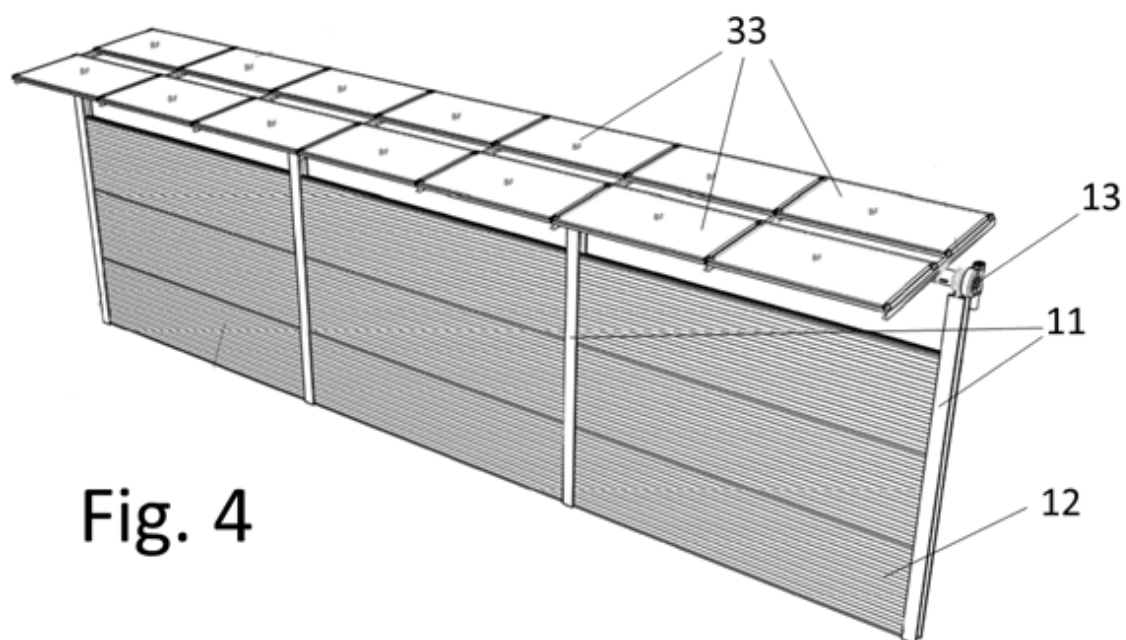


Fig. 4

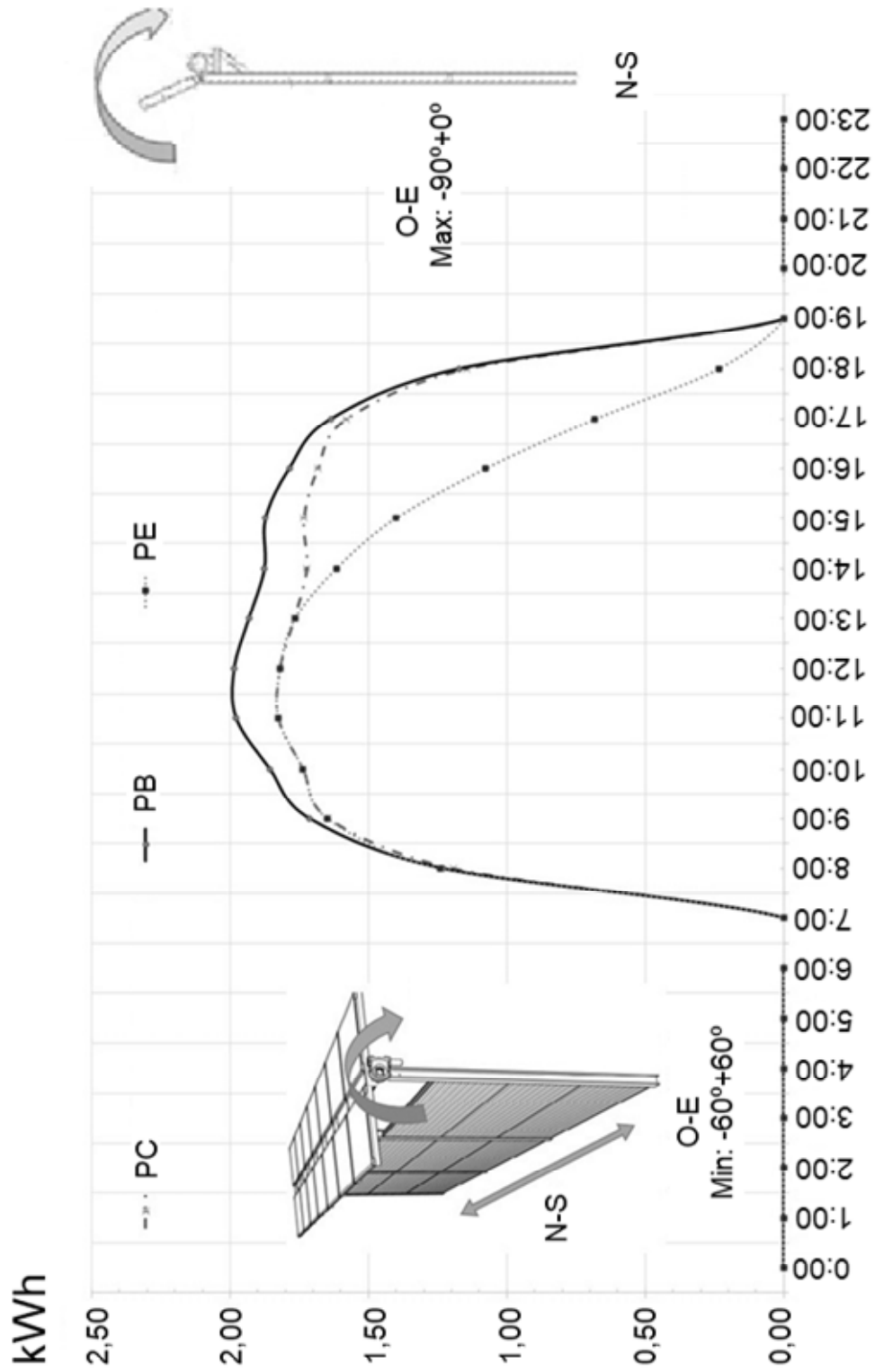


FIG.5



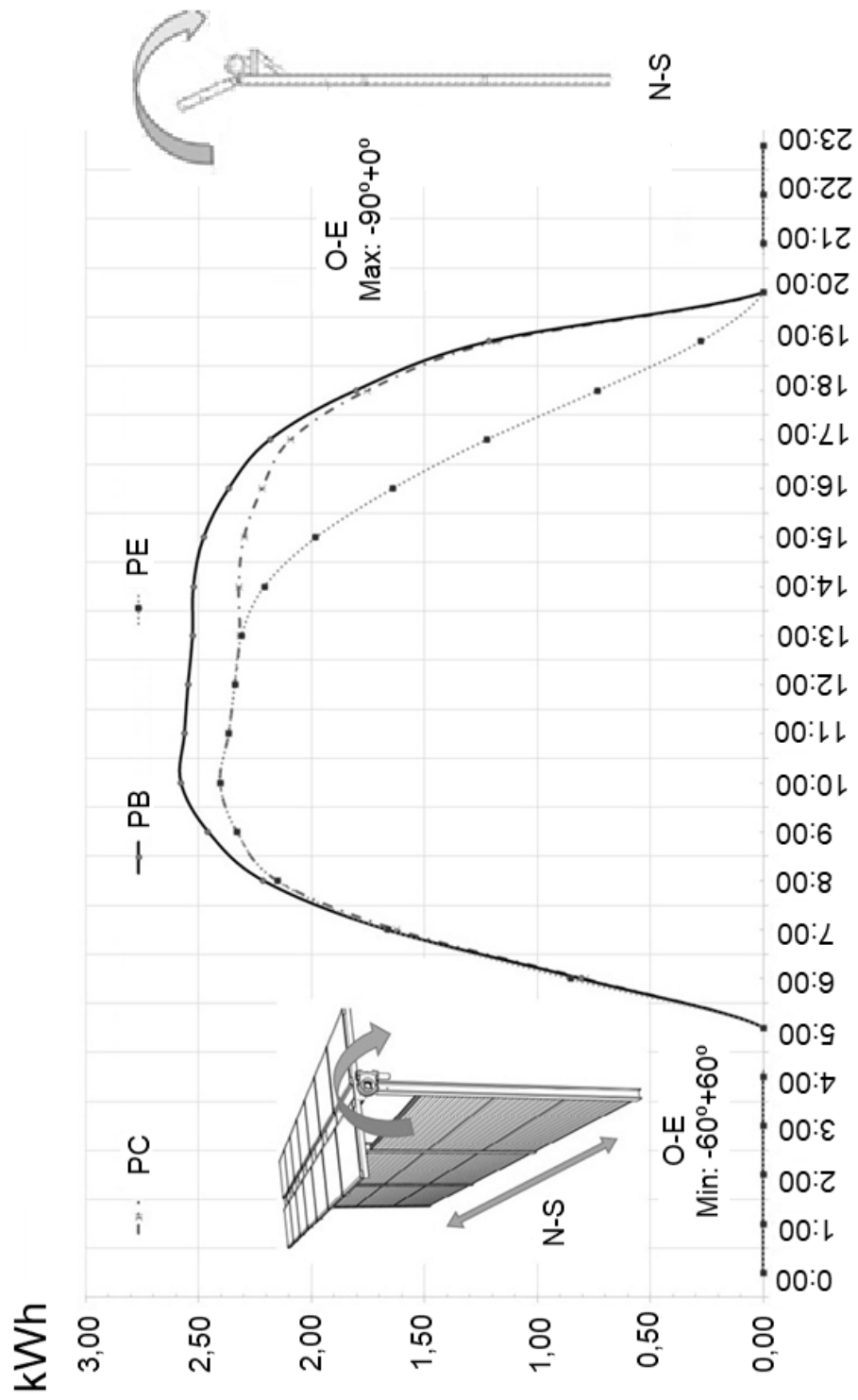


FIG.6

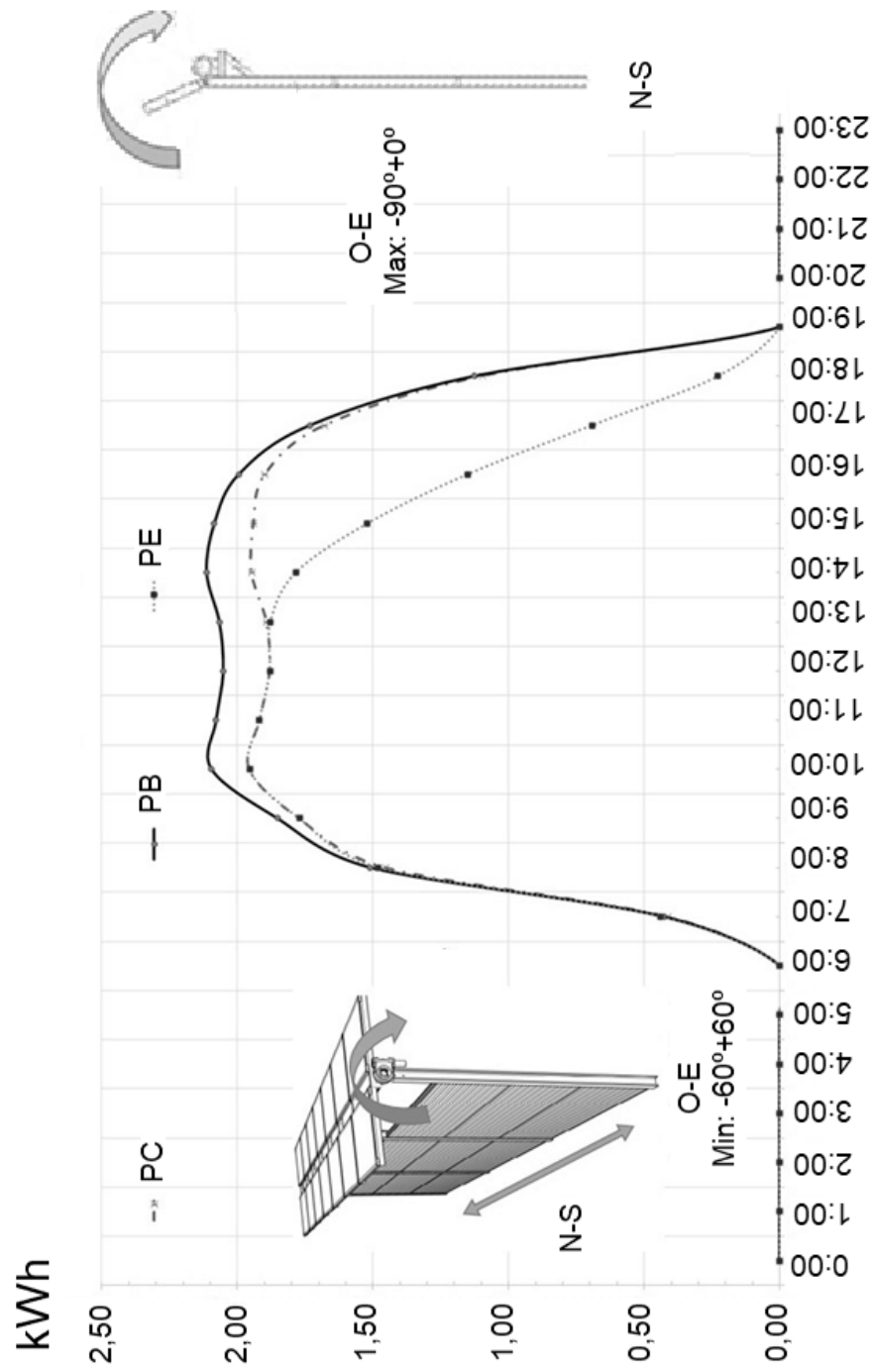


FIG.7

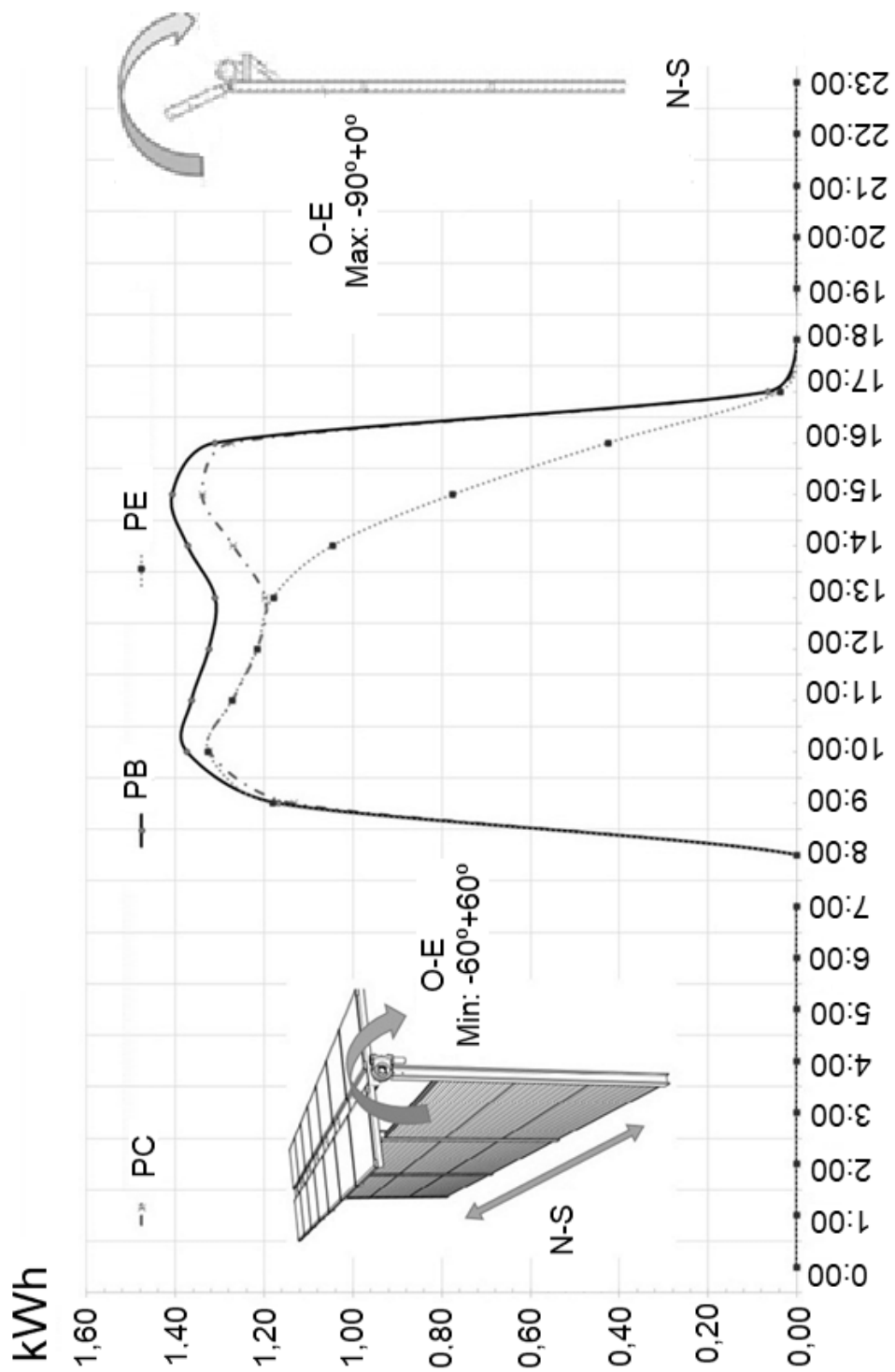


FIG.8

kWh

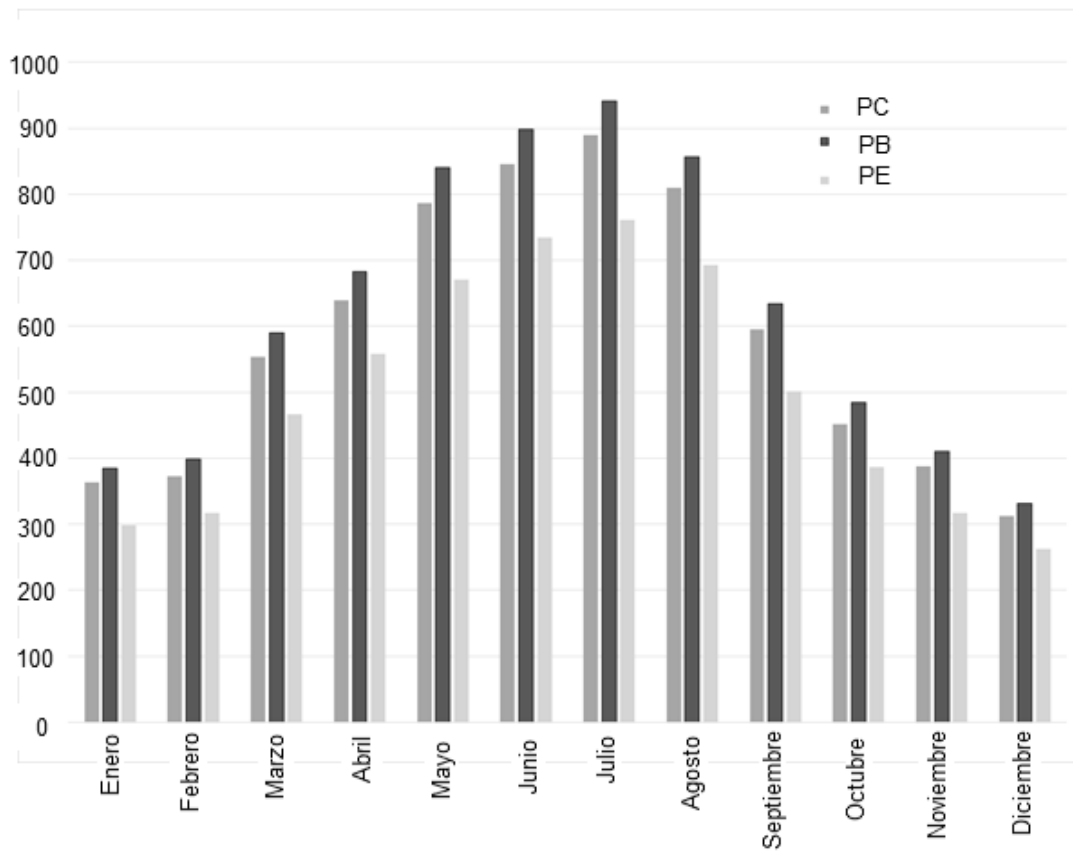


FIG.9

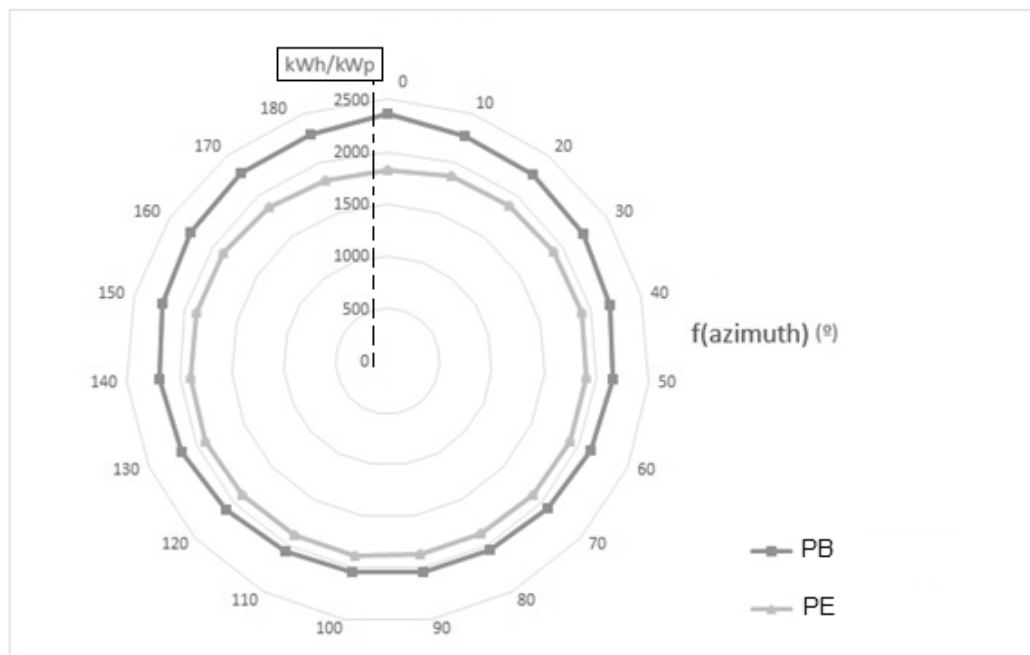


FIG.10