

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 190**

51 Int. Cl.:

**G01R 15/18** (2006.01)

**H05K 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2013** **E 13382124**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017** **EP 2793035**

54 Título: **Sensor de corriente basado en una bobina de Rogowski**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**14.03.2018**

73 Titular/es:  
**ARTECHE CENTRO DE TECNOLOGÍA, A.I.E.**  
**(100.0%)**  
**Derio Bidea, 28**  
**48100 Munguia (Vizcaya), ES**

72 Inventor/es:  
**GARABIETA, IÑAKI y**  
**MONTERO, ALFONSO**

74 Agente/Representante:  
**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 659 190 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sensor de corriente basado en una bobina de Rogowski

### 5 **Campo técnico**

La presente invención pertenece al campo de los sensores de corriente basados en bobinas Rogowski y en particular a los sensores de corriente basados en bobinas Rogowski realizados en un soporte de PCB (Placa De Circuito Impreso).

10

### **Antecedentes de la invención**

Existen varias formas de fabricar una bobina de Rogowski. Una forma clásica consiste en enrollar el hilo de la bobina en un núcleo flexible (no magnético). Otra forma consiste en "enrollar" las vueltas del hilo en un núcleo duro, como una PCB. Por tanto, si se utilizan las dos caras de la placa, cada cara tiene parte del circuito de cada vuelta. En otras palabras, la bobina se implementa mediante depósitos metálicos sobre cada una de las dos caras de la placa, extendiéndose a lo largo de los radios de la PCB. El resultado es una bobina helicoidal, cuya sección queda determinada por la anchura de la bobina y el espesor de la PCB.

15

20

Un ejemplo de bobina de Rogowski implementada sobre una PCB es el descrito en la patente estadounidense US5461309, que muestra un dispositivo de medición de corriente basado en una bobina de Rogowski implementada sobre una placa de circuito impreso. La bobina de Rogowski tiene forma de disco plano, en el que la bobina se implementa mediante depósitos metálicos rectos a cada lado de la placa, a lo largo de radios cuyas proyecciones intersectan en el punto central de la bobina. Las conexiones eléctricas entre los radios de un lado y los del lado opuesto se realizan a través de orificios o trayectorias que atraviesan el espesor de la placa. Estas bobinas de ida y vuelta en dos direcciones distintas permiten conseguir inmunidad a campos y corrientes externos a la corriente que se va a medir. Estas bobinas son prácticamente planas, lo que facilita mucho su diseño y fabricación en la PCB.

25

30

El tipo de bobina de Rogowski descrita por ejemplo en la patente anterior se ha basado en una estructura circular (más concretamente, anular) plana sobre una PCB rígida, en la que cada espira (o vuelta de la bobina) se sitúa en dirección que es perpendicular al conductor cuya corriente se va a medir, como muestra por ejemplo la Figura 1 del documento US5461309. En consecuencia, estas bobinas tienen poca longitud (medida en la dirección del conductor; en otras palabras, su longitud coincide con el espesor de la PCB), tienen un diámetro interior que está limitado por el conductor y tienen un diámetro exterior que está condicionado por el diseño de la bobina. En otras palabras, teniendo en cuenta la poca libertad que ofrece el espesor de la PCB y el diámetro interior, la sección de cada espira se ve limitada por el diámetro exterior de la PCB, que podría quedar limitado en la instalación, limitando también con ello la sección de la bobina y su sensibilidad para medir la corriente.

35

40

La patente estadounidense US7825763B2 propone un diseño alternativo para un transformador de corriente, en el que el secundario del transformador está formado por un anillo tubular completo conformado de cuatro cuartos idénticos de PCB, fijados a un marco anular. Cada cuarto de PCB se curva hasta completar una porción angular de un anillo tubular cuyo eje de simetría coincide con el eje del conductor primario del transformador.

45

La solicitud de patente internacional WO00/72027A1 divulga un sensor de corriente basado en una bobina de Rogowski, que comprende un tubo de sección transversal poligonal obtenido a partir de piezas de placa de circuito que forman las caras planas del tubo de sección transversal poligonal.

50

La solicitud de patente internacional WO2009/009878A1 divulga un sensor de corriente basado en un circuito impreso flexible.

La solicitud de patente internacional WO2011/018530A1 divulga un sensor para su uso en la detección de una corriente variable en el tiempo en un conductor.

55

Sin embargo, el diseño anterior necesita varias piezas de PCB unidas entre sí de manera mecánica y eléctrica, lo que dificulta su fabricación y añade puntos débiles en el diseño.

### **Descripción de la invención**

60

La presente invención trata de superar los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un nuevo sensor de corriente basado en una bobina de Rogowski y realizado en un soporte de PCB, como se define en la reivindicación independiente 1 y en sus reivindicaciones dependientes correspondientes. Por lo tanto, en un primer aspecto de la invención, se proporciona un sensor de corriente basado en una bobina de Rogowski que comprende un tubo de sección poligonal obtenido a partir de una o más piezas de la PCB rígida que forman las caras planas de dicho tubo de sección poligonal donde se encuentran las espiras que forman la bobina de Rogowski y porque la citadas caras planas están unidas entre sí mediante zonas flexibles que pueden doblarse a modo de bisagras a fin de configurar el citado tubo, implementándose las zonas flexibles mediante PCB flexible o mediante porciones de la PCB de espesor

65

reducido. El citado tubo de sección poligonal está diseñado para que, durante su uso, el hilo conductor que lleva la corriente que se va a medir se sitúe a lo largo del eje longitudinal del tubo.

5 Las espiras que forman la bobina de Rogowski están formadas por pistas en al menos dos capas de la PCB rígidas y por vías que atraviesan la PCB y que pueden discurrir paralela y oblicuamente con respecto al eje longitudinal del tubo.

10 En una posible realización, el tubo de sección poligonal se implementa mediante una única pieza de la PCB rígida, en la que se alternan porciones de la PCB de espesor normal que constituyen las caras planas del tubo con porciones de la PCB de espesor rebajado que se pueden doblar a modo de bisagras para constituir las zonas flexibles del tubo de sección poligonal.

15 En una realización más particular, las porciones de la PCB de espesor rebajado no ocupan toda la longitud de la PCB rígida, sino que se implementan mediante al menos una porción de unión que actúa a modo de bisagra. Por ejemplo, una porción de unión superior y una porción de unión inferior, en medio de las que hay una porción de PCB rígida que incluye depósitos de bobinado.

20 En otra posible realización, el tubo de sección poligonal se implementa mediante tantas piezas de la PCB rígida como caras tiene el tubo de sección poligonal, y cada par de piezas de la PCB rígida se unen entre sí mediante porciones de la PCB flexibles que se pueden doblar a modo de bisagras para constituir las zonas flexibles del tubo de sección poligonal.

25 En otra posible realización, el tubo de sección poligonal se implementa mediante tanto una pieza de la PCB rígida, en la que se alternan porciones de la PCB de espesor normal y porciones de la PCB de espesor rebajado que se pueden doblar a modo de bisagras para delimitar las caras del tubo de sección poligonal, y piezas de la PCB rígida unidas entre sí mediante porciones de la PCB flexible que se pueden doblar a modo de bisagras para delimitar las caras del tubo de sección poligonal.

30 En otra posible realización, el tubo de sección poligonal se implementa mediante dos piezas de la PCB rígida, en cada una de las que se alternan porciones de la PCB rígida y una zonas flexibles a modo de bisagras para delimitar las caras del tubo de sección poligonal, en el que la porción rígida de un extremo de la primera pieza se solapa con la porción rígida de un extremo de la segunda pieza, y la porción rígida del extremo opuesto de la primera pieza se solapa con la porción rígida del extremo opuesto de la segunda pieza, siendo la densidad de espiras de cada una de las porciones solapadas tal que la suma de las espiras de las dos porciones solapadas sea igual a la de las porciones no solapadas.

### Breve descripción de los dibujos

40 Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de la descripción, un juego de Figuras en el que con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

45 La Figura 1 muestra un esquema de un sensor de corriente basado en una bobina de Rogowski de acuerdo con una posible realización de la invención.

Las Figuras 2A-2D muestran detalles de una posible implementación de la invención.

La Figura 3 muestra una porción de la PCB rígida en la que se ha reducido el espesor de una parte hasta hacerla flexible.

La Figura 4 muestra una implementación alternativa de la invención.

50 La Figura 5 muestra un esquema de un sensor de corriente basado en una bobina de Rogowski de acuerdo con otra posible realización de la invención.

### Descripción de una realización de la invención

55 A continuación se proporciona una descripción de varias realizaciones del sensor de corriente de la invención. El sensor de corriente es tridimensional y tiene una sección poligonal, en otras palabras, tiene forma de tubo hueco con una sección poligonal. El conductor que lleva la corriente que se va a medir coincide con el eje longitudinal del "tubo" (con sección poligonal) que forma el sensor.

60 La Figura 1 muestra un esquema de un sensor de corriente de acuerdo con la invención, ilustrando el conductor primario 11, por el que circula la corriente que se va a medir, y el conductor secundario 10, en forma de una bobina de Rogowski. El conductor secundario 10 se conforma de una parte hueca tubular con sección poligonal fabricada a partir de una placa de circuito impreso (PCB), preferentemente de dos o más capas, estando todas o algunas de ellas bobinadas. El eje de simetría de esta parte hueca con sección poligonal coincide sustancialmente con el eje longitudinal del conductor primario 10.

65

El sustrato a partir del que se fabrica la placa de circuito impreso o PCB puede ser, por ejemplo y de forma no limitativa, una resina epoxi, reforzada o no con fibra de vidrio, un material cerámico o cualquier material que tenga un coeficiente de expansión térmica muy bajo.

- 5 La bobina de Rogowski se implementa mediante depósitos o pistas metálicas en al menos dos capas de la placa (en caso de haber más de dos capas, al menos en las dos caras externas), estableciéndose las conexiones eléctricas entre los depósitos metálicos de una cara y las de la cara opuesta a través de orificios o vías que atraviesan el espesor de la placa. Las pistas metálicas pueden ser rectas, onduladas o de otra forma. Es decir, se forman bobinas de ida y vuelta en dos direcciones distintos. A diferencia de las bobinas Rogowski basadas en PCB convencionales, en que los depósitos metálicos están en un plano perpendicular al eje longitudinal del conductor primario 10, los depósitos metálicos del sensor de la invención se encuentran sobre las caras planas del tubo de sección poligonal, siendo estas caras planas paralelas al eje longitudinal del conductor primario 10. En cada cara del tubo poligonal, los depósitos metálicos pueden discurrir paralelos al eje longitudinal u oblicuos con respecto al mismo.
- 10
- 15 Tal y como se observa en la Figura 2A la bobina se forma por dos pistas o depósitos metálicos en serie: un primer depósito 24 en sentido horario, y un segundo depósito 25 en sentido antihorario. La Figura 2A es una vista en plano de parte de la bobina, en la que el primer depósito 24 se ilustra en trazo continuo y grueso cuando el depósito está en la cara visible de la placa y en trazo discontinuo y grueso cuando el depósito está en la cara opuesta; el segundo depósito 25 se ilustra como doble línea, que también es continua o discontinua dependiendo de si el depósito está en la cara visible o en la opuesta. En la Figura los dos depósitos rectos de la misma vuelta de la bobina se muestran uno junto al otro solo para facilitar el entendimiento de la Figura. En realidad, los dos depósitos rectos de cada vuelta están alineados entre sí en caras opuestas de la placa. La flecha F1 muestra la dirección de la bobina del primer depósito 24 y la flecha F2 muestra la dirección de la bobina del segundo depósito 25. La Figura muestra también los puntos o terminales de conexión T1 T2 (T1 es el punto de conexión del primer depósito 24 y T2 es el punto de conexión del segundo depósito 25). En el esquema de la Figura 2A los depósitos son rectos, pero como se ha mencionado, en el sensor de corriente de la invención éste no tiene que ser necesariamente el caso.
- 20
- 25

En una posible realización, el sensor de corriente se implementa mediante una única pieza de la PCB rígida, en el que se incluyen porciones de menor espesor (muy finas), gracias a lo que pueden doblarse a modo de bisagras para constituir las esquinas del polígono. Un ejemplo no limitativo que ilustra una pieza de la PCB rígida con una parte flexible es el FR4 Semiflex® de Wurth. Normalmente estas zonas rebajadas no soportan que sean dobladas múltiples veces, pero tampoco es necesario, puesto que el objetivo es más facilitar su montaje e instalación que permitir su reutilización indiscriminada.

30

- 35 La Figura 2A muestra una vista frontal de la placa de PCB sobre la que se implementa una bobina de Rogowski de acuerdo con esta posible realización. En las zonas 33 de la PCB de espesor "normal" (no rebajado) se deposita la bobina. Como ya se ha explicado, esta bobina tiene una porción a lo largo de una cara (trazo continuo en la Figura 2A), que atraviesa el espesor de la PCB y retorna por la otra cara (trazo punteado en la Figura 2A), que atraviesa la PCB y sigue de esta manera constituyendo las espiras. Esta bobina es doble, es decir, avanza en una dirección y cuando llega al final de la PCB, retorna otra vez haciendo más espiras (ida y vuelta), como se ha explicado de acuerdo con la Figura 2A. La bobina se realiza en la zona de espesor normal, mientras que en las zonas debilitadas o rebajadas en espesor 32 solo hay una pista que pasa hasta la siguiente porción de espesor normal 33, donde continúa la bobina. Como se ha explicado en la Figura 2A, hay un hilo (depósito metálico) para la bobina de ida y otro para la bobina de vuelta. La Figura 2B muestra una sección de la placa anterior, en la que se observa el espesor de las zonas de espesor normal 33 y la zona de espesor rebajado 32. La Figura 2C muestra la placa de la Figura 2B una vez doblada por la zona de espesor rebajado 32. Repitiendo en una misma placa de PCB rígida esta operación de alternar porciones de espesor normal con porciones de espesor rebajado (como ilustra la Figura 2D), y doblando dichas zonas de espesor reducido, se consigue formar un tubo de sección poligonal con tantas caras como porciones de la PCB rígida se hayan utilizado. Esta PCB se sujeta mecánicamente con cualquier medio posible, por ejemplo sobre un soporte poligonal tubular, para dejar la forma definitiva de la bobina terminada. Desde el punto de vista eléctrico las dos conexiones (entrada y salida) están juntas (puntos T1 y T2 de la Figura 2) en un mismo lado del tubo poligonal. Estos conectores se conectarán a lo que sea necesario para las medidas pertinentes. A lo largo del eje longitudinal del tubo circula el conductor cuya corriente se va a medir.
- 40
- 45
- 50

- 55 La Figura 3 muestra una realización más particular, en la que a una porción de la PCB rígida 42 se le ha rebajado el espesor de una parte hasta hacerla flexible 43-A 43-B. Como puede observarse, las zonas de bisagra (zona de PCB rebajado) 43-A 43-B no tienen por qué ser continuas de arriba abajo, es decir, no tienen por qué ocupar todo el largo de la PCB rígida. Solo hace falta que tengan una porción de unión entre dos partes rígidas que permita el paso del hilo, el resto puede quedar al aire. Por tanto, en la realización de la Figura 3, se minimiza la zona dedicada a bisagra (PCB rebajada) 43-A 43-B, lo que permite aumentar la superficie bobinada. Por tanto se optimiza el espacio sobre el que bobinar, sin desaprovechar la PCB rígida para implementar bisagras. Como puede verse, la Figura ilustra también los depósitos de bobinado en la parte rígida (sin rebajar espesor) situada entre las zonas de PCB rebajada 43-A 43-B.
- 60

- 65 Como alternativa, las partes debilitadas o de espesor rebajado, en vez de realizarse sobre la misma pieza de la PCB rígida, se realizan con una PCB flexible (fPCB) 53 uniendo las porciones de espesor normal de PCB52, tal y como

se muestra en el esquema de la Figura 4. Es decir, las partes de PCB flexible pueden ser tanto elementos separados que se unen a la PCB rígida, como porciones de la PCB flexible integradas en la PCB rígida por el fabricante.

- 5 En todas las realizaciones (Figuras 2D, 3y 4) se conforma una bobina de forma tubular con una combinación de PCB rígida con zonas flexibles que pudiera realizarse de una sola pieza o de varias.

10 En otra posible realización, en un mismo sensor se combinan en el mismo tubo poligonal tanto bisagras hechas de PCB rígida con espesor rebajado, como hechas con porciones de fPCB. Es decir, no todas las bisagras tienen que ser del mismo tipo, sino que puede haber de las dos en un mismo sensor.

15 La Figura 5 muestra una realización alternativa, en la que el polígono (sección del tubo poliédrico fabricado en PCB), en vez de conformarse a partir de un único elemento de PCB rígida, se realiza a partir de dos elementos PCB rígidas (como los descritos anteriormente en las Figuras 2A-2D). En este caso, al doblar las porciones de la PCB rebajados 33 formando el tubo de sección poligonal, las dos últimas porciones de espesor normal del primer elemento de PCB (33<sub>ext</sub> en la Figura 2D y 62<sub>ext</sub> en la Figura 5), quedan solapadas con las dos últimas porciones del segundo elemento. Nótese que la densidad de espiras en las porciones que se solapan 62<sub>ext</sub> es tal que la suma de las espiras en las porciones solapadas sea igual que en las porciones que no quedan solapadas 62<sub>int</sub>. Es decir, el circuito completo recorre más de 360°. Por estar formado por dos porciones de la PCB independientes, esta configuración tiene la ventaja de que el sensor de corriente es muy fácilmente abrible y, por tanto, puede desacoplarse o acoplarse fácilmente alrededor del hilo de tensión.

20 En este caso, los terminales de conexión de cada elemento se conectan convenientemente, ya sea haciendo empalmes eléctricos entre las dos piezas, o sacando un hilo de cada pieza hacia una caja de conexiones externa, o de cualquier forma que un experto considere apropiada.

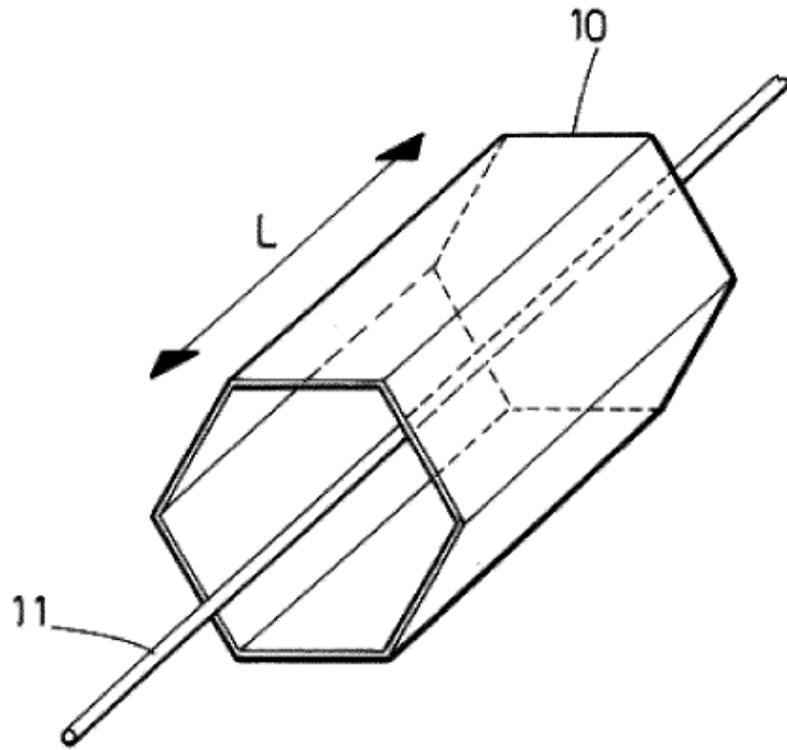
25 Tanto en el caso del sensor implementado a partir de una placa o PCB rígida, o de dos placas de PCB rígida, las dimensiones del sensor exceden algo en diámetro con respecto al diámetro del conductor primario 11, con lo que se reducen espacios y en la misma medida se aumenta la sensibilidad de la bobina de Rogowski. Es decir, con el nuevo diseño, y adaptando la bobina a una forma tubular poliédrica (de sección poligonal), y dado un diámetro interior fijado por el hilo conductor 11, y un diámetro exterior algo más grande que el diámetro interior, se consigue que la dimensión libre para el diseño sea la longitud (medida en la dirección del conductor). Esta longitud se expresa en la Figura 1 con la referencia L.

- 30 En cualquiera de los casos, el tubo poliédrico puede tener tantas caras como se desee, es decir, el polígono que determina la sección del tubo puede ser un triángulo equilátero, un cuadrado, un pentágono, un hexágono, etc.

35 Además, con la tecnología propuesta se pueden fabricar dos tipos de sensores: sensores cerrados en los que la flexibilidad de la PCB (ya sea una PCB rígida o dos piezas de la PCB rígida con uniones de media densidad de espiras, rebajados en espesor en algunas zonas para permitir que sea doblado) se utiliza para facilitar la fabricación y estabilidad del sensor, pero que en su aplicación no serán abribles. O sensores que se pueden abrir que faciliten su instalación en campo, teniendo en cuenta la capacidad del sensor para abrir y cerrarse sobre sí mismo aprovechando la flexibilidad del mismo.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sensor de corriente basado en una bobina de Rogowski (10), que comprende un tubo de sección poligonal obtenido a partir de una o más piezas de PCB rígida (33, 52) que forman las caras planas de dicho tubo de sección poligonal, en donde las espiras (24, 25) que forman la bobina de Rogowski se encuentran en dichas caras planas, diseñándose dicho tubo de sección poligonal de modo que, durante su uso, el conductor (11) cuya corriente se va a medir se sitúa a lo largo del eje longitudinal del tubo, **caracterizado por que** dichas caras planas están unidas entre sí por medio de zonas flexibles (32, 53) que pueden doblarse a modo de bisagra para formar el tubo, estando dichas zonas flexibles implementadas mediante PCB flexible (53) o mediante porciones de PCB de espesor rebajado (32).
- 10 2. El sensor de la reivindicación 1, en el que dichas espiras que forman la bobina de Rogowski están formadas por pistas en al menos dos caras de la PCB rígida y por vías que a atraviesan la PCB, y en donde dichas espiras discurren paralelas al eje longitudinal del tubo.
- 15 3. El sensor de la reivindicación 1, en el que dichas espiras que forman la bobina de Rogowski están formadas por pistas en al menos dos caras de la PCB rígida y por vías que a atraviesan la PCB, y en donde dichas espiras discurren oblicuamente con respecto al eje longitudinal del tubo.
- 20 4. El sensor de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho tubo de sección poligonal está implementado mediante una única pieza de PCB rígida, en el que se alternan porciones de PCB de espesor normal (33) que constituyen las caras planas del tubo y porciones de PCB de espesor rebajado (32) que se pueden doblar a modo de bisagras para constituir las zonas flexibles del tubo de sección poligonal.
- 25 5. El sensor de la reivindicación 4, en el que dichas porciones de PCB de espesor rebajado no ocupan todo el largo de la PCB rígida sino que están implementadas mediante al menos una porción de unión (43-A) que actúa a modo de bisagra.
- 30 6. El sensor de la reivindicación 5, en el que dichas porciones de PCB de espesor rebajado no ocupan todo el largo de la PCB rígida sino que están implementadas mediante una porción de unión superior (43-A) y una porción de unión inferior (43-B), en medio de las cuales hay una porción de PCB rígida que incluye espiras de la bobina.
- 35 7. El sensor de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho tubo de sección poligonal está implementado mediante tantas piezas de PCB rígida (52) como caras tiene el tubo de sección poligonal, y en el que cada par de piezas de PCB rígida están unidas entre sí mediante porciones de PCB flexible (53) que se pueden doblar a modo de bisagras para constituir las zonas flexibles del tubo de sección poligonal.
- 40 8. El sensor de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho tubo de sección poligonal está implementado mediante una pieza de PCB rígida, en la que se alternan porciones de PCB de espesor normal (33) y porciones de la PCB de espesor rebajado (32) que se pueden doblar a modo de bisagras para conformar las zonas flexibles del tubo de sección poligonal, y piezas de PCB rígida (52) unidas entre sí mediante porciones de PCB flexible (53) que se pueden doblar a modo de bisagras para conformar las zonas flexibles del tubo de sección poligonal.
- 45 9. El sensor de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho tubo de sección poligonal está implementado mediante dos piezas de PCB rígida, en donde cada una de las dos piezas de PCB rígida comprende una pluralidad de porciones de PCB rígida y cada una de las porciones de PCB rígida se alterna con zonas flexibles a modo de bisagras para delimitar las caras del tubo de sección poligonal, en donde la porción rígida de un extremo de la primera pieza se solapa con la porción rígida de un extremo de la segunda pieza, y la porción rígida del extremo opuesto de la primera pieza se solapa con la porción rígida del extremo opuesto de la segunda pieza, siendo la densidad de las espiras de cada una de las porciones solapadas (62<sub>ext</sub>) tal que la suma de las espiras de las dos porciones solapadas sea igual a la de las porciones no solapadas (62<sub>int</sub>).
- 50



**FIG.1**

