

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 172**

51 Int. Cl.:

G01N 29/28 (2006.01)

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/265 (2006.01)

G01N 29/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2011 PCT/US2011/060131**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.05.2012 WO12067931**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2011 E 11790697 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 2641082**

54 Título: **Dispositivo conectable para monitorizar el estado de un artículo**

30 Prioridad:

15.11.2010 US 413504 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.06.2018

73 Titular/es:

PARKER-HANNIFIN CORPORATION (50.0%)
6035 Parkland Boulevard
Cleveland, Ohio 44124-4141, US y
UNIVERSITY OF CINCINNATI (50.0%)

72 Inventor/es:

ZHU, XIANGDONG;
BUCA, PETER, V.;
SHILAD, ISAAC y
LEE, JAY

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 674 172 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

Dispositivo conectable para monitorizar el estado de un artículo

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un sensor y un sistema para detectar daños en un artículo presurizado, en particular, una manguera (por ejemplo, una manguera hidráulica).

Antecedentes

10 Una manguera de conector hidráulica es un tubo que transfiere fluidos bajo presión de un lugar a otro. Una manguera hidráulica es una estructura de material compuesto fabricada principalmente de caucho o termoplástico y refuerzo de acero. El refuerzo de acero puede incluir un cable que se enrolla firmemente en espiral a lo largo de la longitud de la manguera para formar una carcasa de acero o que podría trenzarse a través de la longitud de la manguera para una mayor resistencia. La cubierta más exterior habitualmente está fabricada de un material polimérico que ayuda a proteger las capas interiores de los entornos hostiles. Las mangueras hidráulicas operan desde una presión muy baja a una presión extremadamente alta dependiendo de las aplicaciones. Las mangueras hidráulicas se usan en una diversidad de industrias, como maquinaria pesada, electrodomésticos, etc., y entornos.
15 En ciertas situaciones, especialmente en la maquinaria pesada, el estado de una manguera es determinante.

Una manguera hidráulica tiene una vida útil finita y todas las mangueras finalmente fallan debido a diversos factores, como el daño externo, el plegado multiplano, las condiciones de funcionamiento, etc. Los daños en una manguera que soporta dichas altas presiones pueden provocar lesiones graves o la muerte de un operario. Por lo tanto, monitorizar el estado de la manguera llega a ser determinante.

20 Los sistemas de alimentación hidráulica se usan ampliamente en muchas aplicaciones. La manguera hidráulica es la "arteria" que mantiene el equipo en funcionamiento. Las consecuencias del fallo de una manguera son graves. No solo provoca un tiempo de inactividad de los equipos, sino también problemas ambientales y de seguridad. Los esquemas de mantenimiento actuales se basan principalmente en la prevención o en fallar-y-reparar (FAF). Se necesita un mayor nivel de mantenimiento, predecir-y-evitar (PAP), para lograr un mantenimiento de tiempo de inactividad cercano a cero, lo que a su vez aumentará la productividad y la seguridad.

El documento DE 10 2007 012 147 A1 desvela un aparato de ensayo para detectar fugas en una manguera de incendios. Durante el ensayo, la manguera se desenrolla de un carrete y se enrolla en otro carrete por medio de un dispositivo motriz. Dos pares de rodillos comprimen la manguera en los extremos de una región de ensayo para encerrar una sustancia de ensayo presurizada en la región de ensayo de la manguera.

30 **Sumario**

La presente invención está dirigida a un sensor y un sistema para su uso en la detección de un fallo en un artículo presurizado, en particular una manguera (por ejemplo, una manguera hidráulica).

Un aspecto de la invención se refiere a un sensor para monitorizar el estado de una manguera, comprendiendo el sensor las características de la reivindicación 1.

35 Debe enfatizarse que el término "comprende/comprendiendo" cuando se usa en la presente memoria descriptiva se toma para especificar la presencia de las características, números enteros, etapas o componentes indicados pero no excluye la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, etapas, componentes o grupos de la misma.

Breve descripción de los dibujos

40 Las realizaciones de la presente invención se describirán a continuación con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un sensor a modo de ejemplo de acuerdo con aspectos de la presente invención;

la figura 2 es una sección transversal del manguito de sensor de la figura 1 que cubre un artículo de acuerdo con aspectos de la presente invención;

45 la figura 3 es una sección transversal de un sistema de sensor a modo de ejemplo de acuerdo con aspectos de la presente invención;

la figura 4 es una realización a modo de ejemplo de un sensor sujeto a un artículo de acuerdo con aspectos de la presente invención;

50 las figuras 5-6 son vistas esquemáticas de un sensor y un mecanismo motriz a modo de ejemplo de acuerdo con aspectos de la presente invención;

- la figura 7 es un sistema a modo de ejemplo de acuerdo con aspectos de la presente invención;
- las figuras 8 y 11 son equipos de ensayo a modo de ejemplo para someter a ensayo sensores de acuerdo con aspectos de la presente invención;
- las figuras 9-10 son resultados a modo de ejemplo del sistema de la figura 8;
- 5 las figuras 12-13 son resultados gráficos de los sensores de ensayo ilustrados en la figura 11;
- la figura 14 es otro sensor a modo de ejemplo de acuerdo con aspectos de la presente invención;
- la figura 15 es otro sensor a modo de ejemplo;
- la figura 16 es otro sistema a modo de ejemplo de acuerdo con aspectos de la presente invención;
- la figura 17 es un gráfico a modo de ejemplo que ilustra la degradación del artículo;
- 10 la figura 18 es un gráfico a modo de ejemplo que ilustra una entrada de amplitud constante de acuerdo con aspectos de la presente invención;
- la figura 19 es un gráfico a modo de ejemplo que ilustra diversas condiciones de un artículo sometido a ensayo;
- la figura 20 es un gráfico a modo de ejemplo que ilustra una entrada de amplitud linealmente creciente de acuerdo con aspectos de la presente invención;
- 15 la figura 21 es un gráfico a modo de ejemplo que ilustra diversas condiciones de un artículo sometido a ensayo;
- las figuras 22A-22C son gráficos a modo de ejemplo que ilustran un análisis de dominio de tiempo de señales recibidas desde el elemento de detección;
- la figura 23 es un elemento de detección a modo de ejemplo de acuerdo con aspectos de la presente invención;
- 20 la figura 24 es una ilustración a modo de ejemplo del elemento de detección de la figura 23 acoplado a un artículo;
- la figura 25 es un gráfico a modo de ejemplo que ilustra los cambios en la tensión en un artículo en buen estado y un artículo con un defecto de acuerdo con aspectos de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones

25 Los aspectos de la presente invención se dirigen a un sistema y un sensor para monitorizar el estado de un artículo asociado. Para los fines de la presente divulgación, el artículo (A) asociado puede ser una manguera hidráulica u otro miembro de tipo manguera que esté configurado para transferir líquido a través del miembro.

30 Un sensor 10 a modo de ejemplo para monitorizar el estado de un artículo (A) asociado se ilustra en las figuras 1-3. El sensor 10 incluye un elemento 12 de detección dispuesto a lo largo de la longitud o circunferencia de una superficie exterior del artículo (A) asociado que, en sensores y sistemas de acuerdo con las realizaciones de la invención, toma la forma de una manguera. En otros sensores a modo de ejemplo que quedan fuera del ámbito de la invención que se reivindica, el elemento 12 de detección puede disponerse dentro del artículo (A) asociado. El elemento 12 de detección está configurado para detectar al menos una propiedad física asociada con el artículo (A) y emitir una señal eléctrica proporcional a una cantidad de la propiedad física detectada por el elemento de detección. Por ejemplo, el elemento de detección puede configurarse para detectar la tensión, el estrés, la presión o cualquier otra característica física que pueda proporcionar una indicación en cuanto al estado del artículo (A). Los elementos 12 de detección a modo de ejemplo incluyen un polímero electroactivo (EAP) que mide la fuerza, tensión, presión y/o estrés generados entre el mecanismo de montaje y la superficie exterior del artículo asociado, un material piezoeléctrico (por ejemplo, fluoruro de polivinilideno (PVDF)) que mide la fuerza, tensión, presión y/o estrés generados entre el mecanismo de montaje y la superficie exterior del artículo asociado, uno o más sensores de tensión que miden la deformación de la superficie exterior del artículo (A) asociado.

40 El sensor 10 incluye un mecanismo 14 de montaje que está configurado para sujetar el elemento 12 de detección a al menos una parte de la superficie exterior del artículo (A) asociado. En una realización preferida, el mecanismo 14 de montaje puede sujetarse de manera liberable al artículo (A). Por ejemplo, el mecanismo 14 de montaje puede tener la forma de una abrazadera de manguera que puede apretarse para sujetar el mecanismo de montaje y la abrazadera de manguera puede aflojarse para retirar el mecanismo 14 de montaje del artículo (A), como se ilustra en la figura 4. El mecanismo 14 de montaje puede sujetarse de manera liberable a la superficie exterior del artículo asociado con el fin de facilitar la sujeción y/o la retirada del sensor 10 a o del artículo (A) asociado.

50 En las realizaciones de acuerdo con la invención, el mecanismo 14 de montaje incluye un conjunto 16 de movimiento. El conjunto 16 de movimiento puede operarse para mover el sensor 10 a lo largo de la longitud del artículo (A) asociado, como se ilustra en las figuras 5 y 6. El conjunto 16 de movimiento puede configurarse para

mover el sensor 10 alrededor de la circunferencia del artículo (A) asociado. El conjunto 16 de movimiento puede incluir un mecanismo 18 motriz para facilitar el movimiento del sensor 10 a lo largo del artículo (A). El mecanismo 18 motriz puede incluir un motor 20 (u otro dispositivo generador de fuerza) que transfiere una fuerza motriz a uno o más impulsores 22 (por ejemplo, ruedas, cojinetes de bolas, etc.), que facilitan el movimiento del sensor 10 a lo largo del artículo (A). El movimiento del sensor 10 a lo largo de la longitud del artículo (por ejemplo, una manguera) puede denominarse movimiento de "arrastré". El conjunto 16 de movimiento puede controlarse mediante un controlador 24 u otro mecanismo electrónico o mecánico para moverse a una velocidad y dirección especificadas (por ejemplo, hacia delante y/o hacia atrás) a lo largo de una sección del artículo y/o toda la longitud del artículo (A). Además, el conjunto 16 de movimiento puede arrastrarse repetidamente a lo largo de un segmento prescrito del artículo para determinar repetidamente el estado del segmento prescrito. En los sensores a modo de ejemplo que quedan fuera del ámbito de la invención que se reivindica, la serie de sensores también puede cubrir toda la longitud o una parte del artículo. En tales casos, puede no ser necesario el movimiento del conjunto 16.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 3, el sensor 10 puede incluir una capa 30 dieléctrica deformable, que está configurada para cubrir al menos una parte del artículo (A) asociado y el elemento 12 de detección de fuerza. La capa 30 dieléctrica deformable puede fijarse con adhesivo a al menos una parte del mecanismo 14 de montaje con el fin de sujetar la capa 30 dieléctrica deformable al mecanismo 14 de montaje. En otra realización, el material 12 de detección también puede fijarse con adhesivo a al menos una parte de la capa 30 dieléctrica deformable. El elemento 12 de detección se soporta por la capa 30 dieléctrica deformable y la capa dieléctrica puede operarse para adaptarse a al menos una parte de la superficie exterior del artículo (A) asociado. Una función de la capa 30 dieléctrica deformable es garantizar que la fuerza de sujeción aplicada por el mecanismo 14 de montaje para sujetar el sensor 10 al artículo (A) no dañe el elemento 12 de detección. Una capa dieléctrica deformable adecuada puede ser material de caucho, plástico o silicona.

Con el fin de comunicar señales eléctricas desde el elemento 12 de detección, uno o más cables (W) conductores pueden acoplarse al elemento de detección, como se ilustra en las figuras 3 y 4. Los cables (W) conductores están configurados para emitir la señal eléctrica generada desde el elemento 12 de detección a otro dispositivo 31.

El dispositivo 31 puede acoplarse de manera inalámbrica a través de un adaptador adecuado acoplado a los cables (W) conductores, por ejemplo, a un dispositivo 31 externo, como se ilustra en la figura 7. En la figura 7, el artículo (A) incluye dos sensores 10A y 10B para monitorizar el estado del artículo. Los sensores 10A y 10B pueden emitir señales de manera inalámbrica al dispositivo 31, que puede ser un dispositivo de almacenamiento y/o un agente de vigilancia, tal como, por ejemplo, un agente de vigilancia IMS. El dispositivo 31 puede almacenar y/o procesar las señales recibidas para determinar el estado del artículo (A) asociado. Como alternativa, los cables (W) conductores pueden acoplarse directamente al dispositivo 31, como se ilustra en la figura 3.

En la figura 8 se ilustra una configuración experimental que somete a ensayo la viabilidad de múltiples sensores 10 en un artículo asociado. Haciendo referencia a la figura 8, el artículo (A) está unido a dos puntos P1 y P2 de extremo. El punto (P1) de extremo uno es fijo y el punto (P2) de extremo dos está configurado para moverse en una dirección para generar una fuerza de flexión en el artículo asociado. A medida que el extremo P2 se mueve de una posición a otra, el artículo (A) queda expuesto a la fatiga y el desgaste. En la figura 8, hay seis (6) sensores (10A-10F) espaciados a lo largo de la longitud del artículo (A). Cada uno de los sensores 10A-10F monitoriza una parte del artículo, por ejemplo, la parte del artículo que cubre cada sensor. Cada uno de los sensores 10A-10F son sensores acoplables y el elemento 12 de detección está orientado en dos direcciones diferentes, por ejemplo, una en la dirección longitudinal a lo largo de la manguera y la otra en la dirección circunferencial.

Se usa un módulo de adquisición de datos NI 9215 de National Instruments para adquirir la respuesta de tensión de los elementos 12A-12F de detección, correspondiente a los sensores 10A-10F, respectivamente. Se usa una tasa de muestreo de 500 Hz para la adquisición de datos de la señal, y el momento de flexión se aplicó a una tasa de 1 Hz. A continuación, se filtran las señales recibidas de los sensores 10A-10F y se realiza un algoritmo para contar los ciclos de tensión, así como una etapa de preprocesamiento de datos para la extracción de características y un análisis de datos adicional. Se usa un filtro paso banda de respuesta de impulso finito (FIR) con una frecuencia de corte inferior de 0,5 Hz y una frecuencia de corte superior de 1,5 Hz para suavizar la señal de tiempo sin procesar. La señal filtrada, así como el espectro de dominio de frecuencia de la señal de tiempo, se comparan con la respuesta en cada localización de sensor.

Haciendo referencia a la figura 8, en los sensores 10A, 10B, 10C y 10F, la orientación de sensor se encuentra en la dirección circunferencial. En los sensores 10D y 10E la orientación de sensor se encuentra en la dirección longitudinal. La respuesta de señales en los sensores 10A, 10B y 10F tenía un mayor nivel de ruido en comparación con las otras tres señales y una amplitud más baja. La respuesta de los sensores 10C, 10D y 10E tiene una relación señal a ruido más alta. A continuación, en la tabla 1, se muestra una comparación entre la amplitud de las señales.

Tabla I: nivel de amplitud en las localizaciones #3-5 en el equipo de ensayo de flexión

Localización de sensor	Nivel de amplitud (V)
Localización # 3	0,08
Localización # 4	0,45
Localización # 5	0,50

Se desarrolló un algoritmo de recuento que monitorizaba el cambio de signo de la pendiente de la señal recibida filtrada. Como se ilustra en la figura 9, la señal filtrada incluye una forma de onda periódica y el caso en que la pendiente cambia de positiva a negativa indica un pico en la forma de onda. Para cada caso en que se produce un pico superior en la forma de onda, se aumenta el contador. En general, se determina que la mejor respuesta está en los sensores 10D y 10E. Por lo tanto, se concluye que para el movimiento de flexión, la orientación longitudinal del sensor 10 proporciona la mejor señal, y los sensores más cercanos al extremo móvil tienen una respuesta más intensa.

El algoritmo de recuento utiliza un procedimiento de recuento de ciclo basado en pendientes. Un procedimiento de recuento basado en pendientes a modo de ejemplo se resume en las siguientes etapas enumeradas a continuación:

1. Filtrar y suavizar la señal del dominio de tiempo.
2. Tomar la derivada numérica de la señal filtrada y detectar el pico en el punto donde las pendientes pasan de positivas a negativas. Por ejemplo, véase la figura 10.
3. La detección de picos puede captar breves caídas, por lo que es necesario establecer un criterio para considerar solo puntos de al menos un cierto valor (valor de corte).

Otro procedimiento de recuento sometido a ensayo se denomina habitualmente procedimiento de cruce por cero. El procedimiento de cruce por cero contiene una lógica simple para detectar un caso en el que la forma de onda es cero y esto indicaría medio ciclo. La lógica del procedimiento de cruce por cero es similar al procedimiento basado en pendientes, sin embargo, en el caso en el que la señal filtrada pasa de positiva a negativa o de negativa a positiva, se realiza un aumento de recuento de medio ciclo. Los expertos en la materia apreciarán que los procedimientos de recuento descritos anteriormente son de naturaleza ejemplar y pueden usarse otros mecanismos de recuento de acuerdo con aspectos de la presente invención.

Se usa un conjunto de datos que consiste en un valor de 131,7 segundos de datos filtrados para someter a ensayo ambos algoritmos de recuento y los resultados se muestran en la tabla II. Obsérvese que la flexión que se aplica a la manguera colocada en el equipo de ensayo fue de aproximadamente 1 ciclo/segundo, por lo que ambos procedimientos de recuento también se comparan con el número teórico de ciclos.

Tabla II: resultados del recuento de ciclos

Número teórico de ciclos	Procedimiento de recuento de pendientes	Procedimiento de recuento de cruce por cero
$131,7 \text{ s} * 1 \text{ ciclo/s} = 131,7$	130 ciclos	132 ciclos

Un algoritmo de recuento de ciclos en tiempo real se implementa usando un procedimiento de recuento basado en pendientes. Esta metodología incorporó parámetros de ajuste, por ejemplo, un valor (o umbral) de corte, con el fin de garantizar que el algoritmo de recuento no detectara pequeños picos erróneos debido al ruido u otras pequeñas fluctuaciones de señal.

Haciendo referencia a la figura 11, tres (3) sensores acoplables 10 que tienen un elemento de detección piezoeléctrico PVDF (identificados como 10A, 10B, y 10C) se colocan en la dirección longitudinal a lo largo del artículo (A) con uno cerca del extremo P1 (por ejemplo, el sensor 10A), uno en el centro de la manguera (por ejemplo, el sensor 10B) y uno cerca del extremo P2 móvil (por ejemplo, el sensor 10C). Se usa el equipo de ensayo de flexión y los datos se recopilan durante un lapso de tiempo de 1 hora tanto de una manguera en buen estado como de una con daños en la capa de cable en la sección central de la manguera. Se extraen diferentes características de dominio de tiempo y de dominio de frecuencia de cada 2500 bloques de datos para las 3 señales de sensor. Para cada señal de sensor, se extraen 10 características, que proporcionan un total de 30 características extraídas de los datos. Las características extraídas a modo de ejemplo incluyen la amplitud máxima de la forma de onda, la amplitud mínima de la forma de onda, el valor cuadrático medio (RMS) de la forma de onda, el período de la forma de onda, el pico de dominio de frecuencia, etc.

- Una de las características que muestra mucha diferencia entre los conjuntos de datos recopilados de la manguera en buen estado y la manguera dañada es el valor máximo de la forma de onda. Una representación gráfica a modo de ejemplo de esta característica se muestra en la figura 12. Como se ilustra en la figura 12, esta característica es más grande para la manguera dañada en comparación con los datos recopilados de la manguera en buen estado.
- 5 Características como el RMS de la forma de onda, el valor mínimo de la forma de onda, el pico de dominio de frecuencia a 1 Hz, también muestran diferencias claras similares entre la manguera dañada y la manguera en buen estado. La variabilidad en la fuerza de sujeción que se usa para unir el sensor a la superficie de manguera, así como otros factores, hacen difícil determinar si la diferencia en las características se debe solo a los daños en la manguera o también a la variación en la fuerza de sujeción.
- 10 Se hizo un ensayo adicional para investigar más a fondo la viabilidad de la extracción de características de la señal de sensor PVDF. En este ensayo específico, se usó una manguera en buen estado para recopilar datos inicialmente, a continuación se provocó un fallo en la manguera en buen estado sin retirar los sensores, y se recopiló la misma cantidad de datos después de provocar el daño. En este caso específico, se usó la misma configuración experimental con respecto a la localización del sensor en la figura 11. En este ensayo, se recopilaron datos para una
- 15 manguera en buen estado sometida a flexión, para 3 conjuntos de datos que tenían una duración de 1,5 horas cada uno. A continuación se introdujo una anomalía (por ejemplo, un corte) en ambos extremos del artículo (por ejemplo, una manguera de goma). Se usó el mismo procedimiento de adquisición de datos expuesto anteriormente. Se usó un período de espera de 20 minutos entre cada dos conjuntos de datos recopilados, con el fin de proporcionar un período de enfriamiento.
- 20 También se usaron los mismos procedimientos de extracción de características expuestos anteriormente para examinar estos datos. El máximo de la señal de forma de onda se muestra en la figura 13 para los seis (6) ensayos diferentes: los tres (3) ensayos iniciales para la manguera en buen estado y los tres (3) últimos ensayos después de provocar los daños. El máximo de la forma de onda del sensor PVDF (por ejemplo, el sensor 10A) localizado en el extremo P1 fijo muestra una tendencia decreciente y cae a partir del ensayo 2 y 3, sin embargo, es difícil ver una
- 25 diferencia de esta característica en los datos antes y después de dañar la manguera (ensayo 3 y ensayo 4). Además, el hecho de que la característica experimente tendencias ascendentes y descendentes durante la duración de un único ensayo, hace muy difícil concluir si un cambio se debe al daño provocado u otros factores, como la influencia de la temperatura o un cambio en la fuerza de sujeción.
- Otra realización de un sensor 80 de acuerdo con aspectos de la presente invención se ilustra en las figuras 14 y 15. Durante la operación, el sensor 80 incluye series de pequeños elementos piezoeléctricos. Algunos elementos actúan como un accionador para producir ondas ultrasónicas, otros actúan como receptores para recibir las ondas. Si hay grietas u otros daños en la trayectoria entre el accionador y el sensor, se distorsionarán las ondas ultrasónicas recibidas. Por lo tanto, el sensor 80 puede usarse para detectar la fatiga local a nivel microscópico en una estructura.
- 30 El sensor 80 puede ser un dispositivo acoplable, como se ilustra en la figura 14. En los sensores a modo de ejemplo que quedan fuera del ámbito de la invención que se reivindica, el sensor 80 puede formarse en el artículo (A) (por ejemplo, entre las líneas de colocación del artículo), como se ilustra en la figura 15. En las figuras 14-15, el sensor 80 incluye: una fuente 82 de señales; una primera serie de accionadores 84 piezoeléctricos dispuestos en una superficie (S) exterior del artículo (A) asociado. La primera serie de accionadores 84 piezoeléctricos están acoplados a la fuente de señales y los accionadores piezoeléctricos generan señales ultrasónicas en respuesta a la fuente de
- 35 señales. Una segunda serie de sensores 86 piezoeléctricos están dispuestos en la superficie (S) exterior del artículo asociado, estando la primera serie y la segunda serie separadas y detectando los sensores piezoeléctricos las señales ultrasónicas que se propagan a través de al menos una parte del artículo. El sensor 80 incluye además un miembro 88 de acoplamiento para el montaje en una parte del artículo (A), en el que el miembro de montaje sujeta la primera serie de accionadores 84 piezoeléctricos y la segunda serie de sensores 86 piezoeléctricos al artículo. Los accionadores y los sensores piezoeléctricos también pueden disponerse de tal manera que las señales se propaguen longitudinalmente en el artículo (A) en lugar de circunferencialmente. En tal caso, los accionadores están dispuestos circunferencialmente en el artículo (A) y los sensores están dispuestos circunferencialmente en el artículo (A), con un espacio entre las dos series para cubrir al menos una parte del artículo (A). Preferentemente, la fuente 82 de señales está incorporada en el rastreador.
- 40 El miembro 88 de acoplamiento incluye un conjunto de movimiento para atravesar el sensor a lo largo de la longitud del artículo (A), como se ha expuesto anteriormente con respecto al conjunto 16 de movimiento.
- En una realización, la primera serie de accionadores 84 piezoeléctricos está configurada para generar las ondas ultrasónicas a través de al menos una parte del artículo asociado. La fuente 82 de señales puede emitir una señal de amplitud constante a la primera serie de accionadores piezoeléctricos. Además de o como alternativa, la fuente de
- 45 señales puede emitir una señal de amplitud linealmente variable a la primera serie de accionadores piezoeléctricos. La segunda serie de sensores 86 piezoeléctricos está configurada para recibir las ondas ultrasónicas y emitir una señal que corresponde a la vibración detectada durante la propagación de la onda ultrasónica a través de la superficie del artículo asociado entre la primera serie de accionadores piezoeléctricos y la segunda serie de sensores piezoeléctricos.
- 50 Un dispositivo 31 de almacenamiento u otro dispositivo electrónico puede acoplarse a al menos la segunda serie de

sensores 86 piezoeléctricos. Preferentemente, el elemento 30 de almacenamiento está configurado para almacenar una señal de salida generada por la segunda serie de sensores 86 piezoeléctricos. Los datos obtenidos del sensor 80 pueden analizarse de una manera similar a la descrita anteriormente con respecto al sensor 10. Además, también puede usarse un análisis intersensores para visualizar propiedades adicionales del artículo.

- 5 Con el fin de mejorar la funcionalidad del acoplamiento en el sensor 10 y 80, puede ser deseable utilizar uno o más acelerómetros. Por ejemplo, los acelerómetros pueden proporcionar información sobre la aceleración de la manguera durante los cambios de presión. Un acelerómetro adecuado puede ser un acelerómetro ADXL 78.

10 Haciendo referencia a la figura 16, un sistema 50 a modo de ejemplo para determinar el estado del artículo (A) asociado incluye unos sensores 10A y 10B dispuestos a lo largo de una parte del artículo, un dispositivo 52 de almacenamiento y procesamiento y una pantalla 54 acoplada al dispositivo de almacenamiento. Con fines de brevedad, a continuación se expone la implementación con el sensor 10, pero el sistema también puede implementarse con el sensor 80.

15 El sensor 10 puede ser uno o más sensores acoplables que están configurados para proporcionar datos de información de estado asociados con el artículo (A) al dispositivo 31 de almacenamiento. Los datos recibidos por el dispositivo 52 de almacenamiento pueden analizarse de acuerdo con un algoritmo o cualquier metodología deseada ejecutada por un procesador 52. El dispositivo 52 de almacenamiento está configurado para almacenar la salida del elemento 12 de detección (o los sensores 86 piezoeléctricos) y el dispositivo de almacenamiento incluye además datos de referencia para su uso en la determinación del estado del artículo. La pantalla 54 muestra la información de estado del artículo asociado de una manera que sea adecuada para el usuario final. La figura 16 muestra una
20 pantalla a modo de ejemplo de un gráfico de radar. La información de estado de múltiples artículos representada como valores de 0-1 se muestra en el gráfico de radar, con cada nodo de araña como un artículo. A medida que la información de estado de un artículo se acerca a 1, entra en la zona de "advertencia" representada en color rosa. Los usuarios pueden rastrear cada artículo y tomar las medidas adecuadas para los artículos que entran en la zona de advertencia. La zona de advertencia puede modificarse en función de la confianza de los usuarios; por ejemplo,
25 una zona de advertencia puede estar entre 0,8 y 1.

En resumen, esta tecnología puede usarse para el pronóstico de la manguera (por ejemplo, la monitorización del estado del artículo) en dos realizaciones, incorporada en el artículo o en un dispositivo acoplable que se sujeta al artículo. En un ejemplo, ilustrado en la figura 15, una serie de accionadores piezoeléctricos puede colocarse debajo de la línea de colocación; una serie de sensores piezoeléctricos también puede colocarse debajo de la línea de
30 colocación en el otro lado de la manguera. Cuando se produce una grieta o anomalía local, se recibirá información comparando la diferencia de las señales de los receptores.

En las realizaciones de acuerdo con la invención, ilustradas en las figuras 2-6 y 14, un rastreador de manguera está diseñado para inspeccionar la manguera sección por sección. El rastreador está compuesto por un material de
35 detección que detecta una propiedad física asociada con el artículo al que se sujeta el sensor. El rastreador se desplaza a lo largo de la longitud del artículo. En cada sección, la señal recibida de los sensores se registra en un dispositivo de manera inalámbrica o en su chip integrado. A continuación, la señal se compara con datos de inspección y/o datos de referencia anteriores para encontrar cualquier distorsión o desviación en sus características.

La respuesta del sensor se registra y se procesa en tiempo real. En función de la tendencia de desviación de la distribución de características, puede monitorizarse la degradación del artículo (por ejemplo, la manguera), como se
40 ilustra en la figura 17. La tendencia de degradación puede representarse como un valor de confianza (CV) de 1 a 0. Cuando CV es 1, significa que la distribución del comportamiento más reciente es casi idéntica al comportamiento normal; cuando CV es 0, significa que la distribución del comportamiento más reciente se ha alejado de la distribución del comportamiento normal.

45 Para graduar el concepto sometido a ensayo, se realizó un experimento utilizando una película piezoeléctrica LDT0 de Measurement Specialties colocada en los extremos de una manguera. Se usó una película como accionador para generar una onda ultrasónica; la otra es para recibir la onda como salida. Se generó una señal de chirrido y se envió a la película piezoeléctrica. La onda se propaga a través del medio (manguera) y la respuesta se captura en el otro extremo de la manguera (salida) por otra película piezoeléctrica. La señal de chirrido se generó mediante dos técnicas: usando LabVIEW (amplitud constante) y usando un generador de señales (amplitud linealmente creciente).
50 Las señales de chirrido se amplificaron y se enviaron a las películas PZT a través de un amplificador piezoeléctrico.

Durante los experimentos, se produjeron dos tipos de daños en la manguera, daños en la capa de caucho y daños en el cable de refuerzo. La entrada de tensión para la amplitud de tensión constante se ilustra en la figura 18. La salida del receptor de sensor bajo tres condiciones, sin daños, daños en la cubierta de caucho y daños en el cable de refuerzo se muestra en la figura 19. Los daños en el cable en la manguera son de aproximadamente 20 cables. Se observa una caída de tensión significativa para ambos tipos de daños, con una mayor caída de tensión para los
55 daños en el cable. Se realizó la misma medición para una entrada de tensión aumentada linealmente, como se ve en la figura 20. La respuesta de salida para los tres tipos de daños se muestra en la figura 21. La tabla III ofrece una comparación de la salida de tensión para dos tipos de entrada. Como se ve en la tabla, las entradas de tensión no son iguales (40 V y 15 V).

Tabla III: comparación de respuestas de salida a partir de entradas de amplitud constante y amplitud linealmente creciente

	Amplitud constante		Amplitud linealmente creciente		
	Tension de entrada (V)	Tension de salida (V)	Tension de entrada (V)	Tension de salida (V)	
Sin daño	40	2	Sin daño	15	0,12
Daño en capa de caucho	40	0,8	Daño en capa de caucho	15	0,08
Daño en cable	40	0,35	Daño en cable	15	0,02

5 En resumen, los daños en el artículo (por ejemplo, en el caucho y el acero) producen resultados que pueden detectarse por el sensor. Por ejemplo, al observar la señal de dominio de tiempo recibida del sensor 10, como se ilustra en las figuras 22A-C, puede verse que la salida de tensión aumenta y/o disminuye a medida que se desgasta el artículo. Tales cambios pueden resultar debido al cambio de diámetro exterior del artículo. Haciendo referencia a la figura 22A, se ilustra una comparación de señales de dominio de tiempo para artículos que tienen diversas edades. La figura 22B es una vista despiezada de la figura 22A y la figura 22C ilustra los valores pico durante un período de diez (10) horas.

10 Como se ha expuesto anteriormente, una galga extensiométrica puede usarse como un elemento 12 de detección de acuerdo con aspectos de la presente invención. En la figura 23 se ilustra una galga extensiométrica a modo de ejemplo. La galga extensiométrica puede usarse, por ejemplo, para detectar daños en las capas de cable en el artículo (A). Una galga extensiométrica en espiral unida a capas de cable continuas en la manguera en espiral 15 proporcionará una señal de tensión continua. En la figura 24 se ilustra una galga extensiométrica a modo de ejemplo unida al artículo. Si hay daños en la capa de cable, se interrumpirá la continuidad de las capas de cable. La discontinuidad afectará a la tensión en la manguera; como resultado, la señal de tensión de la capa dañada será comparativamente diferente de la condición en buen estado. Por lo tanto, al monitorizar la señal de tensión de la manguera, es posible identificar la aparición de cualquier daño en la capa de cable en una manguera en espiral.

20 Los parámetros de la galga extensiométrica a modo de ejemplo incluyen, por ejemplo, galgas serie EA, resistencia de galga 120 Ω, longitud de galga 0,079 cm (0,031"), longitud de patrón general 0,356 cm (0,140"), anchura de cuadrícula 0,081 cm (0,032"), anchura de patrón general 0,081 cm (0,032"), longitud de matriz 0,69 cm (0,27"), anchura de matriz 0,31 cm (0,12"). Como se ilustra en la figura 24, la galga extensiométrica en miniatura se unió a la manguera en espiral usando un epoxi no conductor. La galga extensiométrica se unió en la dirección que es paralela 25 a la orientación de las capas de acero en la manguera.

Un módulo de adquisición de datos (por ejemplo, un NI 9215 de adquisición de datos) se usó para adquirir las lecturas de tensión de la galga. Se realizaron dos ensayos diferentes. En el primer ensayo, la manguera en espiral la condición de buen estado se dobló y se obtuvo la señal de tensión. En el segundo ensayo, se provocó una grieta en las capas de acero cerca de la galga extensiométrica y se obtuvo la señal de tensión cuando se dobló la manguera.

30 La figura 25 ilustra la señal de tensión obtenida de las mangueras en buen estado y las dañadas. El trazo inferior (blanco) es la señal de la manguera en buen estado y la traza más oscura la de la manguera defectuosa. Como se ve en la gráfica, la señal de la manguera defectuosa es comparativamente diferente de la de la manguera en buen estado. Por lo tanto, al monitorizar continuamente la señal de tensión, es posible identificar los daños en la manguera.

35 A partir de los experimentos realizados, puede concluirse que las discontinuidades en los enrollamientos en espiral continuos pueden detectarse debido al cambio en la transferencia de carga. Además, cuando las galgas extensiométricas se unen en las localizaciones críticas de la manguera, donde el fallo es más predominante, cualquier daño que se produzca en las capas de acero puede detectarse en esas áreas monitorizando continuamente las señales de tensión. Esto permite la monitorización local en los puntos calientes posibles en una 40 manguera en espiral.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor (10) para monitorizar el estado de una manguera (A), comprendiendo el sensor:

5 un elemento (12) de detección configurado para disponerse a lo largo de la longitud de una superficie exterior de la manguera, en el que el elemento de detección está configurado para detectar al menos una propiedad física de la manguera y emitir una señal eléctrica proporcional a una cantidad de la propiedad física aplicada al elemento de detección,
 un mecanismo (14) de montaje para montar el elemento de detección en al menos una parte de la superficie exterior de la manguera, y
 10 un conjunto (16) de movimiento,
caracterizado porque:

15 el mecanismo (14) de montaje está adaptado para sujetar el elemento (12) de detección en la superficie exterior de la manguera (A) entre el mecanismo de montaje y la superficie exterior,
 el mecanismo de montaje incluye el conjunto (16) de movimiento, estando el conjunto de movimiento configurado para mover el sensor (10) a lo largo de la longitud de la manguera,
 el sensor comprende además un sustrato (30) deformable fijado a al menos una parte del mecanismo de montaje, estando el elemento de detección soportado por el sustrato deformable y pudiendo el sustrato operarse para adaptarse a al menos una parte de la superficie exterior de la manguera, y
 la propiedad física se selecciona del grupo que comprende la tensión, la presión y el estrés generados entre el mecanismo de montaje y la superficie exterior de la manguera.

20 2. El sensor de la reivindicación 1, en el que el elemento de detección es un polímero electroactivo que mide la fuerza generada entre el mecanismo de montaje y la superficie exterior de la manguera.

3. El sensor de la reivindicación 1, en el que el elemento de detección es un material piezoeléctrico que mide la fuerza generada entre el mecanismo de montaje y la superficie exterior de la manguera.

25 4. El sensor de la reivindicación 1, en el que el elemento de detección es uno o más sensores de tensión que miden la deformación de la superficie exterior de la manguera.

5. El sensor de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el sustrato deformable es una capa (30) dieléctrica deformable configurada para cubrir el elemento de detección.

6. El sensor de la reivindicación 5, en el que la capa dieléctrica deformable está fijada con adhesivo a al menos una parte del mecanismo de montaje.

30 7. El sensor de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el mecanismo de montaje está sujeto de manera liberable a la superficie exterior de la manguera.

8. El sensor de la reivindicación 5, en el que el elemento de detección está fijado con adhesivo a al menos una parte de la capa dieléctrica deformable.

35 9. El sensor de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que incluye además un par de cables (W) conductores acoplados al elemento de detección, en el que el par de cables conductores están configurados para emitir la salida de señal eléctrica generada desde el elemento de detección a un dispositivo externo.

10. Un sistema para medir el estado de una manguera, comprendiendo el sistema:

40 el sensor de la reivindicación 1,
 un dispositivo (52) de almacenamiento acoplado al elemento de detección, en el que el dispositivo de almacenamiento está configurado para almacenar la salida del elemento de detección y el dispositivo de almacenamiento incluye además datos de referencia, y
 un procesador (24, 31) acoplado al dispositivo de almacenamiento, en el que el procesador está configurado para comparar la salida del elemento de detección con los datos de referencia para determinar el estado de la manguera.

45 11. El sistema de la reivindicación 10, en el que el dispositivo de almacenamiento está acoplado de manera inalámbrica al elemento de detección.

12. El sistema de la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que un valor umbral prescrito se almacena en el dispositivo de almacenamiento y si el procesador determina que la salida del elemento de detección varía en más del valor umbral prescrito, se emite una advertencia de indicación de estado a un usuario asociado.

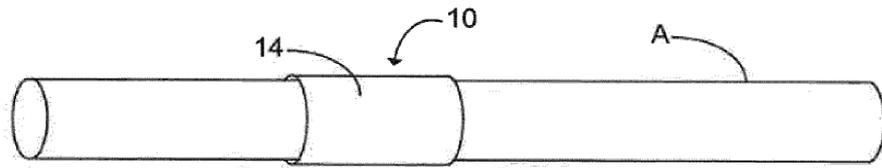


Figura 1

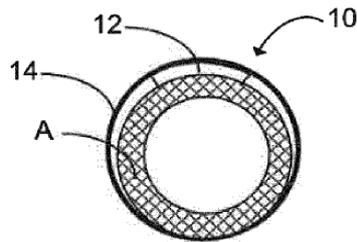


Figura 2

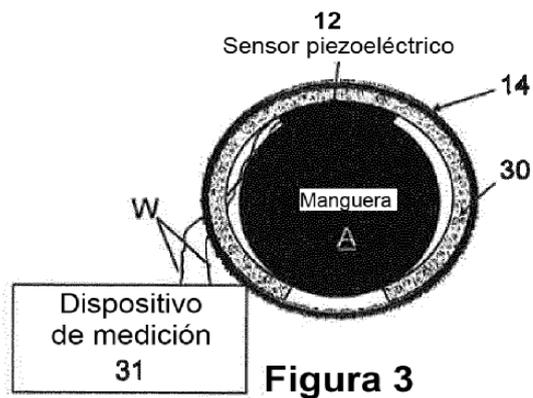


Figura 3

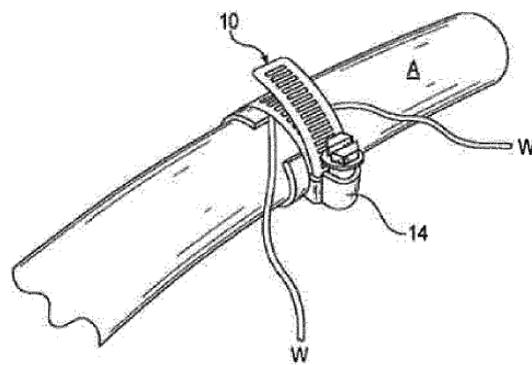


Figura 4

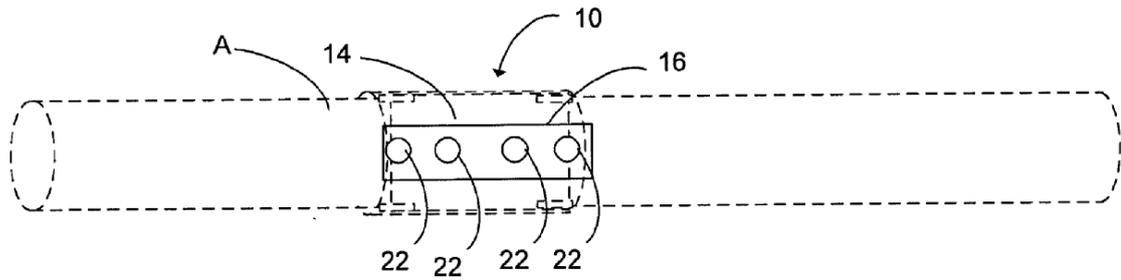


Figura 5

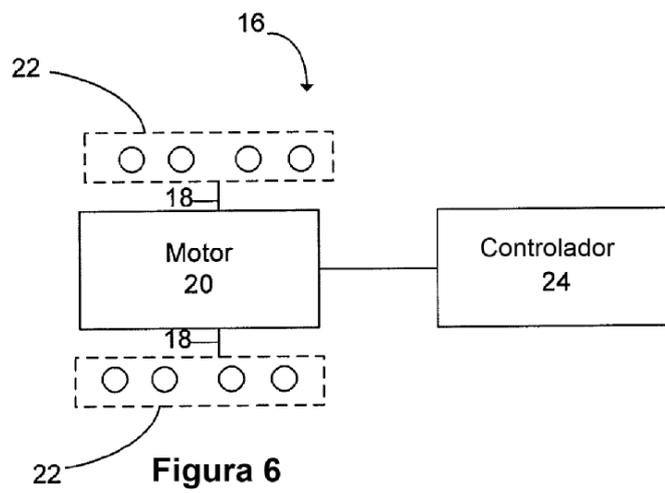


Figura 6

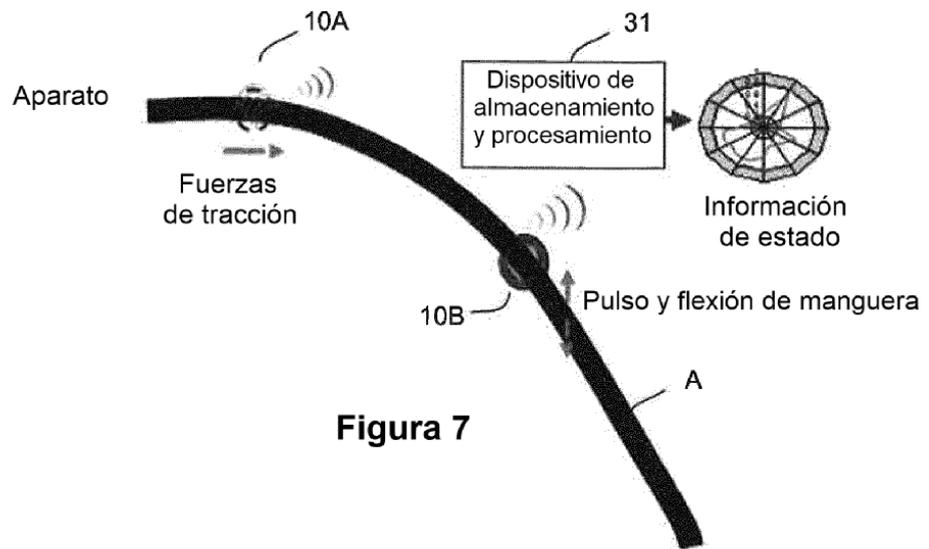


Figura 7

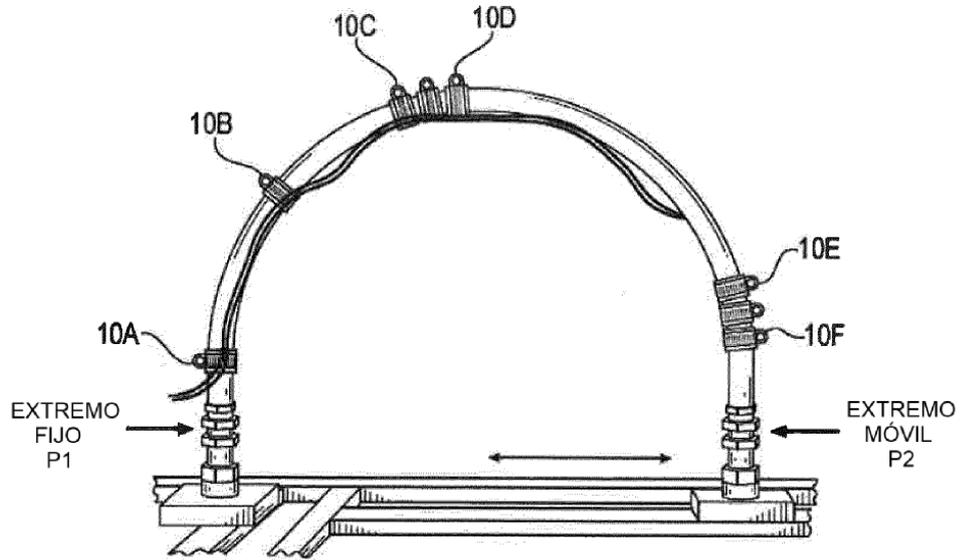


Figura 8

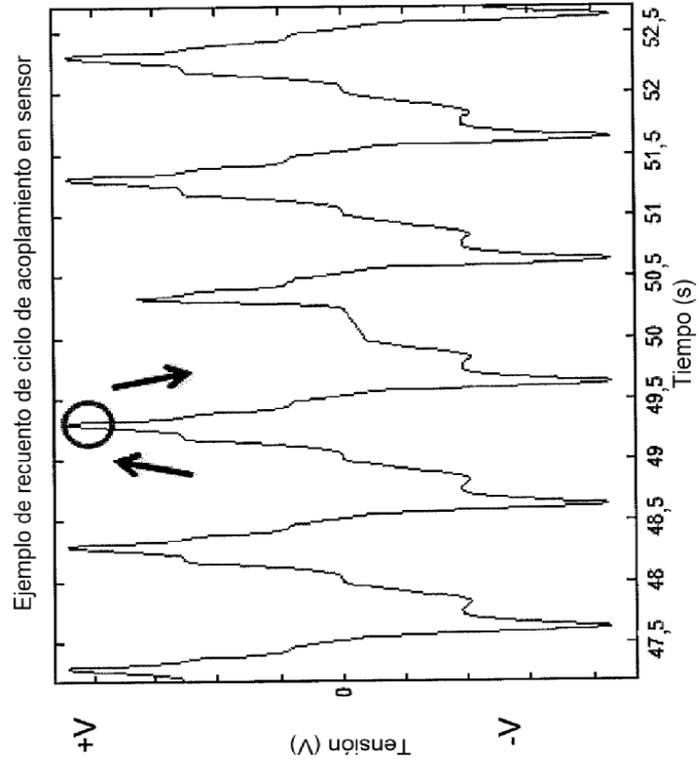


Figura 10

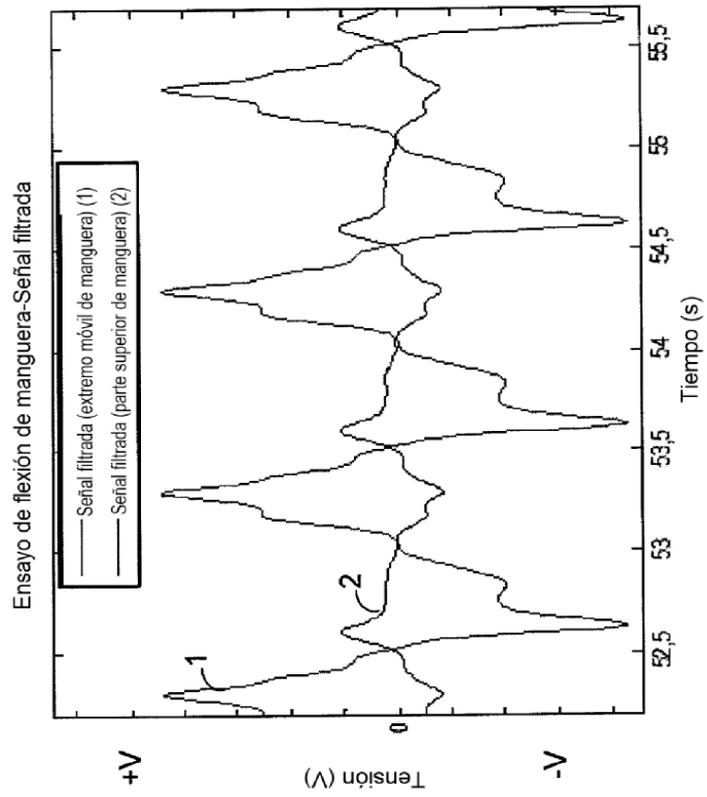


Figura 9

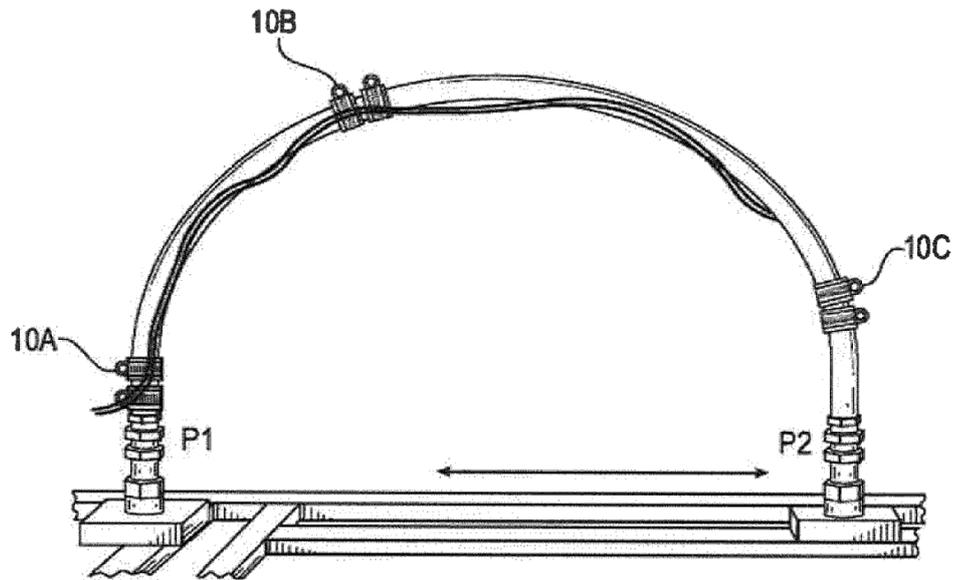


Figura 11

Máxima comparación de forma de onda para manguera en buen estado y manguera dañada (primera capa de cable)

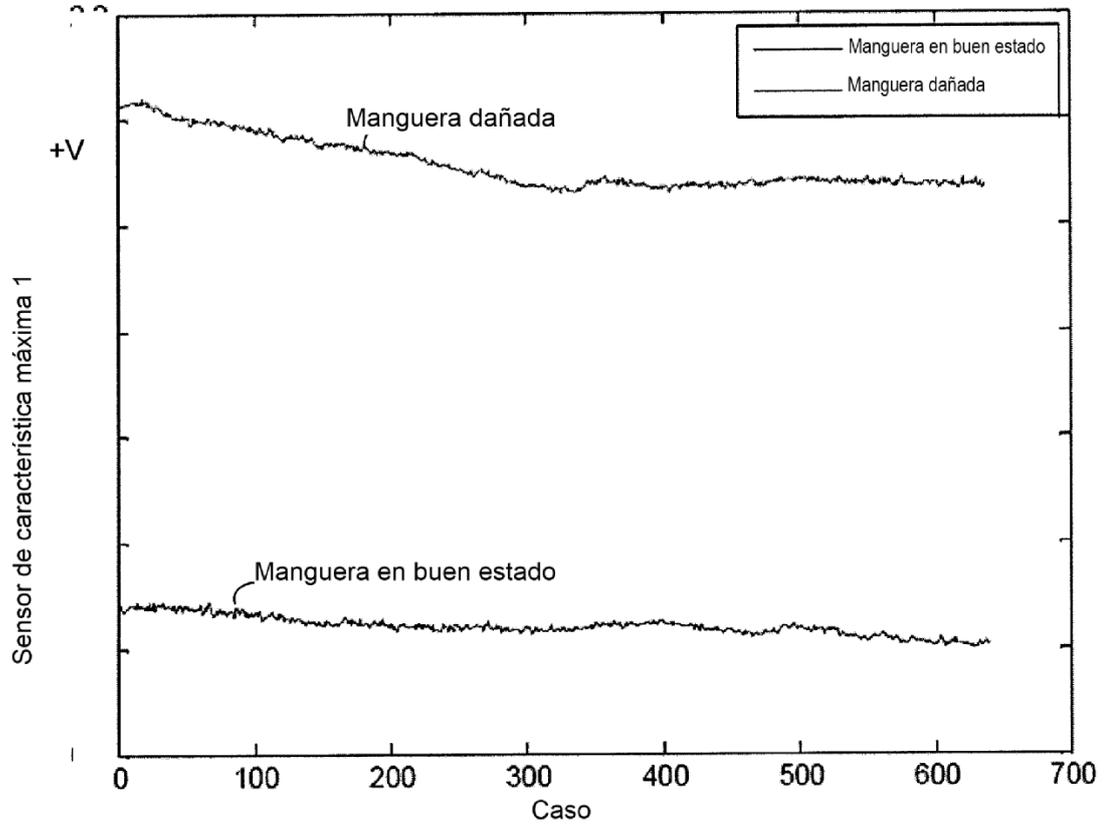


Figura 12

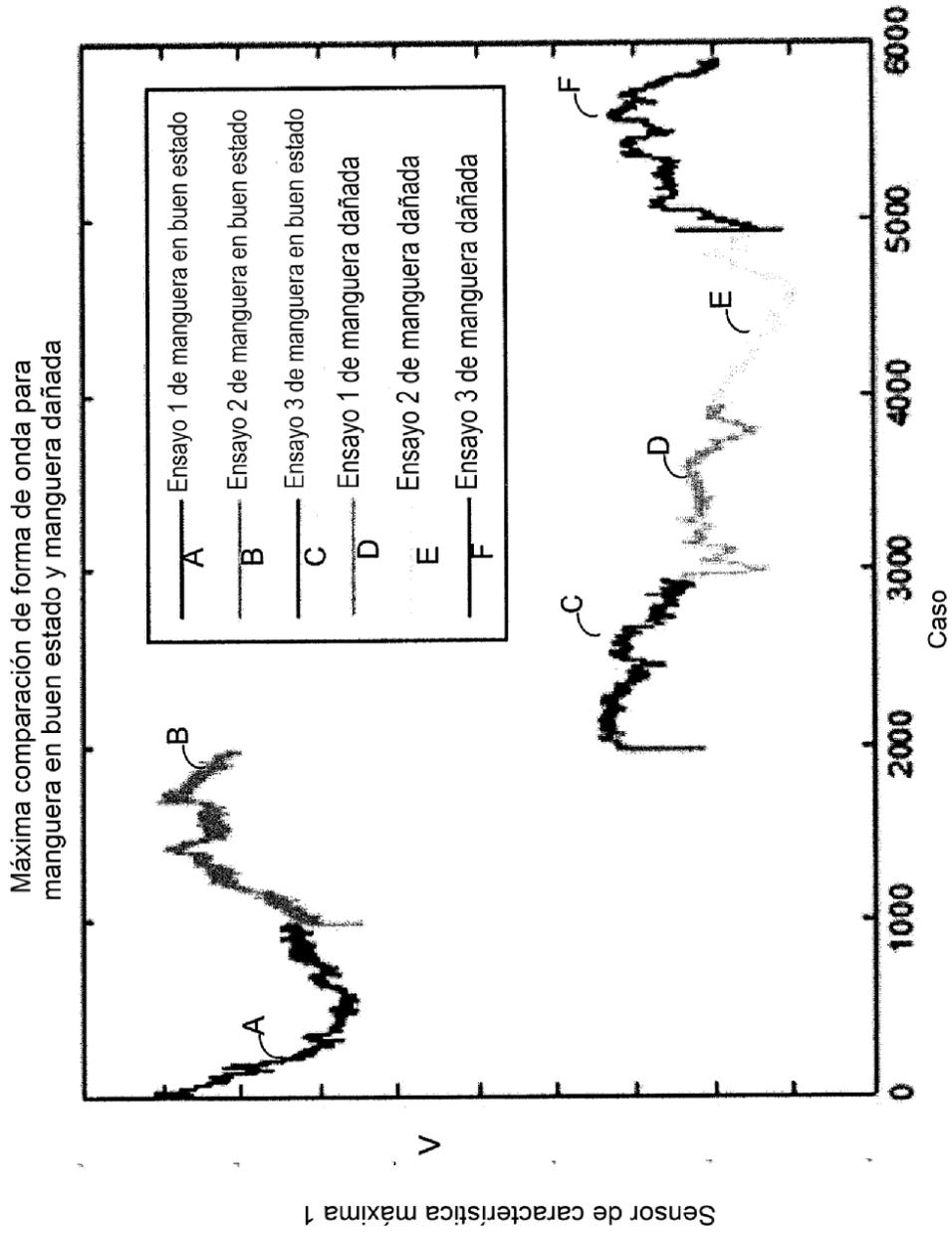


Figura 13

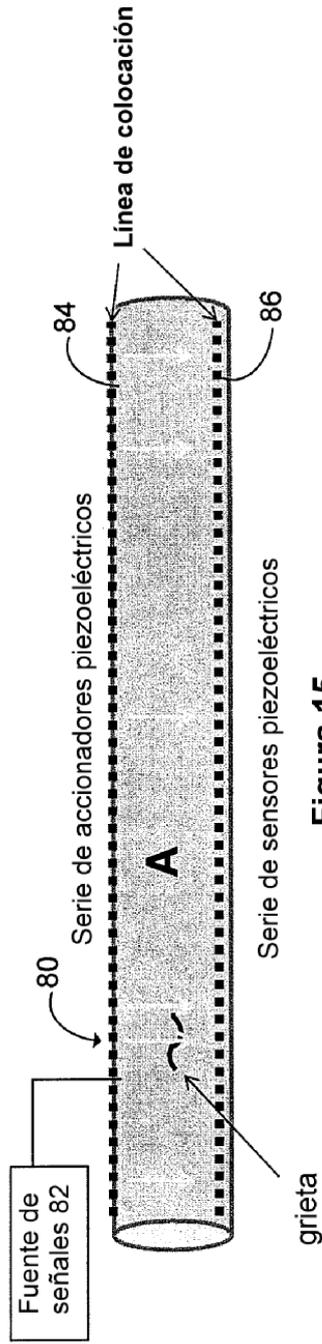


Figura 15

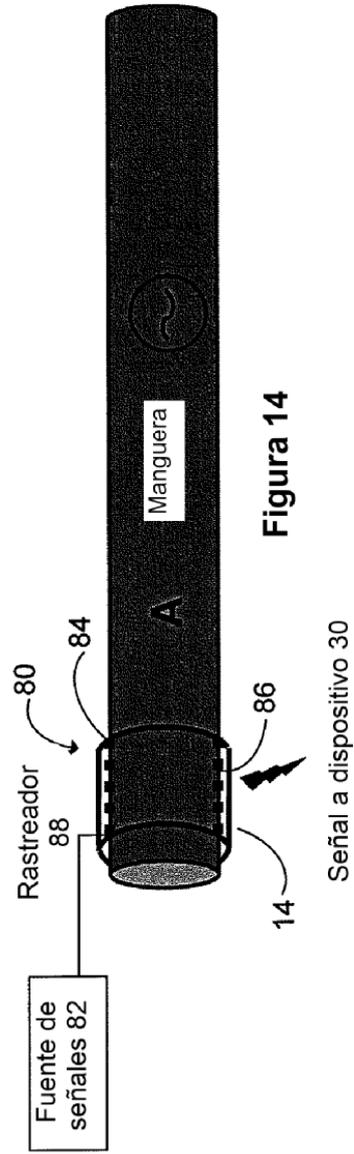


Figura 14

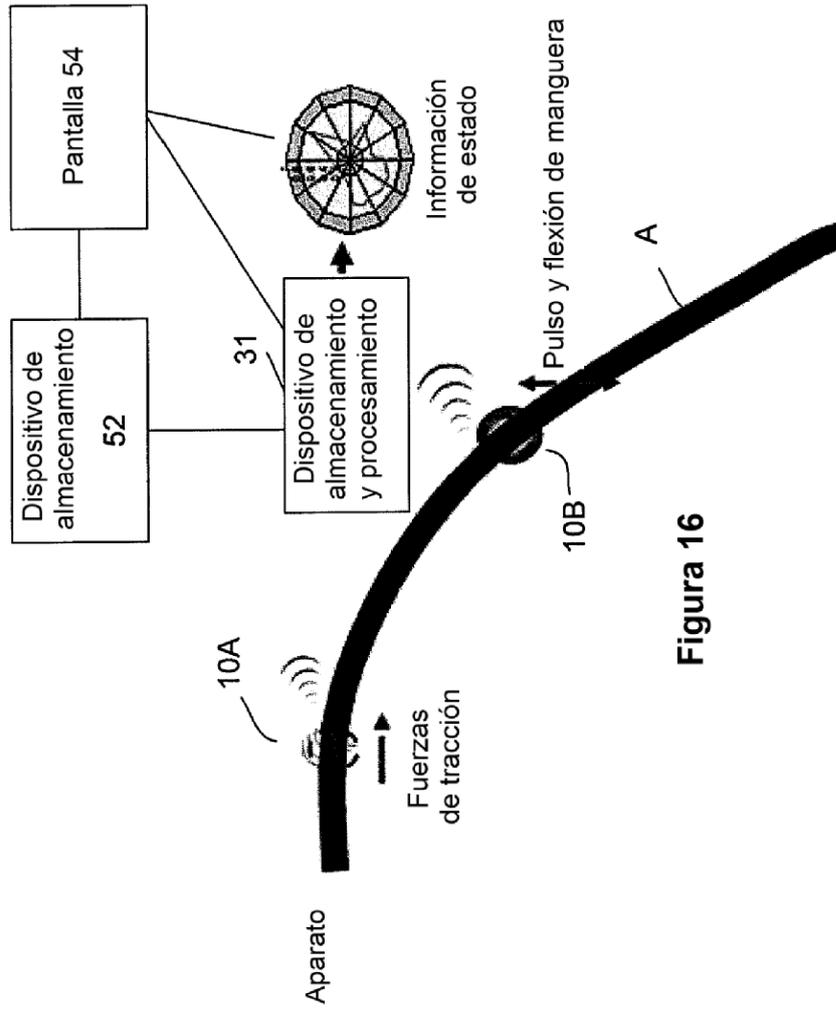


Figura 16

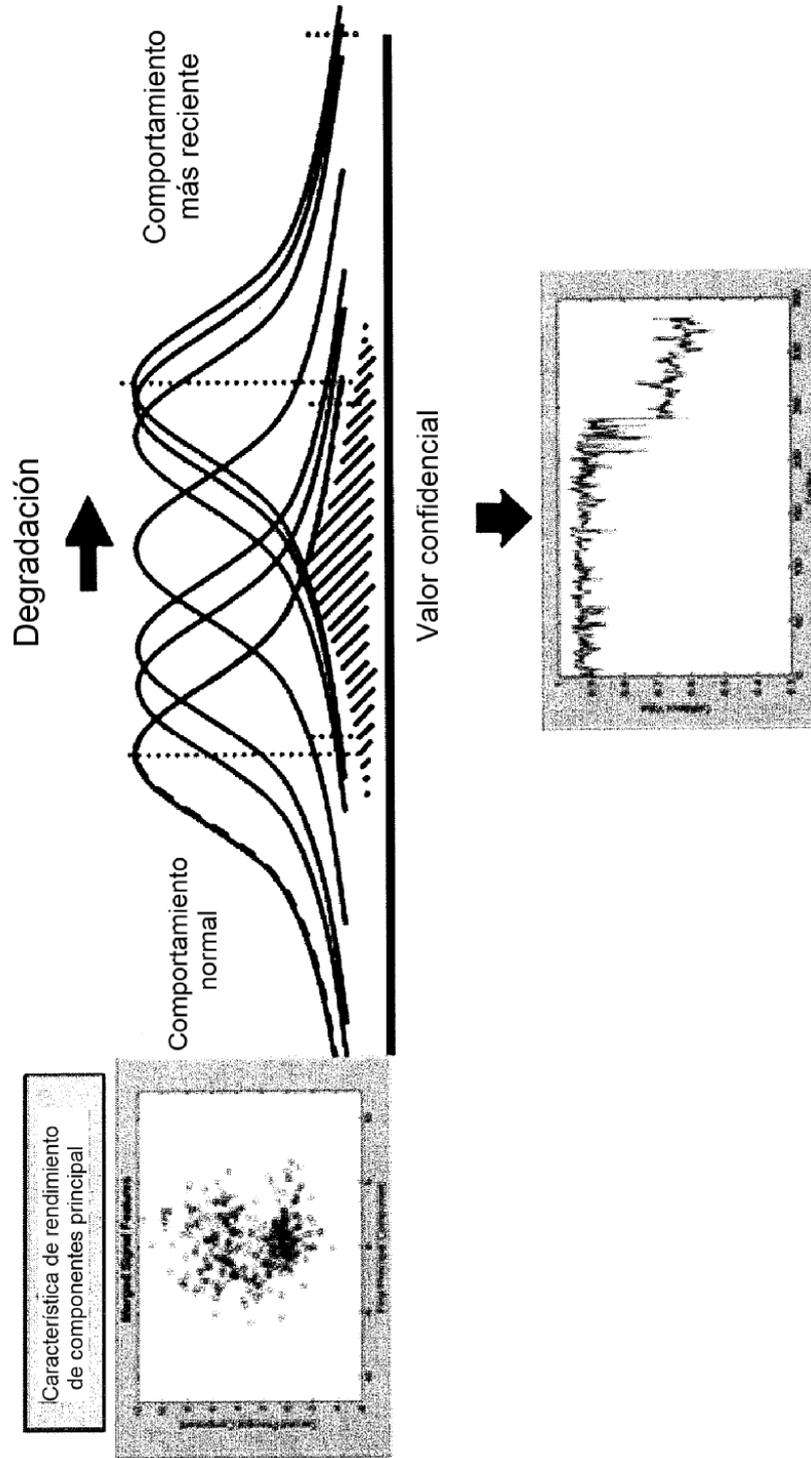


Figura 17

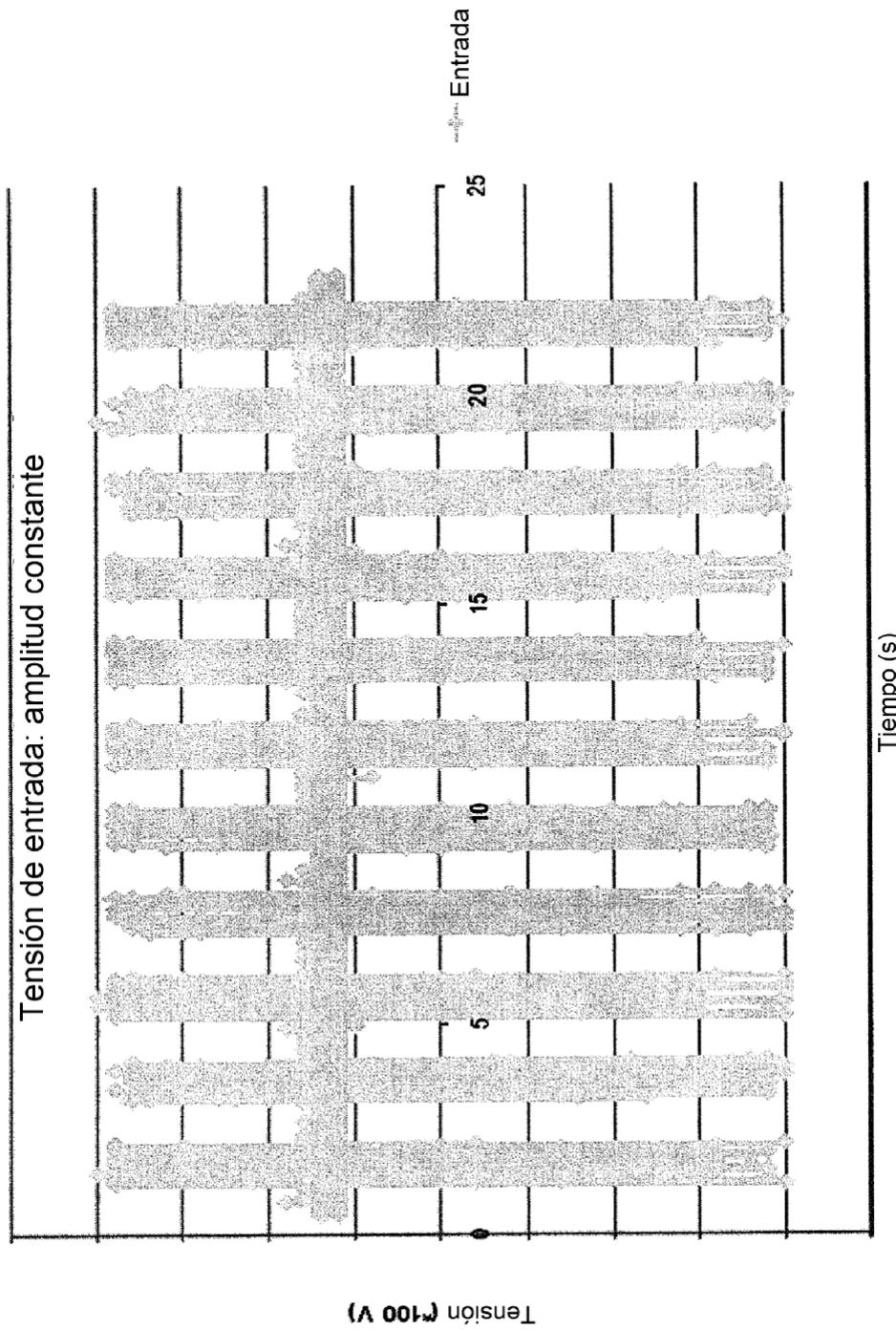


Figura 18

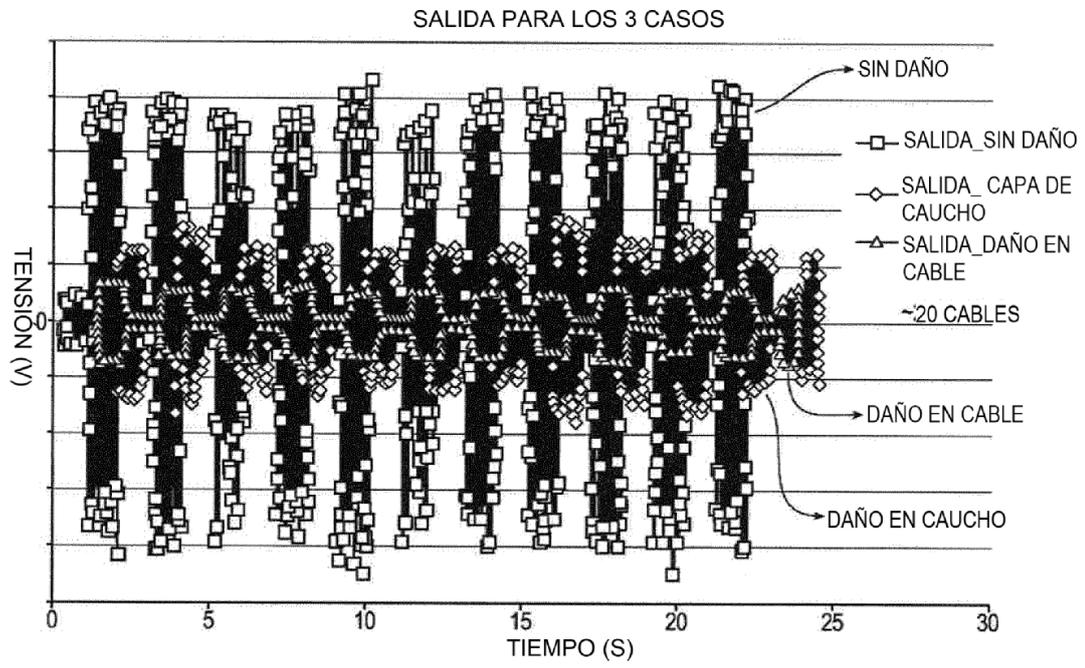


Figura 19

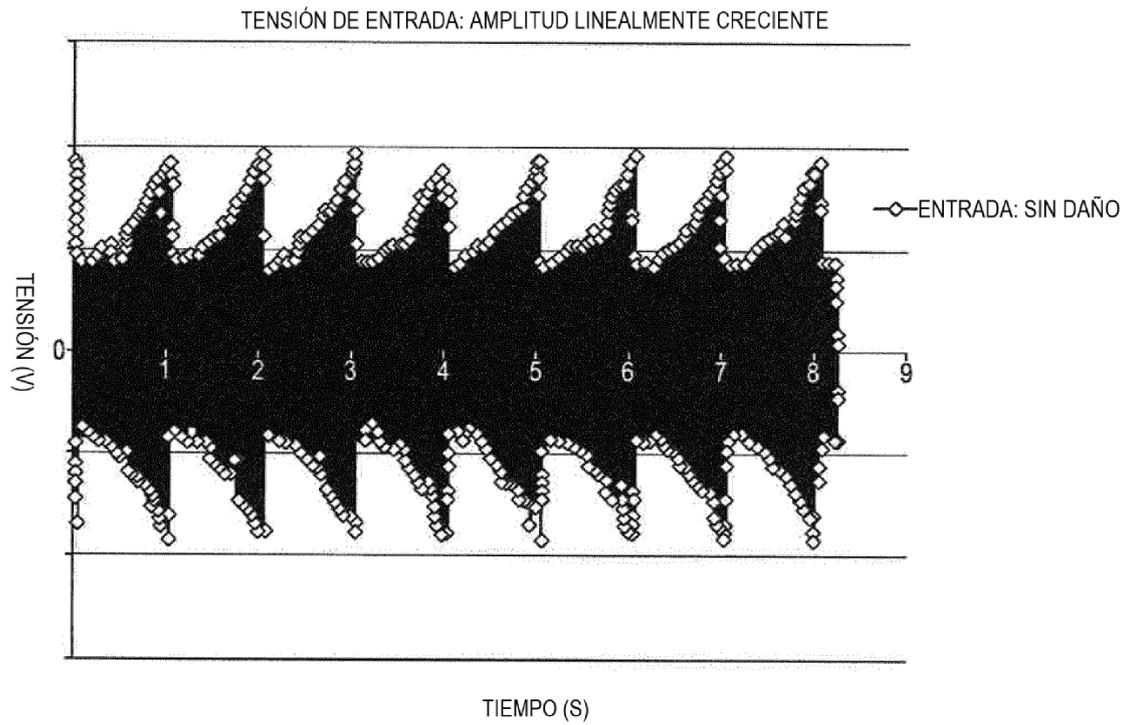


Figura 20

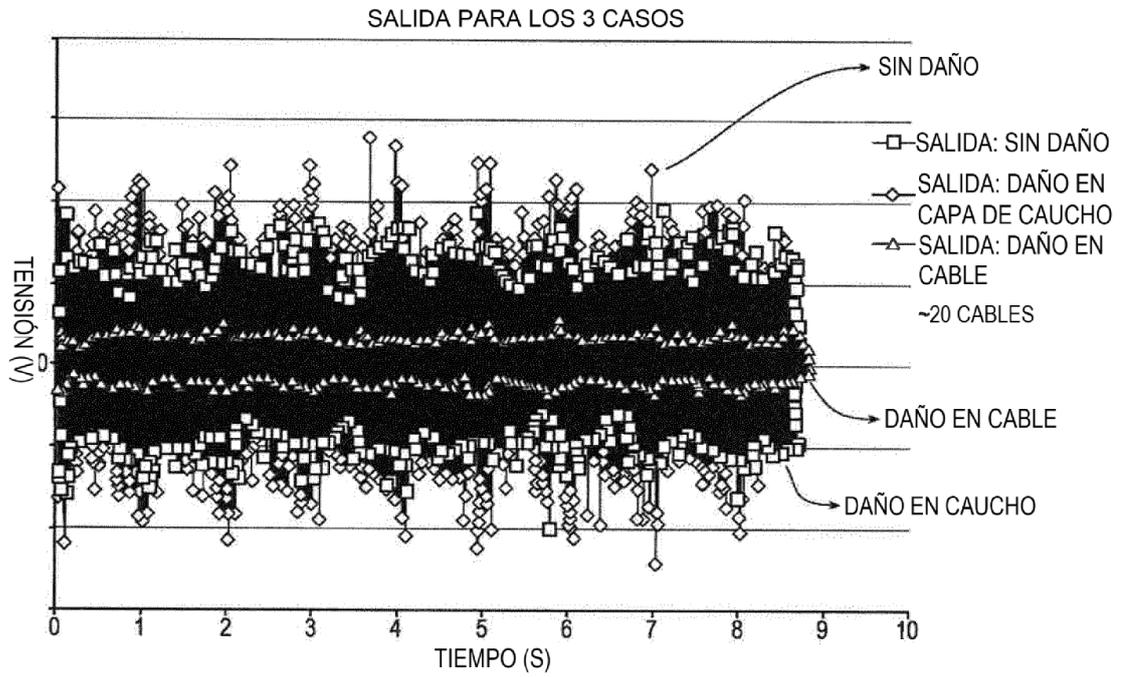


Figura 21

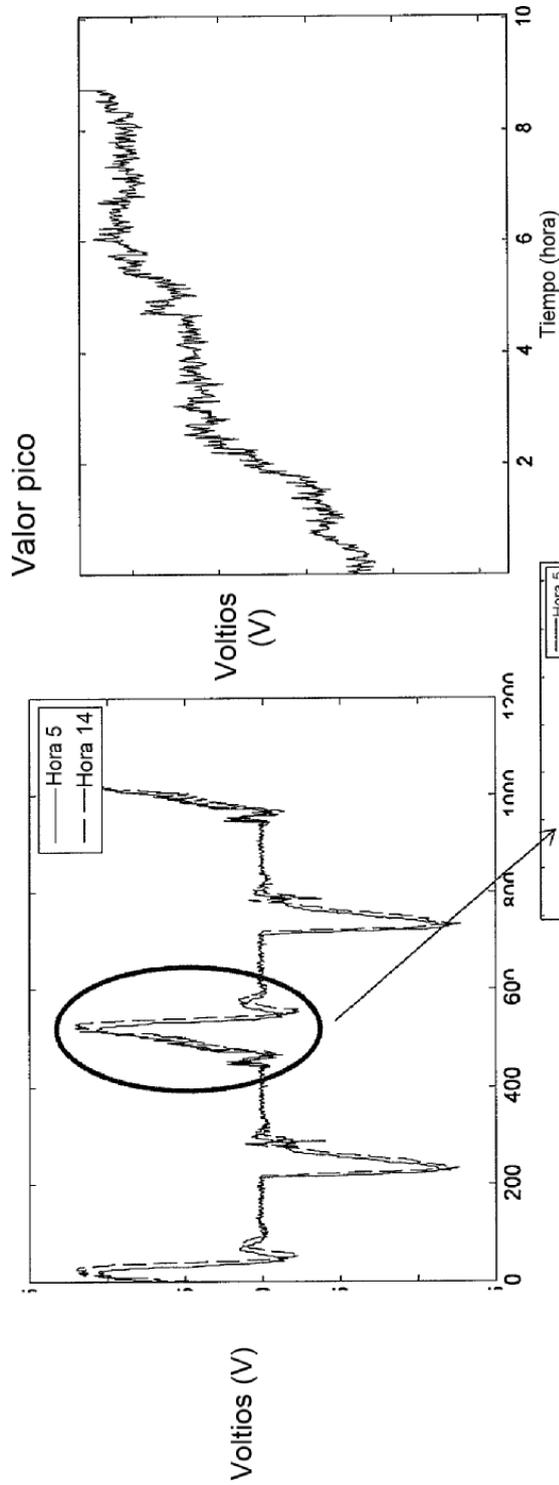


Figura 22C

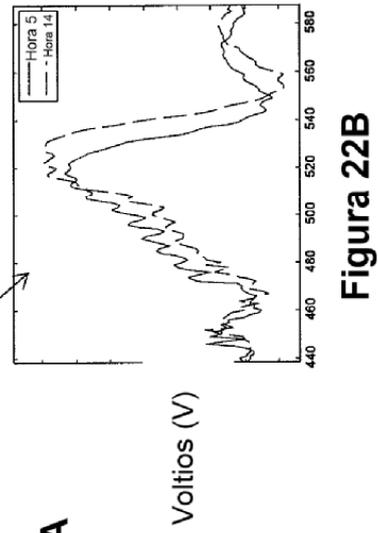


Figura 22B

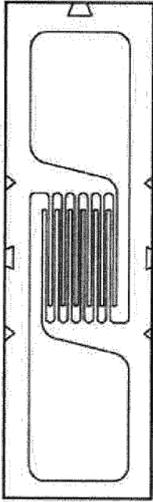


Figura 23

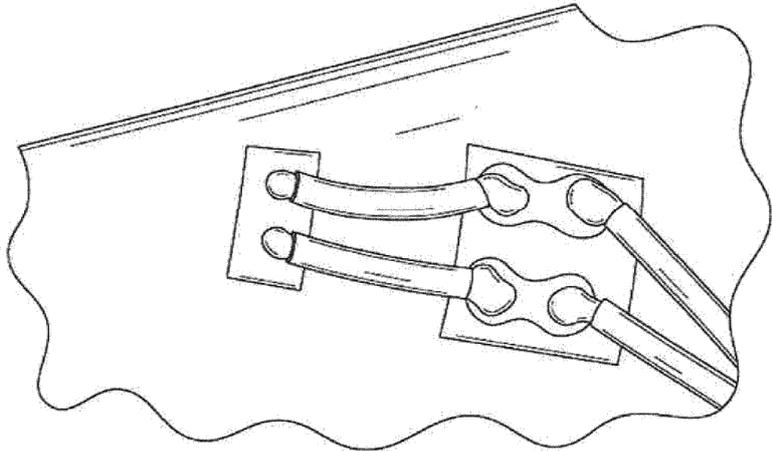


Figura 24

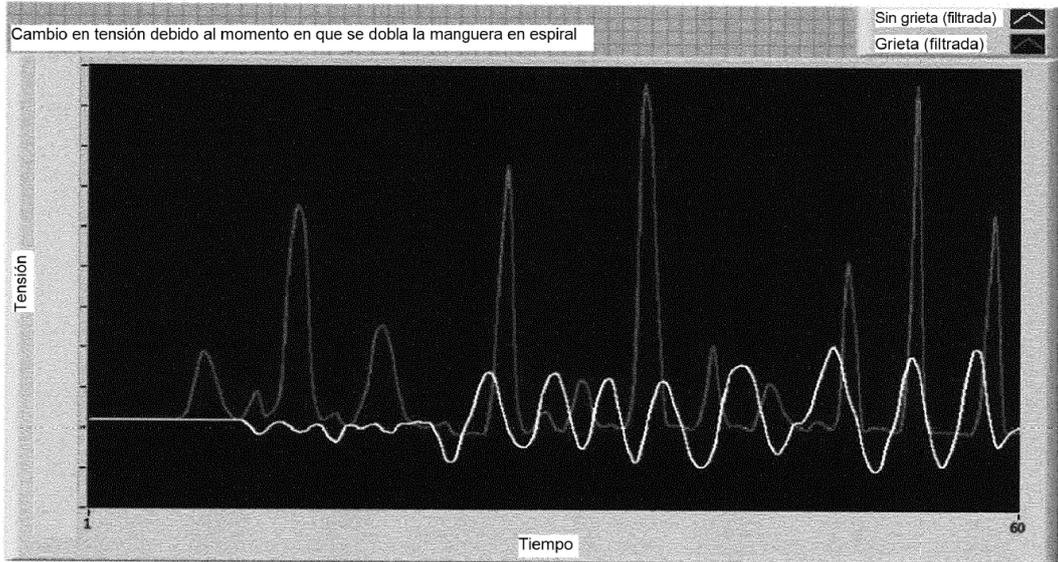


Figura 25