

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 410 864**

51 Int. Cl.:

**E02D 33/00** (2006.01)  
**G01N 35/00** (2006.01)  
**E02D 13/06** (2006.01)  
**E02D 5/22** (2006.01)  
**E02D 5/34** (2006.01)  
**G01N 33/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2005 E 05775737 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013 EP 1774278**

54 Título: **Sistema de monitorización para pilares de hormigón y procedimiento de instalación**

30 Prioridad:

**23.07.2004 US 590955 P**  
**10.01.2005 US 642585 P**  
**31.05.2005 US 685807 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**03.07.2013**

73 Titular/es:

**SMART STRUCTURES, INC. (100.0%)**  
**362 2ND STREET PIKE, UNIT 13**  
**SOUTHAMPTON, PA 18966-3834, US**

72 Inventor/es:

**HECHT, KURT y**  
**HECHT, RICHARD**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 410 864 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

Sistema de monitorización para pilares de hormigón y procedimiento de instalación

**Antecedentes de la invención**

5 La invención se refiere a un sistema de monitorización para la monitorización a largo plazo de pilares y estructuras de hormigón que tienen galgas y sensores premoldeados en los mismos.

El documento DE 2029358 divulga un dispositivo para hormigonar pilares en el terreno. El dispositivo comprende un molde de pilar móvil equipado con un dispositivo de detección y un tubo de suministro. El material del pilar puede ser suministrado a través del tubo hasta su destino y el molde del pilar se retira dependiendo de la presión del material detectada por el dispositivo de detección.

10 El documento US 2002/0148298 A1 divulga pilares que pueden ser formados de cualquier material tal como cemento u hormigón. Los pilares están dotados de dispositivos de detección permanentes, de modo que se pueden recoger datos de campo del pilar mientras los pilares están en uso en el campo. Se disponen sensores en la parte inferior de los pilares. Los datos del sensor se suministran a un transmisor/amplificador para su emisión mediante una antena.

15 El documento US 4.052.884 divulga un pilar hueco para determinar datos de tensión de modo remoto durante un pilotaje marítimo.

Actualmente no existe un modo eficiente de comunicar información de una estructura de hormigón, tal como un pilar o tirante, con el fin de determinar situaciones relacionadas o generadas por la instalación de tales estructuras. Actualmente, con estructuras de hormigón tales como pilares, que tienen que ser monitorizadas, en realidad sólo se monitoriza  
20 debido al esfuerzo importante requerido para incorporar manualmente dispositivos de monitorización de galgas extensométricas/acelerómetros para monitorizar las fuerzas y velocidades en el pilar durante su instalación. Como los pilares se sitúan generalmente utilizando cables de estrangulación que se enrollan alrededor de la estructura que son izados a continuación por una grúa, no es posible situar nada en el exterior del pilar debido al riesgo elevado de que sea dañado o cortado por el cable de estrangulación durante el posicionamiento. Actualmente, una vez que el pilar es situado  
25 para su hincado, las galgas y sensores requeridos se incorporan manualmente escalando hasta la posición deseada e incorporándolos en el pilar en pie. Esto exige mano de obra, consume tiempo, es costoso e impone asimismo un riesgo de seguridad en el instalador. Como tal, sólo se lleva a cabo una monitorización limitada, lo que da como resultado que sean necesarios factores de seguridad de diseño superiores para la estructura. Unos medios para realizar una monitorización inalámbrica en el momento del hincado tendrían un valor significativo a la hora de reducir los costes y tiempo asociados  
30 con el proceso de comprobación, permitiendo así más pruebas. Sin embargo, existen numerosos obstáculos técnicos para hacer esto, incluyendo la transmisión inalámbrica de datos de sensor desde el pilar.

Un problema básico con situar una antena de RF contra, o embebida en, el hormigón es que su rendimiento se verá enormemente degradado debido a la gran componente dieléctrica del hormigón que varía con la vida del hormigón. Esto plantea un entorno de aplicación muy difícil y exigente. Con una constante dieléctrica del aire de 1,0, y del agua de 80, el  
35 hormigón varía de 20 (fresco) a 6 (totalmente curado tras un par de meses, dependiendo del contenido en agua). Las estructuras de hormigón en esta aplicación se han venido usando aproximadamente 28 días tras el hormigonado o antes, y subsecuentemente se encontró que tenían una constante dieléctrica de aproximadamente 9,0.

La constante dieléctrica relativamente alta del hormigón situado cerca de la antena de RF provoca que la mayor parte de la energía emitida por la antena (ahora desintonizada) sea extraída de la antena y al interior del hormigón. Cualquier  
40 energía de RF restante acoplada con el aire libre se ve severamente atenuada con patrones distorsionados y/o erráticos, ya que los diseños de antena típicos están modelados para funcionar en un entorno de aire libre.

Adicionalmente, una vez que un elemento estructural, tal como un pilar, se asienta, no se recogen más datos para análisis que podrían ser utilizados para monitorizar la estabilidad a largo plazo y la solidez estructural del elemento estructural a la  
45 vista de la carga cíclica y exposición a entornos duros que podrían provocar que el elemento estructural se degrade en el tiempo, dando como resultado un fallo estructural.

Sería deseable proporcionar un procedimiento y un sistema más eficientes y efectivos en costes para monitorizar tales estructuras de hormigón a lo largo de toda la vida útil de la estructura. Más preferiblemente, sería deseable proporcionar un sistema que pueda ser instalado fácilmente durante el procedimiento de hormigonado y fabricación que permita realizar la monitorización de un modo tan eficiente en costes que todas las estructuras de hormigón en una aplicación dada, y en  
50 particular pilares de edificios, puentes y lechos de carreteras, puedan ser monitorizados con el fin de permitir utilizar diseños más eficientes sin comprometer la seguridad o fiabilidad de la estructura su conjunto. Adicionalmente, sería deseable proporcionar un sistema para la monitorización a lo largo del ciclo de vida de tales estructuras de hormigón, incluyendo todos los elementos estructurales de hormigón independientemente de que la parte superior sea cortada tras la instalación, como es el caso de un pilar. Sería deseable asimismo proporcionar unos medios para monitorizar galgas

embebidas independientemente del estado final de la estructura. Aún más, es un objeto de la invención proporcionar un procedimiento mejorado para formar un pilar con capacidades de monitorización inalámbrica y para proporcionar un conjunto de soporte cargado por muelle para su uso en tal procedimiento.

### Sumario

- 5 La invención proporciona un procedimiento para formar un pilar con capacidades de monitorización inalámbrica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, y un conjunto de soporte cargado por muelle de acuerdo con la reivindicación 9.

De acuerdo con la invención, el procedimiento para formar un pilar con capacidades de monitorización inalámbrica comprende además las etapas de situar varas en un molde de pilar; insertar el paquete de sensores entre las varas y utilizar las varas para situar sensores del paquete de sensores en un área de núcleo del pilar; situar una antena en un recinto de la antena en una posición tal que el recinto de la antena quede embebido enrasadamente con al menos un lado del pilar cerca de una parte superior del pilar; y hormigonar el molde del pilar para embeber el paquete de sensores, la radio y la antena.

- 15 En otro aspecto de la invención, el procedimiento de formar un pilar con capacidades de monitorización inalámbrica comprende además:

asegurar el paquete de sensores en una posición utilizando un conjunto de soporte cargado por muelle que se inserta generalmente en vertical en el molde del pilar y se acopla con al menos dos varas opuestas de las varas mediante una fuerza de resorte;

conectar el paquete de sensores a la antena a través de la radio utilizando alambres o cable.

- 20 En un aspecto adicional de la invención, el procedimiento de formar un pilar con capacidades de monitorización inalámbrica comprende además:

proporcionar el conjunto de soporte cargado por muelle que tiene unos bastidores superior e inferior en forma de U que están conectados entre sí, estando situado al menos un miembro de acoplamiento con la vara en cada uno de los bastidores para acoplarse con las varas del pilar; y

- 25 una pala de arrastre portadora para recibir los sensores conectados al menos a uno de los bastidores en forma de U.

En un aspecto adicional de la invención, el procedimiento de formar un pilar con capacidades de monitorización inalámbrica comprende además:

la pala de arrastre portadora que comprende una placa de montaje para los sensores; y unir los sensores a la placa de montaje.

- 30 En un aspecto adicional de la invención, el al menos uno de los miembros de acoplamiento con la vara está formado de un material elástico para acoplarse elásticamente con las varas del pilar, y en otro aspecto de la invención el sensor comprende al menos una galga extensométrica y un acelerómetro.

En un aspecto adicional de la invención el paquete de sensores comprende paquetes de sensores primero y segundo, comprendiendo el procedimiento además:

- 35 situar un primer paquete de sensores en una posición cerca de una punta del pilar que está siendo formado; y

situar el segundo paquete de sensores cerca de una parte superior del pilar que está siendo formado, estando conectados ambos paquetes de sensores a la antena;

situar un tubo entre el primer paquete de sensores y la antena en la parte superior del pilar;

proporcionar una cámara de depósito de alambre o de cable en exceso en un extremo de punta del tubo; y

- 40 proporcionar un exceso de alambre o cable en el depósito que pueda ser extraído del depósito.

En un aspecto adicional de la invención, el procedimiento de formar un pilar con capacidades de monitorización inalámbrica comprende además proporcionar la electrónica de acondicionamiento asociada con el paquete de sensores.

La invención está dirigida asimismo a un conjunto de soporte cargado por muelle para su uso en el procedimiento de la reivindicación 3, que comprende:

- 45 bastidores primero y segundo en forma de U conectados entre sí;

al menos un miembro de acoplamiento con la vara situado en cada uno de los bastidores en forma de U enfrentados entre sí y que tiene una boca abierta para acoplarse con varas o barras de refuerzo opuestas de un pilar de hormigón bajo un molde elástico antes del hormigonado; y

un portador deslizante unido a los bastidores para soportar al menos una galga.

- 5 En un aspecto adicional del conjunto de soporte cargado por muelle al menos uno de los miembros de acoplamiento con la vara está formado de un material elástico, y en otro aspecto del conjunto de soporte cargado por muelle los bastidores primero y segundo en forma de U están empujados elásticamente alejándose entre sí; y

muelles de centrado se extienden entre el portador deslizante y el bastidor para centrar el portador deslizante en los bastidores en forma de U, incluyendo el portador deslizante provisiones para incorporar sensores.

- 10 En un aspecto adicional de la invención, el conjunto de soporte cargado por muelle comprende además:

una primera abertura con al menos dos paredes laterales en forma de V para alinearse con un primer alojamiento de sensor situado en el portador deslizante o en una placa de montaje conectada al mismo; y

una segunda abertura definida en el portador deslizante o en la placa de montaje conectada al mismo para un segundo sensor.

### 15 **Breve descripción de los dibujos**

El resumen anterior, así como la siguiente descripción detallada de los modos de realización preferidos de la invención, se entenderán mejor leídos conjuntamente con los dibujos adjuntos. A los efectos de ilustrar la invención, se muestra en los dibujos los modos de realización que se prefieren actualmente. Debe entenderse, sin embargo, que la invención no se limita a los montajes precisos mostrados.

- 20 La figura 1 es una vista en perspectiva que muestra varas en un molde de pilar antes de hormigonar el molde con el fin de formar el pilar.

La figura 2 es una vista en perspectiva ampliada similar a la de la figura 1.

La figura 3 es una vista en perspectiva que muestra el molde del pilar una vez que el hormigón ha sido volcado en el molde.

- 25 La figura 4 es una vista en despiece de un primer modo de realización de un conjunto de antena de acuerdo con un primer modo de realización de la presente invención.

La figura 5 es una vista en sección transversal de la antena de la figura 4 mostrada embebida en un lado de una estructura de hormigón, tal como un pilar.

- 30 La figura 6 es una vista en perspectiva que muestra la ubicación de antenas opuestas situadas en la parte superior de un pilar.

La figura 7 es una vista lateral de un conjunto de antena desplegable que está montado enrasado con la superficie de una estructura de hormigón.

La figura 8 es una vista en perspectiva de la antena de la figura 7.

- 35 La figura 9 es una vista en perspectiva de un modo de realización alternativo de una antena desplegable de acuerdo con la invención.

La figura 10 es una vista en perspectiva, parcialmente desmontada, de un reflector utilizando para formar otro conjunto de antena de acuerdo con la invención.

La figura 11 es una vista en perspectiva que muestra un segundo conjunto de reflector, parcialmente desmontado, de acuerdo con la presente invención.

- 40 La figura 12 es una vista en despiece de un alojamiento de antena y un alojamiento de reflector con un alojamiento del módulo de electrónica incorporado y expuesto externamente.

La figura 13 es una vista en sección transversal ampliada de un tapón de polímero utilizado para sellar el tubo de antena y el alojamiento mostrados en la figura 12.

- 45 La figura 14 es una vista en alzado frontal de un primer tipo de cubierta terminal para el conjunto de reflector de antena mostrado en la figura 12.

La figura 15 es una vista en alzado frontal de una segunda cubierta terminal para el conjunto de reflector de antena mostrado en la figura 12.

La figura 16 es una vista en perspectiva de otro conjunto de antena de acuerdo con la invención, similar al mostrado en la figura 12, sin el alojamiento del módulo de electrónica.

- 5 La figura 17 es una vista en perspectiva de un conjunto de antena similar al mostrado en la figura 12, con un casquillo de liberación situado alrededor de la cubierta del alojamiento del módulo de electrónica.

La figura 18 es una vista en perspectiva trasera del conjunto de antena mostrado en la figura 17.

La figura 19 es una vista en sección transversal a través de un molde de pilar que muestra el posicionamiento opuesto de conjuntos de antena de acuerdo con la invención en el molde del pilar.

- 10 La figura 20 es una vista en sección transversal a través del molde del pilar que muestra las varas y un conjunto de suspensión de barra en U de acuerdo con la invención para el montaje en vertical de galgas en el pilar.

La figura 21 es una vista en perspectiva en despiece del conjunto de suspensión de barra en U.

- 15 La figura 22 es una vista en alzado lateral, mostrada esquemáticamente de forma parcial, de un conjunto de suspensión de barra en U montado, mostrado con una galga extensométrica, un acelerómetro, y un módulo de electrónica montado en el mismo.

La figura 23 es una vista en alzado lateral similar a la de la figura 22 de otro modo de realización de un conjunto de suspensión de barra en U con la galga extensométrica, el acelerómetro, y el módulo de electrónica.

La figura 24 es una vista en perspectiva de la electrónica y el sensor montados en la sección central del conjunto de suspensión de barra en U de la figura 23.

- 20 La figura 25 es una vista en perspectiva trasera que muestra el montaje de sensor con relación al conjunto de suspensión de barra en U de la figura 24.

La figura 26 es una vista en sección transversal de un alojamiento estanco para el acelerómetro.

La figura 27 es una vista esquemática de un pilar que muestra la conexión entre los paquetes de sensores/galgas de la parte superior y la punta y el compartimento de radio/electrónica.

- 25 La figura 28 es una vista esquemática de un pilar similar al de la figura 27, en el cual el pilar incluye un depósito de alambre y un tubo de guiado para permitir la conexión con las galgas embebidas en la punta para pilares que tienen cortada la punta tras el hincado.

La figura 29 es una vista en sección transversal a través del pilar tomada a lo largo de la línea 29-29 en la figura 28.

La figura 30 es una vista esquemática del conjunto de sensor y antena del pilar de la figura 28 mostrados sin el pilar.

- 30 La figura 31 es una vista esquemática de un pilar que muestra la red principal de datos común y un sistema de transmisión intra-pilar.

La figura 32 es una vista en perspectiva de una parte superior del pilar hincado en el que se ha sustituido la electrónica de radio con un módulo de nodo de red.

- 35 La figura 33 es una vista en perspectiva de un pilar con la parte superior cortada, que muestra la conexión con un módulo de nodo de red.

La figura 34 es un diagrama de flujo que muestra el sistema de monitorización de ciclo de vida de acuerdo para la presente invención.

- 40 La figura 35 es una vista en perspectiva de una capa de hormigón volcada sobre una pluralidad de partes superiores de pilares que tiene sensores de monitorización que están conectados entre sí a un nodo para su conexión a miembros adicionales de la estructura y/o a un enlace de telemetría para la adquisición y monitorización de datos.

La figura 36 es una vista en perspectiva de un sistema para hacer seguimiento de una profundidad de penetración de un pilar de acuerdo con la invención.

La figura 37 es una vista en perspectiva de un sistema alternativo para hacer seguimiento de una profundidad de penetración de un pilar.

**Descripción detallada de la invención**

En la siguiente descripción cierta terminología se utiliza por conveniencia y no se considera limitativa. Las palabras "inferior", "superior", "izquierda" y "derecha" designan direcciones los dibujos a las cuales se hace referencia. Como se utiliza aquí, el recitado de "al menos uno de A, B y C" significa cualquiera de A, B o C, o cualquier combinación de los mismos, en los que A, B y C representan los elementos indicados de la invención. Adicionalmente, los términos "un" y "uno" se definen como inclusivos de uno o más de los elementos referenciados a menos que se indique específicamente.

En referencia a la figura 1, se muestran varas 12 para un pilar 10 situadas en un molde del pilar 14 antes de hormigonar el molde 14 con el fin de formar el pilar. Se muestran sensores 16 y un conjunto de antena 18 para transmitir datos del pilar durante o tras su instalación conectados a, o suspendidos de o por encima de, las varas 12, preferiblemente utilizando ligaduras de alambre o dispositivos de sostén similares. Se utilizan preferiblemente sensores y antenas para monitorizar los pilares utilizando una transferencia directa inalámbrica de datos que son recogidos por los sensores embebidos a los pilares, como se describirá en mayor detalle a continuación, para la monitorización durante la instalación y/o la vida útil del pilar así como posiblemente para almacenar datos del pilar.

La figura 2 muestra una vista ampliada de un conjunto preferido de antena/radio 60, situado temporalmente descansando sobre las varas 12 del pilar, que flotará en el hormigón que es volcado en el molde de modo que una superficie superior del conjunto de antena/radio 60 esté situada en una superficie del pilar. Adicionalmente, los sensores 16 están unidos a un conjunto de suspensión preferido, como se explicará en mayor detalle a continuación, con el fin de situar los sensores 16 entre las varas 12 del pilar.

La figura 3 muestra el pilar 10 moldeado en el molde 14 una vez que el hormigón ha sido volcado. La superficie de la antena 18 permanece expuesta para transmitir señales antes, durante y/o tras el hincado del pilar. Asimismo, la tapa 64 del conjunto de antena/radio 60 permanece expuesta. Es posible asimismo retirar la antena 18 e incorporar la antena en la tapa 64 del alojamiento del módulo de electrónica 61, como se explicará en detalle a continuación.

Un primer modo de realización de un conjunto de antena 18 de acuerdo con la presente invención se muestra en las figuras 4 y 5. El conjunto de antena 18 está montado enrasadamente en el lado de una estructura de hormigón, tal como el pilar 10 mostrado en la figura 3, durante su fabricación. Es necesario asegurar que la antena está desacoplada del hormigón circundante del pilar 10. Esto se consigue proporcionando un reflector de esquina 24, fabricado preferiblemente de metal, tal como acero o aluminio, o puede estar fabricado de plástico con un recubrimiento eléctricamente conductor. Aunque se han utilizado anteriormente antenas de esquina en otras aplicaciones para proporcionar ganancia, en el caso presente se utiliza de un modo no convencional para proporcionar aislamiento de la antena respecto a la estructura de hormigón 12 circundante, en la cual está embebida. En una aplicación típica de reflector de esquina, el reflector se sitúa a  $1/2$  de longitud de onda respecto a la antena de tal modo que la onda reflejada añadirá fase y proporcionará ganancia. Debido a la limitación en profundidad en la presente aplicación basada en los refuerzos estructurales en el hormigón, la superficie metálica del reflector de esquina 24 sólo está situada lo suficientemente lejos de la antena de modo que minimice los efectos de desintonización sobre la antena (que resulta en pérdidas por desacoplamiento de impedancias), y no demasiado lejos de modo que se minimice la interferencia destructiva provocada por la onda reflejada. En una aplicación, se prefiere una distancia de 5,3 cm (2,1 pulgadas) para una longitud de onda de referencia de 916 MHz, proporcionando una separación de, aproximadamente,  $1/6$  de una onda.

En otro modo de realización de la invención con una longitud de onda más corta/frecuencia más alta (por ejemplo, 2,4 GHz), se proporciona una geometría global menor del conjunto de antena embebida en la que tan sólo es necesaria una separación de, aproximadamente, 2,54 cm (1 pulgada).

Todavía con referencia a las figuras 4 y 5, una antena 26 es mantenida en posición con relación al retrorreflector metalizado con un bloque de gomaespuma de célula abierta 28 u otro espaciador similar que no absorba o albergue humedad. Preferiblemente, sobre la antena 26 se instala una placa de tapa 30 fabricada de un material transparente a la RF a la frecuencia de interés. Preferiblemente, la tapa está enrasada con la superficie de la estructura de hormigón 12, como se muestra en la figura 3. Una arandela 31 se sitúa preferiblemente alrededor del alambre o cable coaxial que se extiende desde la antena 26. Todo el conjunto 18 está montado preferiblemente de un modo hermético.

Con referencia a la figura 6, se muestra un emplazamiento preferido de la antena 18 sobre caras opuestas en el extremo superior del pilar 10. Preferiblemente, el conjunto de antena 18 está situado  $2d$  por debajo de la punta, donde  $d$  es una anchura del pilar 10. Los sensores 16 se sitúan asimismo preferiblemente en una posición  $2d$  desde la parte superior y sensores de punta adicionales se sitúan a  $2d$  de la punta del pilar, como se indica en detalle a continuación. Sin embargo, los sensores se sitúan en la mitad/núcleo de la sección transversal del pilar.

En referencia a las figuras 7 y 8, en otro modo de realización de la invención se proporcionan conjuntos de antena cargados por resorte, retráctiles únicos (o múltiples). La antena 52 permanece enrasada con la superficie del pilar durante la fabricación y transporte del pilar. El(los) conjunto(s) 50 ha(n) extendido la antena 53 hasta una posición desplegada sólo una vez que sea recibido bien un golpe vertical importante, tal como un golpe procedente de un martinete, o una vez que

un comando de control ha sido recibido y se acciona una liberación accionada por solenoide. Un plano de tierra 54 eléctricamente conductor, preferiblemente fabricado de metal o de un material eléctricamente conductor recubierto sobre un sustrato aislante, es montado enrasadamente con la superficie de la estructura de hormigón, y en efecto se asienta sobre la superficie como la tapa 30 hasta que la antena es desplegada, y a continuación actúa como una parte de la estructura de antena. La longitud de la antena 52 es preferiblemente  $\lambda/4$ , y el plano de tierra 54 tiene dimensiones de, aproximadamente,  $\lambda/2$  y podría ser redondeado o cuadrado con un diámetro o longitud lateral de, aproximadamente,  $\lambda/2$ . Aunque esta disposición es preferida, otras disposiciones son posibles.

Alternativamente a, o además de, la liberación remota, una tecla de neutralización manual 55 se proporciona en caso de que los intentos de extensión automática del conjunto de antena fallen. Esta puede ser en forma de una pequeña abertura situada en el plano de tierra 54 para permitir que un usuario inserte una varilla o pasador y libere un trinquete que sostiene la antena 52 en la posición de almacenamiento.

Una vez que es recibido el golpe de la magnitud adecuada o la señal de comando de control, la(s) antena(s) 52 se extiende(n) perpendicularmente a la superficie de hormigón. Esto se consigue fácilmente mediante una antena 52 montada en una bisagra, como se muestra en la figura 8. El solenoide o empujador activado por control o golpe libera un trinquete, y la antena gira hacia fuera empujada por la fuerza de un resorte helicoidal de fuerza circunferencial o un resorte de compresión (no mostrado). Alternativamente, como se muestra en la figura 9, el conjunto 56 puede incluir una antena 57 situada en un manguito 58 eléctricamente no conductor que se extiende generalmente en perpendicular a la superficie de la placa de tierra 54a eléctricamente conductora situada sobre la superficie de la estructura de hormigón, y tras activar un trinquete de liberación, ya sea mediante un golpe detectado o mediante una señal de control como se describió anteriormente, el trinquete es liberado dando como resultado que la antena 57 salte hacia fuera del manguito 58 hasta una posición extendida por encima de la placa de tierra 54a.

Si una(s) antena(s) golpea(n) un nivel (agua o tierra) durante su instalación, un circuito de detección interno iniciará la transmisión de datos a una antena sobre el nivel o transmisor interno, como en el caso de un pilar empalmado o permitirá una conexión directa a través de una clavija para exportar datos, como se discutirá en mayor detalle a continuación.

En referencia a las figuras 10 y 11, se muestran dos modos de realización alternativos adicionales 80, 90. Estos conjuntos de antena están contruidos de un modo muy eficiente en costes, y utilizan un tapón 82, 92 de material de baja constante dieléctrica y bajas pérdidas con un grosor de  $\lambda/4$ , y preferiblemente un diámetro superior o igual a  $\lambda/2$ . El tapón puede estar fabricado de plástico o de cualquier otro material adecuado que satisfaga los requerimientos establecidos anteriormente, y es preferiblemente cilíndrico (figura 10), hemisférico o parabólico (figura 11). Los lados y la parte inferior están cubiertos con un recubrimiento 84, 94 eléctricamente conductor, tal como una lámina metalizada o cualquier otro material adecuado. Se proporciona una abertura central 85, 95 sellada externamente a través de la cual el cable central 86, 96 de un cable coaxial 88, 98 se extiende hasta una longitud de  $\lambda/4$ . El trenzado de tierra del cable 88, 98 está soldado o conectado de otro modo al recubrimiento eléctricamente conductor 84, 94 en el área de la abertura central 86, 96 en la cual este se extiende a través de la parte inferior del tapón 82, 92. La superficie superior del tapón 82, 92 actúa como una tapa y está instalada enrasadamente con la superficie de la estructura de hormigón durante la fabricación con el fin de proporcionar una antena de bajo coste.

Con referencia a las figuras 12 a 15, se muestra en detalle un modo de realización preferido del conjunto superior de antena/radio 60. El conjunto de antena 60 incluye preferiblemente un conjunto de reflector 65 que tiene un cuerpo de reflector 66 formado a partir de una lámina metálica doblada hacia arriba, preferiblemente en una forma de V, con cubiertas terminales 68 y 70, mostradas en las figuras 14 y 15, incorporados en los extremos de la misma. Preferiblemente, el conjunto de reflector 65 está formado de materiales metálicos, tales como aluminio o acero inoxidable. Sin embargo, otros materiales metálicos adecuados pueden ser utilizados, o podría ser adecuado asimismo un material de polímero que tenga un recubrimiento metálico. Se proporciona un recubrimiento protector 72 formado de un material transparente a la RF a la frecuencia deseada. El recubrimiento 72 es necesario durante la fabricación del pilar con el fin de mantener el hormigón fuera del conjunto de antena 60 durante el hormigonado, y puede ser retirado una vez que el hormigón está asentado, si se desea. En un modo de realización preferido, este está formado de cartón duro o de un material de polímero que tenga un grosor superior a 0,051 cm (0,02 pulgadas) y puede ser adherido, encintado, o sellado de otro modo sobre el conjunto de reflector 65.

El conjunto de antena 60 incluye además el alojamiento 61 para cables y componentes electrónicos asociados con la antena 76, así como un módulo de radio para la transmisión de una señal de datos. La antena 76 está situada preferiblemente en un tubo de antena 78 formado de un material de polímero, tal como PVC, que está conectado de un modo estanco con el alojamiento 61, utilizando preferiblemente un acoplamiento 69 que se extiende del alojamiento 61 y un tapón 79 insertado desde el interior del alojamiento 61 en el acoplamiento 69 y alrededor de la base de la antena, mostrado en detalle en la figura 13. El tapón 79 está sellado o pegado preferiblemente en el alojamiento 61, como se indica en 81. El conjunto del reflector 65 está instalado sobre el tubo de antena 78 de tal modo que la primera cubierta terminal 68 está contra el alojamiento 61. Una cubierta terminal del tubo 86 se utiliza para sellar el extremo del tubo de antena 78 una vez que la antena 76 está instalada. Conectores herméticos 91 pueden ser insertados en abertura(s) en los

lados del alojamiento 61 con el fin de proporcionar unos puntos de entrada y salida herméticos para alambres, cables o similares utilizados para la transmisión de señales de datos y/o transmisión de potencia a los diversos elementos del sistema de detección situados dentro del pilar 10. Adicionalmente, una placa de compensación de flotabilidad 87 está conectada preferiblemente a la parte inferior del alojamiento 61 con remaches, por ejemplo, para proporcionar rebordes, o mediante cualquier otra conexión adecuada, tales como pinzas, adhesivo, ligaduras de cable, o análogos. La placa de compensación de flotabilidad 87 esta dimensionada de modo que se sitúe una cantidad suficiente de hormigón sobre la misma para compensar la flotabilidad del conjunto de antena 60 de modo que este se mantenga en una posición de flotabilidad por encima de las varas del pilar con la cubierta 72 generalmente enrasada con la superficie del pilar.

Preferiblemente, el alojamiento 61, el acoplamiento 69, el tapón 79, el tubo de antena 78, la placa anti-flotabilidad 87 y la cubierta terminal 83 están todos ellos fabricados de PVC o un material de polímero similar y pueden ser montados y adheridos entre sí de un modo sencillo y eficiente. La tapa 72 del conjunto de reflector 65 está situada preferiblemente en el molde del pilar 14 de modo que se mantenga sola y forme una porción de la superficie exterior del pilar. Adicionalmente, se proporciona preferiblemente una tapa de acceso 64 para el alojamiento 61, y se sitúa asimismo en la superficie del pilar con el fin de permitir acceso a los alambres, cables, batería, soporte diagnóstico, y/o componentes electrónicos situados en el mismo una vez que el pilar está formado.

Con referencia a la figura 16, se muestra en conjunto de reflector 89 para el segundo conjunto de antena 62, e incluye la tapa 72 así como el cuerpo de reflector 66 preferiblemente en forma de V. Se utilizan dos cubiertas terminales de reflector 70 para cerrar los extremos del conjunto de reflector 89, y la antena 76 dentro del tubo de antena 78 se instala en el mismo. Una vez que la antena está instalada en el tubo 78, los extremos se sellan de un modo hermético utilizando cubiertas terminales de tubo 83 o cubiertas terminales de un tipo similar, de modo que tan sólo el cable de antena se extienda fuera de un extremo del conjunto de reflector 89 con el fin de formar el segundo conjunto de antena 62.

En referencia a las figuras 17 y 18, se muestra el conjunto de antena/radio 60 preferido con una mejora para su instalación. Con el fin de permitir la retirada de la tapa 64, se instala un manguito de gomaespuma o goma 63 alrededor de la parte superior del alojamiento 61, como se muestra en la figura 17, y se extiende hacia arriba más allá del reborde de la tapa 64. Esto impide que el hormigón que se está utilizando para formar el pilar 10 bloquee la tapa 64 en posición, y el manguito 63 se retira preferiblemente una vez que el hormigón está asentado, para proporcionar un hueco de aire que permita la retirada de la tapa 64. Alternativamente, el manguito 63 puede permanecer y actuar como un sello para impedir la entrada y asentamiento de humedad.

Una pluralidad de antenas conmutables individualmente e identificadas de modo único se embeben preferiblemente en la estructura de pilares de hormigón, incluyendo preferiblemente un conjunto de antena 60 con un módulo de radio incorporado en el alojamiento 61, y posiblemente uno o más de los conjuntos de antena 62 u otros tipos de conjuntos de antena identificadas anteriormente. Las antenas son activadas, preferiblemente de modo automático de un modo de rueda, para identificar con un sistema de recepción qué posición de antena proporciona la mejor intensidad de señal y subsecuentemente la mayor capacidad de ancho de banda de datos en base a la posición física del sistema de recepción. Sólo está antena (posición) se selecciona entonces y se activa para todas las subsiguientes correspondencias de datos. Con el fin de optimizar el rendimiento, no se encamina potencia a las posiciones de antena sin utilizar durante la adquisición de datos. Es posible que si durante la adquisición de datos la señal de la antena seleccionada se pierde, el sistema puede intentar establecer automáticamente contacto con una de las antenas restantes.

El criterio de selección de antena está basado preferiblemente en una combinación de una señal de indicación de la intensidad de la señal recibida (RSSI), calidad del enlace, y el ancho de banda calculado de la transmisión de señal de pruebas. El protocolo específico utilizado para seleccionar y activar la antena puede ser seleccionado en base a los sistemas particulares utilizados y la aplicación. Sin embargo, generalmente sólo se selecciona para su uso y se alimenta la antena con el mejor rendimiento de transmisión. Una vez seleccionada, toda la potencia del sistema es enviada a la antena seleccionada para prolongar la vida de la batería del sistema, a la vez que se proporciona la mejor intensidad de señal y el mayor ancho de banda. Asimismo, como la estructura de antena está expuesta en la cara del pilar, el uso de múltiples antenas proporciona redundancia y opciones de recuperación en el caso de daño a una antena.

En referencia a continuación a la figura 19, se muestran los conjuntos de antena 60, 62 situados en el molde del pilar 14. El conjunto de antena superior 60 está flotando preferiblemente en el hormigón por encima de las varas 12 para impedir que cualquier fuente de entrada de agua alcance el esqueleto de varas tras la fabricación. La antena inferior 62 puede ser situada en la parte inferior del molde enrasada con la superficie inferior, y es sostenida en posición por el peso del hormigón que está siendo volcado. Otros tipos de conjuntos de antenas descritos anteriormente podrían utilizarse igualmente. Es posible asimismo situar los conjuntos de antena en paredes laterales opuestas del molde del pilar 14.

Un problema identificado con la instalación de sensores mostrada en las figuras 1-3 es que durante el hormigonado y asentamiento subsiguiente que utiliza un vibrador u otros medios, el potencial para dañar los sensores aumentó debido al montaje horizontal de los sensores sobre o entre las varas 12, presentando un gran perfil a través y sobre el cual el hormigón debe ser volcado y/o compactado.

Como se muestra en la figura 20, de acuerdo con la presente invención un conjunto de suspensión de barra en U 120, 120' se instala preferiblemente generalmente en vertical en el molde del pilar 14 con fin de facilitar un posicionamiento rápido, preciso y repetible de los sensores situados en el mismo. Preferiblemente, esto incluye un acelerómetro 122 y una galga extensométrica 124, que deben ser situados transversalmente en el núcleo del pilar. El conjunto de suspensión de barra en U 120, 120' está preferiblemente cargado por muelle y permite un posicionamiento repetible de los sensores en un centro del área de núcleo del molde del pilar 14 sin necesidad de mediciones manuales, a la vez que mantiene el acelerómetro en una posición perpendicular a la longitud del pilar con el fin de permitir unas medidas de aceleración precisas durante el hincado subsiguiente del pilar, y mantener asimismo la galga extensométrica en una posición paralela a un eje longitudinal del pilar para asegurar mediciones de deformación precisas.

En referencia a las figuras 21 y 22, se describirá en detalle un primer modo de realización del conjunto de suspensión de barra en U 120. El conjunto de suspensión de barra en U 120 incluye bastidores superior e inferior en forma de U 126, 128. Las patas del bastidor inferior en forma de U 128 son deslizantes en las patas del bastidor superior en forma de U 126. Unos muelles 130 se sitúan dentro de las patas del bastidor superior en forma de U 126 y empujan el bastidor superior en forma de U 126 alejándolo del bastidor inferior en forma de U 128. Una combinación de deflector/gancho superior 132 y uno o más ganchos inferiores 134 están cada uno incorporados a la base de los bastidores superior e inferior en forma de U 126, 128, respectivamente. El deflector/gancho 132 y el(los) gancho(s) 134 pueden estar fabricados de cualquier material adecuado que impida la corrosión galvánica y pueden tener cualquier forma adecuada que sea suficiente para acoplarse con las varas 12 cuando el conjunto de barra en U 120 se instala en una orientación generalmente vertical en el molde del pilar 14, como se muestra en la figura 22. El deflector/gancho superior 132 es preferiblemente lo suficientemente ancho para proteger el conjunto de galga/sensor de daños durante el hormigonado y el subsiguiente asentado/compactado por vibración.

Para su instalación, el conjunto de suspensión de barra en U 120 puede ser insertado entre las varas 12 con el (los) gancho(s) inferior(es) acoplado(s) en una vara inferior 12. El conjunto de suspensión de barra en U 120 es comprimido a continuación presionando el bastidor superior en U hacia abajo contra la fuerza de los muelles 130 de modo que las patas del bastidor inferior en U 128 sean recibidas telescópicamente dentro de las patas del bastidor superior en U 126. Una vez liberada la fuerza sobre el bastidor superior en U 126, los bastidores en U superior e inferior 126, 128 son empujados alejándose entre sí por los muelles 130 y la porción de gancho del deflector/gancho superior 132 puede acoplarse contra la cara inferior de una vara superior 12 en el molde del pilar 14.

En referencia de nuevo a las figuras 21 y 22, el conjunto de suspensión de barra en U 120 incluye además una pala de arrastre portadora 136 conectada al mismo. La pala de arrastre portadora 136 incluye preferiblemente rebordes de guiado 138 que hacen contacto con las patas de los bastidores superior e inferior en forma de U 126, 128 con el fin de posicionar la plataforma de montaje. Una porción superior de la pala de arrastre portadora 136 incluye preferiblemente una extensión 137 que está curvada en una forma generalmente de U con el fin de sostener y proteger un módulo de electrónica 159, mostrado en la figura 22. Alternativamente, esto puede ser una pieza separada o parte del alojamiento del módulo de electrónica.

Unos muelles de centrado 140 se proporcionan preferiblemente y tienen un primer extremo conectado al bastidor superior en forma de U 126 y al bastidor inferior en forma de U 128, respectivamente. Los segundos extremos de los muelles de centrado 140 están conectados a soportes 141 en los lados superior e inferior de la pala de arrastre portadora 136 y empujan la pala de arrastre portadora 136 hacia una posición generalmente centrada, independientemente de la distancia entre los ganchos 132, 134 en la posición instalada de las varas 12. Los soportes 141 están separados de modo que el conjunto de galga/sensor estará aproximadamente centrado en el pilar, preferiblemente mediante un espaciado igual "a" respecto a una línea central de la posición de montaje del conjunto de sensor/galga. Como se muestra en la figura 22, los vectores de fuerza para los muelles de centrado 140 tiene componentes de fuerza principal en Y. Sin embargo, en base a la disposición de montaje, existe asimismo la posibilidad de proporcionar una componente de fuerza en X que sostiene la pala de arrastre portadora 136 contra los miembros de bastidor en forma de U 126, 128. Los muelles de centrado 140 aseguran que la pala de arrastre portadora 136 está en una posición centrada repetible tras la instalación sin necesidad de que un instalador descienda entre las varas y mida y ajuste la posición de la pala de arrastre portadora 136. Los muelles de centrado 140 tienen una constante de muelle menor que la de los muelles 130. Una vez que el conjunto de suspensión está en su posición, la pala de arrastre portadora 136 es fijada y/o sostenida en la posición centrada utilizando ligaduras de alambre, fijaciones de manguera, tornillos de palomilla u otros dispositivos similares. Esto impide que el hormigón y/o la subsiguiente vibración/asentamiento desplacen la pala de arrastre portadora 136 de la posición de equilibrio del resorte.

Alternativamente, se pueden utilizar otros conjuntos de resortes, o los muelles de centrado 140 pueden ser omitidos y la plataforma de montaje puede ser instalada en el conjunto de suspensión de barra en U 120 mediante ligaduras de cable, alambres doblados, u otras fijaciones adecuadas, tales como aquellas mencionadas anteriormente.

Una plataforma de montaje 139 está conectada a la pala de arrastre portadora 136, preferiblemente mediante ataduras de cable, ataduras de alambre o similares. La plataforma de montaje 139 se alinea en posición sobre la pala de arrastre portadora 136, utilizando preferiblemente orificios de alineamiento, pestañas o medidas similares. El conjunto de

acelerómetro 122 está unido preferiblemente a la plataforma de montaje 139 con ligaduras de cable u otros tipos de conectores adecuados, tales como fijaciones mecánicas, epoxi, o cualquier otro medio adecuado. Alternativamente, la plataforma de montaje 139 puede ser omitida y sus elementos de montaje incorporados en la pala de arrastre portadora 136.

5 En referencia a las figuras 23 y 24, se muestra un segundo modo de realización del conjunto de suspensión de barra en U 120'. El segundo modo de realización 120' es similar al modo de realización 120, excepto en que se ha eliminado la necesidad de los muelles 130, y la plataforma de montaje 129 está eliminada incorporando su función en una pieza con la pala de arrastre portadora 136'. En el conjunto de suspensión de barra en U 120', los bastidores en U 126, 128 son deslizantes conjuntamente y separados del mismo modo que se discutió anteriormente. Sin embargo, el bastidor inferior  
 10 en U 128 incluye una serie de orificios en las patas que pueden ser alineados con orificios a las patas del bastidor superior en U 126 y fijados entre sí utilizando pasadores 133, que pueden ser pasadores, pernos, remaches o cualquier otra fijación adecuada. Los bastidores en U 126, 128 se ajustan para el espaciado concreto de varas 12 para un pilar 10 que se va a formar. Los pasadores 133 se instalan a continuación. Los ganchos inferiores 134' se forman de acero de muelle u otro material elástico adecuado. Durante su instalación, el conjunto de suspensión de barra en U 120' se inserta entre las  
 15 varas 12 y los ganchos de resorte inferiores 134' se acoplan con una vara inferior. Los ganchos de resorte 134' se flexionan elásticamente con el fin de permitir que el gancho superior 132 sea insertado bajo la vara superior 12 deseada en el molde 14, y a continuación empujan elásticamente el gancho superior 132 a su acoplamiento con la vara superior. Las propias varas proporcionan asimismo algo de elasticidad y pueden ser separadas elásticamente para permitir la instalación del conjunto de suspensión de barra en U. Los orificios a las patas del bastidor inferior en U 128 pueden ser  
 20 situados en las posiciones adecuadas para posiciones conocidas de varas estándar de una variedad de tamaños de pilar conocidos. La pala de arrastre portadora 136' con las galgas y sensores incorporados puede ser conectada a los bastidores en U 126, 128 en una posición centrada utilizando ligaduras de cable, pinzas, remaches o cualquier otra fijación adecuada.

Preferiblemente, el conjunto de acelerómetro 122 incluye preferiblemente un alojamiento 142, como se muestra en detalle  
 25 en la figura 26, que mantiene una cavidad hermética en la cual se mantiene el dispositivo de acelerómetro físico. El alojamiento 142 está fabricado preferiblemente de una pieza de alojamiento superior 144 y una pieza de alojamiento inferior 146 que definen una cavidad 148 para el dispositivo de acelerómetro físico en las mismas. Una junta tórica 150 se sitúa en un surco circunferencial en la pieza de alojamiento superior 144. Una vez que el dispositivo de acelerómetro físico es instalado en la cavidad 148, las piezas de alojamiento superior e inferior 144, 146 se montan, utilizando preferiblemente  
 30 un adhesivo para mantener las piezas 140, 146 unidas. Las piezas de alojamiento superior e inferior 144, 146 para el alojamiento del acelerómetro 142 están fabricadas preferiblemente de un material de polímero, tal como un policarbonato de bajo coste. Un canal 152 se forma preferiblemente alrededor de la periferia del alojamiento 142 lo que permite el alineamiento físico y montaje en la pala de arrastre portadora 136' o la placa de montaje 139, si se proporciona separadamente, utilizando una ligadura de cable recibida en el canal 152, como se muestra en las figuras 22-25.

35 Como se muestra en la figura 21, una abertura 154 se sitúa preferiblemente en la placa de montaje 139 en la cual se asegura el alojamiento del acelerómetro 142. La abertura 154 tiene paredes laterales en forma de V para su registro/alineamiento, de modo que el alojamiento del acelerómetro 142 es mantenido firmemente y de modo preciso en su posición mediante el alineamiento de los bordes circunferenciales periféricos del alojamiento 142 con las paredes en forma de V. Unas galgas se proporcionan preferiblemente en la placa de montaje 139 para que las ligaduras de cable se  
 40 extiendan a través de las mismas para la incorporación del acelerómetro. La abertura 154 permite asimismo que el hormigón utilizado para el pilar se forme alrededor del conjunto de acelerómetro 122 en su alojamiento 142, con el fin de asegurar que se recogen datos precisos por el acelerómetro. Alternativamente, como se muestra en la figura 24, el mismo tipo de abertura 154' se sitúa directamente en la pala de arrastre portadora 136' para permitir el montaje del conjunto de acelerómetro 122 del mismo modo.

45 La galga extensométrica 124 es instalada asimismo preferiblemente en pala de arrastre portadora 136' o la placa de montaje 139, si se proporciona como una pieza separada para su premontaje, utilizando ligaduras de cable. Como se muestra en la figura 21, una abertura 156 se proporciona preferiblemente a través de la placa de montaje 139 en el área de la galga extensométrica 124, de modo que el hormigón utilizado para el pilar pueda ser formado alrededor de la galga extensométrica 124 con el fin de asegurar que se recogen datos precisos por la galga extensométrica 124. Una abertura  
 50 similar 156' se proporciona asimismo directamente en la pala de arrastre portadora 136' en el modo de realización mostrado en las figuras 23 y 24.

Un módulo de electrónica 159 para la galga extensométrica 124 y el acelerómetro se incorpora asimismo preferiblemente en la pala de arrastre portadora 136, 136', como se muestra en las figuras 22 y 24. Alternativamente, este puede ser posicionado en cualquier otro sitio en el molde del pilar 14.

55 La placa de montaje 139 está formada preferiblemente a partir de un material de polímero, tal como Lexan<sup>TM</sup> o cualquier otro material de polímero adecuado. Los bastidores superior e inferior en forma de U 126, 128 están fabricadas preferiblemente de varillas de acero, tubo u otra estructura, y los ganchos 132, 134 están hechos asimismo

preferiblemente de un material metálico compatible, preferiblemente acero, y conectados a los bastidores superior e inferior en forma de U 126, 128 por medio de soldadura, remachado u otro medio adecuado. El gancho 134' está fabricada de acero de muelle o de un material elástico adecuado, como se discutió anteriormente. La pala de arrastre portadora 136, 136' está fabricada preferiblemente de un material metálico compatible tal como acero.

- 5 La utilización de los conjuntos de suspensión de barra en U 120, 120' permite una instalación rápida y fácil de un modo consistente y repetitivo con relación a las varas de pilar 12 de los sensores tales como una galga extensométrica 124 y un conjunto de acelerómetro 122, a la vez que se mantiene un alineamiento y posicionamiento precisos de modo que el acelerómetro es perpendicular a una longitud de y dentro del núcleo del pilar que está siendo formado, y la galga extensométrica 124 se extiende axialmente, en paralelo a una longitud de y dentro del núcleo del pilar que está siendo formado. El conjunto de barra en U 120, 120' está diseñado para proporcionar un alineamiento mecánico preciso del conjunto de galga/sensor en la pala de arrastre 136 con las varas 12 situadas de modo preciso en el molde del pilar 14 en base a la posición de las varas con el fin de asegurar una colocación precisa y repetible del conjunto de galga/sensor, preferiblemente en el centro del núcleo del pilar.

- 15 La figura 27 muestra el posicionamiento de los sensores 16 en el pilar 10, así como el posicionamiento del conjunto de antena/radio 60 y del conjunto de antena 62. Un único cable 170 se extiende entre los sensores de punta 16 y el alojamiento 61 para la transmisión de datos dentro del pilar 10. Los sensores 16 son posicionados preferiblemente utilizando el conjunto de suspensión de barra en U 120, 120' o cualquier otro sistema adecuado para sostenerlos en posición entre las varas 12. Al situar una antena en lados opuestos, siempre es posible recibir una señal de RF del pilar, independientemente de su orientación.

- 20 La figura 28 muestra un conjunto alternativo preferido del sensor y el sistema de transmisión de señales del pilar 10. Un paquete de sensores de punta 16b, que incluye preferiblemente un conjunto de acelerómetro 122 y una galga extensométrica 124, se sitúa cerca de la punta. Al menos una antena 18 se sitúa cerca de la parte superior del pilar, y un paquete de sensores 16a adicional se sitúa preferiblemente asimismo en o cerca de la parte superior del pilar. Asimismo, se indican posiciones preferidas para los paquetes de sensores superior y de punta 16a, 16b en base al tamaño del pilar. Preferiblemente, el paquete de sensores de punta 16b incluye una memoria no volátil (NVRAM) para almacenar datos históricos de la vida del pilar, datos de calibración de la galga y otros datos relativos al hincado del pilar. Este puede ser incluido en el módulo de electrónica 159 o posicionado separadamente.

- 30 Los paquetes de sensores 16a, 16b incluyen preferiblemente uno de los conjuntos de suspensión de barra en U 120, 120' con provisiones para sostener el conjunto de acelerómetro 122 y una galga extensométrica 124, que deben ser posicionados dentro del núcleo del pilar, así como la electrónica de acondicionamiento 159. Los conjuntos de suspensión de barra en U 120, 120' proporcionan un montaje más rápido y fácil de los sensores 16a, 16b, reduciendo el tiempo de montaje y los costes.

- 35 En el modo de realización preferido mostrado en la figura 28, un tubo 230, preferiblemente fabricado de material plástico, se extiende entre el paquete de sensores de punta 16b y el alojamiento del módulo de electrónica 61 del conjunto de antena/radio 60. El cable o alambre 231 que se extiende entre el paquete de sensores de punta 16b y el alojamiento del módulo de electrónica 61 discurre a través del tubo 130, como se muestra en la figura 29.

- 40 La figura 30 muestra una vista esquemática de este montaje sin el pilar 10. Un área ampliada o depósito 223 para una cantidad en exceso de alambre o cable 231 se sitúa cerca de o en el paquete de sensores de punta 16b. El área ampliada o depósito 223 puede tener asimismo la forma de un bulbo en el extremo del tubo 230, y está aislada del alambre o cable 281 que se extiende hacia el paquete de sensores 16b. Esto permite que alambre o cable en exceso 231 sea extraído de la cámara 283 para su empalme en el caso en el que la parte superior del pilar 10 sea cortada tras su instalación, de modo que el acelerómetro y la galga extensométrica 122, 124, incluyendo cualquier otro sensor y/o NVRAM situados en el sensor de punta 16b pueden ser conectados aun así a un nodo de monitorización en red para una monitorización continuada, como se explica en mayor detalle a continuación. Adicionalmente, se puede acceder a todos los datos almacenados en la memoria situada con la electrónica de acondicionamiento 159 para los sensores en el paquete de sensores de punta 16b.

Preferiblemente, el tubo 230 es atado de modo flojo a las varas 12 abajo del pilar 10 utilizando ligaduras de cable u otros conectores adecuados, como se muestra en las figuras 28 y 29, de tal modo que el tubo 230 esté sostenido generalmente en su sitio pero no pellizcado, y el cable o alambre 231 deslice en el tubo 230.

- 50 En referencia a la figura 31, se muestra una vista esquemática de un pilar 10 que muestra el eje troncal común de datos en forma del cable 170 o 231. De acuerdo con una vista general del sistema preferido de un modo de realización de la invención, un conjunto de acoplamiento inalámbrico a través de fibra óptica, RF, magnético o una conexión física se sitúa en las puntas y partes superiores de pilares de hormigón apilados (o empalmados) verticalmente, indicados como módulos de transceptor 260. Esto puede ser proporcionado como un módulo de receptor embebido en la punta de cada pilar y un módulo de transmisor embebido en la parte superior, y una conexión común mediante un enlace de cable o eje troncal para mover datos de la punta a la parte superior de un

pilar en un modo de transferencia. Alternativamente, los transceptores 260 pueden proporcionar datos bidireccionales, dependiendo de la aplicación particular.

5 Utilizando este montaje, los datos pueden ser transferidos y transmitidos para monitorizar un pilar bajo nivel o apilado a través de un pilar hincado encima de este. Esto permite la recogida de información (datos) de los diversos módulos de detección embebidos en el pilar conectados asimismo de modo común al eje troncal cableado. Preferiblemente, se proporciona un procedimiento para discernir en dónde se originaron los datos transmitidos, por ejemplo en el modo de nodos en red.

10 Adicionalmente, de acuerdo con la invención, se puede acoplar potencia entre estructuras utilizando una provisión especial del mismo interfaz. Esto proporcionaría una supresión automática de la fuente de potencia interna si está no fuera capaz de proporcionar suficiente corriente de funcionamiento. Debido a las localizaciones de funcionamiento (algunas veces muy alejadas), la fuente de potencia a todas las estructuras podría incluir asimismo energía solar obtenida del uso de paneles solares.

15 Opcionalmente, es posible proporcionar un puerto de conexión auxiliar de respaldo que permite la conexión de una fuente de potencia auxiliar, tal como una batería, en el caso de un fallo de la fuente de potencia interna. Unos tapones o conexiones externos para leer directamente los datos de los acelerómetros, galgas extensométricas, sensores de temperatura, y cualquier otro sensor pueden ser proporcionado a través del eje troncal cableado embebido en la estructura de hormigón en el caso de un fallo de un registrador de datos interno, acondicionador de señal o transmisor de modo que los datos de los sensores y galgas en la estructura de hormigón pudieran aún así ser recogidos en el caso de un fallo parcial del sistema.

20 Una electrónica de interfaz de radio que incluye multiplexado y control central de datos de sensor se proporciona preferiblemente en el alojamiento 61 o en otro alojamiento situado en el pilar, teniendo preferiblemente una tapa de acceso situada en la superficie del pilar.

25 Un identificador de pilar, que corresponde preferiblemente a la dirección de radio o dirección MAC (control de acceso al medio) para el transmisor, es almacenado en la memoria junto con la fecha de fabricación, fecha de calibración y detalles del sensor, configuraciones del sensor, ganancia, desfase, factor de galga, sensibilidad, número de lote, número de serie, proveedor, etc., junto con datos de verificación del sistema de control de calidad. Esta información inicial se almacena preferiblemente en la memoria no volátil situada con la electrónica de acondicionamiento de la galga de la punta y es aumentada adicionalmente durante la fabricación del pilar en una planta de prefabricación añadiendo información acerca del proceso de hormigonado del pilar, tal como planta de prefabricación, nombre/número del inspector, fecha de hormigonado, localización del pilar en el hormigonado, módulos de hormigón, peso específico de hormigón, longitud del pilar, diámetro u otra geometría, perfiles de temperatura (como se explica en más detalle a continuación) y/o precarga de deformación, que es recogida en la memoria para un uso posterior. Cualquier dato del hormigonado u otro histórico relativo a la formación del pilar puede ser recogido asimismo de modo que estará disponible posteriormente para ayudar en el proceso de hincado. La memoria es accesible preferiblemente por el forjador del pilar para probar y/o comprobar la radio antes y posteriormente al hormigonado con el fin de permitir el control de calidad y cualquier reparación necesaria anterior al envío y/o hincado del pilar. El inspector de la planta de prefabricado puede introducir asimismo parámetros de inspección críticos para que estén accesibles y se utilicen durante el hincado del pilar.

40 Todos los datos de la memoria pueden estar accesibles mediante transmisión de radiofrecuencia desde el pilar utilizando uno de los conjuntos de antena 60, 62 u otros tipos de conjuntos de antena indicados anteriormente que estén situados sobre el pilar.

45 Una vez en el emplazamiento de instalación, es posible asimismo cargar información en la memoria con relación a un emplazamiento GPS del pilar en el momento del hincado, si estuviera disponible. Esto puede ser vinculado a un mapa de propiedades del suelo conocido con el fin de utilizar los datos de hincado para verificar y/o determinar propiedades del suelo (con el pilar hincado actuando como una sonda del suelo) y/o para modificar el proceso de hincado.

50 Los datos de deformación y fuerza recogidos por la(las) galga(s) extensométricas 124 y el acelerómetro 122 durante el hincado del pilar pueden ser transmitidos por RF mediante uno de los conjuntos de antena 60, 62 para monitorizar dinámicamente el hincado del pilar a lo largo del proceso de hincado. Se puede proporcionar así información crítica de deformación interna absoluta durante el hincado frente al procedimiento anterior conocido de monitorización externa de la deformación relativa durante el hincado. Específicamente, la invención permite monitorizar la deformación absoluta real y utilizar esta información para asegurar que las fuerzas de hincado no superan un nivel que pudiera producir un estado de tensión no deseable en el pilar. Está información de compresión absoluta y estrés de tensión se utiliza preferiblemente para proporcionar una realimentación en tiempo real al operario del martillo o grúa con el fin de controlar selectivamente la energía del martillo y optimizar el proceso de hincado. Esta información puede ser utilizada asimismo para impedir el sobrehincado y el fallo subsiguiente del pilar al informar y proporcionar

realimentación de las lecturas e intervalos de deformación absoluta permisibles.

El inspector, fecha de hincado, fecha de re-golpeteo, si ocurriera, así como la tensión máxima pueden ser recogidos asimismo en la memoria. Estos datos están disponibles posteriormente y se pueden relacionar con cada pilar, y pueden ser marcados unívocamente en el tiempo y hacer seguimiento en la memoria de un modo similar al de una etiqueta RFID de lectura/escritura activa que pueda recibir y almacenar datos así como transmitir datos. Adicionalmente, el inspector de hincado, inspector de ingeniería civil, así como el operario de la grúa de hincado del pilar pueden acceder a los datos en la memoria de la electrónica de la unidad de sensor durante el hincado con el fin de comprobar o verificar información relativa al pilar y a su historia. Todos estos datos históricos del pilar están vinculados como un encabezamiento a los datos de hincado reales y pueden ser transmitidos junto con los datos de hincado a una base de datos de pilares para una monitorización adicional del ciclo de vida y/o a largo plazo, a los efectos de trazabilidad de QA/QC y contabilidad. Adicionalmente, estos datos pueden ser utilizados en conexión con análisis y comparaciones futuros para predecir defectos o fallos.

Así pues, todo el ciclo de vida del pilar es capturado en la memoria no volátil y puede ser accedido por transmisión de RF utilizando al menos uno de los conjuntos de antena 60, 62. Adicionalmente, en el caso de un fallo de la antena, la tapa del alojamiento 64 puede ser accedida desde la superficie del pilar 10, si fuera necesario, con el fin de proporcionar una conexión electrónica manual y/o sustituir la batería o el módulo de electrónica utilizado para alimentar la electrónica de la unidad de sensor.

La memoria adopta preferiblemente la forma de una RAM no volátil, EEPROM, u otro medio óptico o magnético en el que se puede escribir, y se accede preferiblemente y se controla mediante un controlador. Es posible asimismo que la memoria sea un módulo de memoria expandida utilizado en conexión con un módulo de RFID conocido. Preferiblemente, la electrónica de la unidad de sensor incluye una memoria no volátil que puede capturar datos relativos a los sensores así como otra información relativa al pilar que está siendo formado. Esto se utiliza en conexión con el seguimiento del ciclo de vida del pilar y sus datos relacionados.

De acuerdo con la invención, es posible asimismo comprobar la resistencia del hormigón y su estado de disponibilidad mediante un perfil de temperatura o curado dentro de la estructura de hormigón. Diversa normativa detalla este proceso (ASTM C 1074). Los perfiles de temperatura de curado pueden ser salvados asimismo en la memoria de la electrónica de la unidad de sensor proporcionando sensores de temperatura en el núcleo del pilar así como en la superficie externa. Asumiendo que las líneas de flujo de la temperatura de curado térmico varían tan sólo radialmente hacia fuera desde el núcleo del pilar y permanecen aproximadamente constantes en el mismo punto a lo largo de la longitud del pilar, estos datos pueden ser seguidos de modo preciso utilizando los sensores de temperatura del núcleo y la superficie con el fin de determinar un gradiente diferencial de temperaturas en el pilar para determinar cuándo alcanza el hormigón una resistencia de uso.

Asimismo se puede utilizar un programa para recoger información de la electrónica de detección y de los registradores de datos para su presentación a los usuarios en base a diversos roles establecidos, tales como forjador, inspector de planta de prefabricado, inspector de hincado, operario de la grúa, etc. El sistema se puede configurar preferiblemente para un papel como apoyo a otro. Por ejemplo, el inspector de ingeniería civil puede configurar el sistema para que envíe alarmas al inspector de hincado del pilar cuando se superen intervalos operacionales concretos (deformación, fuerza, capacidad, etc.). Esto puede ser aplicado al operario de la grúa o a otros usuarios con el fin de asegurar que se satisfacen criterios de hincado específicos o que se avisa de errores. El sistema puede asimismo hacer seguimiento, contar y transmitir golpes en base a un umbral de criterio.

Adicionalmente, al situar galgas tanto en la parte superior como en la punta del pilar 10 a una distancia conocida, pueden ser detectadas anomalías en la velocidad de onda y utilizadas para comparar frente a ciertos estados problemáticos predefinidos, tales como deformación excesiva, reflexiones de ondas provocadas por discontinuidades del material tales como un pilar con grietas, etc., utilizando firmas de datos asociadas. Cuando tales anomalías son detectadas o tiene lugar una identidad potencial de datos de anomalías, el operario puede ser notificado.

En un modo de realización preferido, el acelerómetro es de acoplamiento AC o servocontrolado por tensión DC para anular el efecto de corrimiento a cero encontrado habitualmente en acelerómetros piezoeléctricos. En la aplicación de la presente invención para un acelerómetro piezoeléctrico (PE) las siguientes condiciones únicas de aplicación son conocidas:

El pilar siempre comienza a velocidad igual a cero.

El evento que está siendo medido tiene un tiempo de ciclo total inferior a 200 ms.

El pilar siempre vuelve a velocidad igual a cero.

Como antes y después de la medida del evento la velocidad es igual a cero, y el evento que está siendo medido tiene lugar en un intervalo de tiempo predeterminado y conocido, un acoplamiento AC o el uso de un control de

tensión DC fijo utilizando una realimentación de servocontrol para la señal de acondicionamiento del acelerómetro previa a la captura de datos funciona alrededor del efecto de corrimiento a cero (o error) común a los acelerómetros PE. Esto proporciona una mejor calidad de datos del acelerómetro.

5 Utilizando la presente invención, toda la historia de un pilar junto con datos de hincado puede ser monitorizada y capturada. Aunque la presente invención hace referencia específicamente a datos de acelerómetro y de galgas de tensión que son capturados durante el hincado, estos son tan sólo tipos de datos preferidos, y se podrían utilizar asimismo otros tipos de sensores para capturar y proporcionar otros tipos de datos, tales como un sensor de temperatura de la punta que capture temperaturas durante el hincado, o sensores de punta y parte superior que se utilicen para hacer seguimiento de un gradiente de temperaturas del pilar. Asimismo se podrían utilizar otros tipos de sensores.

Aunque se utilizan preferiblemente baterías de larga vida en conexión con la electrónica de la unidad de sensor y la memoria, es posible asimismo proporcionar otras fuentes de energía, tales como carga inducida por vibración, energía solar u otros medios. Adicionalmente, se puede proporcionar acceso para incorporar una fuente de energía externa o sustituir la fuente de energía interna.

15 De acuerdo con la invención, es posible asimismo permitir la recuperación de la electrónica de interfaz de radio que incluye multiplexado y control central de datos de sensor retirando la tapa del alojamiento 64. Sin embargo, las galgas del sensor permanecerían embebidas y no recuperables en el sistema. Esto reduciría adicionalmente los costes del sistema al proporcionar unos medios de recuperación de una porción del sistema para su reutilización.

20 En referencia a continuación a la figura 32, en el caso en el que la parte superior del pilar 10 no esté cortada, de acuerdo con la invención el pilar 10 se configura para una monitorización a largo plazo retirando el módulo de radio del alojamiento del módulo de electrónica 61 del conjunto de antena/radio 60. Un nodo de monitorización en red de repuesto y alimentado externamente 314' se instala a continuación en el alojamiento 61 y se conecta a cualquier cable o alambre 231 disponible de la galga de punta/superior.

25 En referencia a continuación a la figura 33, el pilar 10 se muestra una vez hincado, con la parte superior del pilar retirada a una elevación cortada en base a los requerimientos de la aplicación. Con el fin de proporcionar una monitorización adicional a lo largo del ciclo de vida del pilar 10 y su subsiguiente incorporación a una estructura o cimientos y para poder acceder a información en la memoria situada con el paquete de sensores de punta 16b, el alambre o cable 231 puede ser extraído del depósito 233 una vez que la parte superior del pilar es cortada y puede a continuación ser empalmado a un conector o cable que está conectado a un nodo de monitorización en red 314, que puede estar embebido en una estructura de recubrimiento o situado de otro modo en la proximidad del pilar 10. Esto puede ser llevado a cabo por un técnico en la obra. Por consiguiente, si el pilar 10 es hincado y la parte superior es cortada, e independientemente de si esto ocurre por debajo de las galgas superiores 16a, existirá siempre una sección transversal del tubo 230 que contiene el cable 231 expuesto, como se muestra en la figura 33.

35 En referencia a continuación a las figuras 34 y 35, se proporciona monitorización del ciclo de vida de los pilares de acuerdo con la presente invención. Esto se lleva a cabo readaptando el conjunto de antena/radio 60 del pilar individual con una capacidad de nodo de monitorización en red. Esto proporciona un procedimiento para establecer una red de área local alimentada de pilares seleccionados 10 con los sensores activados y otros sensores. Estos nodos readaptados o puertos de datos pueden ser situados en el alojamiento del módulo de electrónica 61 antes de hormigonar la cubierta de hormigón 350, como se muestra en la figura 35, e incluye un mecanismo para autoconfigurar todos los nodos de pilar conectados en los pilares y estructuras de hormigón que constituye la cimentación y superestructura de transporte/edificación. Los nodos o puertos de datos se intercomunican preferiblemente utilizando un protocolo de red típico. Adicionalmente, se distribuye potencia por el sistema a todas las galgas/sensores que están siendo monitorizados. Alternativamente, la distribución de potencia y la funcionalidad de red pueden ser combinadas.

45 De acuerdo con la invención, el personal de construcción sustituirá o aumentará los puertos de datos del pilar existentes situados en el alojamiento del módulo de electrónica 61 con una red de cable que proporciona potencia y conexión de cable para la transferencia de datos. Los nodos que se añaden a esta red se autoconfiguran e informan preferiblemente ya sea en una configuración P2P o en una configuración de maestro-esclavo. La red y/o el cableado proporciona redundancia y direccionabilidad para asegurar que al menos un subconjunto de los pilares conectados está disponible y/o accesible.

Estos nuevos pilares 10 en red que constituyen una cimentación pueden ser conectados a una red o enlace de telemetría más grande tal como una red GPRS, de banda ancha por cable, red de comunicaciones a través de la red eléctrica, etc. 312, como se muestra en la figura 35.

55 Información histórica de vida relativa a cada pilar 10 (incluyendo los detalles/resultados de la instalación dinámica) se transferirá lógicamente de los pilares 10 y el paquete de sensores de punta 16b que proporcionan ahora

monitorización a largo plazo.

Toda la información cargada telemáticamente del hincado y para monitorización a largo plazo del pilar 10 se mantendrá en un repositorio central remoto para su revisión, monitorización, e información.

5 El sistema proporciona asimismo unos medios para retener la información de direccionamiento único de una radio dada, preferiblemente enlazándola lógicamente al identificador de dirección del sensor, o mediante otros medios de sincronizar o mapear el identificador de radio que es sustituido con el identificador del eje troncal del nodo de monitorización en red de sustitución 314.

10 La conectividad del(de los) sensor(es) actual(es) del pilar 122, 124 al nodo de monitorización en red 314 se consigue utilizando una señalización diferencial de baja potencia para los pilares 10. Aunque más tolerante a las interferencias de radio y materiales, una arquitectura de señalización digital eliminaría mejor cualquier ocasión de interferencia y desacoplamiento de los módulos de radio/monitorización respecto a la función de transferencia del transductor. De acuerdo con la invención, una arquitectura de bus digital se utilizará para todos los sensores utilizados en el sistema. En esta configuración:

15 – los detalles de los sensores y la información de calibración se mantienen en la electrónica de acondicionamiento del sensor de punta, proporcionando el bus digital unos medios para comunicar calibración del sensor y datos de sensor y todos los contenidos de la NVRAM;

– un bus compartido se utiliza para permitir que múltiples galgas y diversos tipos de galgas identificados unívocamente compartan el mismo eje troncal cableado físicamente;

20 – un protocolo de bus de alta velocidad y eficiencia energética se utiliza para abordar el volumen de datos de cada una de las galgas;

– un sistema inteligente “plug-and-play” se utiliza para permitir utilizar múltiples configuraciones de galgas, identificando automáticamente y autoconfigurando en base a las galgas presentes;

25 – en el caso de que el módulo de radio/monitorización 60 deba ser retirado, la configuración/calibración de las galgas y el histórico de vida del pilar 10 son retenidos o duplicados por la electrónica (tal como una NVRAM) proporcionada con la electrónica del sensor de punta 16b para un uso continuado por el módulo de monitorización en red de sustitución 314.

30 La invención proporciona capacidad de monitorización a largo plazo a través de los datos de la galga de punta así como los datos almacenados en la electrónica de control NVRAM, independientemente de la configuración final del pilar. Además de los modos de monitorización en red 314 encapsulados en la cubierta 350, se pueden situar asimismo en la cubierta 350 galgas extensométricas y otros sensores, y conectarlos con nodos de red adicionales para galgas de cubierta y sensores. Esto puede ser conectado con la pasarela 312 de modo que los datos de cubierta puedan ser capturados y transmitidos junto con datos del pilar. Se pueden proporcionar asimismo capacidades de monitorización adicionales, por ejemplo para monitorizar estructuras adicionales, tales como un muelle o un lecho de carretera situado sobre la cubierta 350 mostrada en la figura 35. Estas capacidades de monitorización adicionales pueden ser llevadas a cabo proporcionando nodos con capacidades de red autoadaptativas. Así pues, monitorizar todos estos elementos en una estructura dada puede ser llevado a cabo a través del uso de una topografía de red apilable construida sobre el sistema de monitorización de pilar básico descrito en detalle aquí. Esto proporciona un sistema o estructura en la que los sensores del pilar están cableados junto con otros sensores en una cubierta, que a continuación es cableada junto con otros sensores en un muelle, que a continuación es cableado junto con otros sensores en un lecho de carretera, proporcionando finalmente datos para una estructura parcial o completamente integrada (incluyendo uno o más de los componentes señalados y/o otros componentes estructurales) mediante un enlace de telemetría.

45 En referencia a continuación a la figura 36, se proporcionan unos medios mejorados para determinar la penetración de un pilar y finalmente la capacidad de soporte de carga del pilar de acuerdo con la invención. Los medios actuales para determinar la penetración de un pilar (y finalmente su capacidad) de un pilar de hormigón implican realizar manualmente marcas en un lado del pilar y un inspector que es responsable de contar los golpes de martillo del pilar (mediante un contador de golpes) y anotar el movimiento/penetración de estas marcas que se mueven más allá de un marcador de referencia en altura. Este proceso requiere esfuerzo e implicación del personal a lo largo de transcurso del hincado. La presente invención puede contar automáticamente de modo preciso los golpes de martillo mediante la excitación de las galgas 122, 124 más allá de un umbral establecido en el pilar 10 internamente o a partir de señales recibidas e interpretadas mediante un dispositivo de seguimiento/monitorización, tal como una estación de trabajo del pilar (SPW) 320, que es un sistema de control centralizado que recoge datos de hincado en tiempo real de sensores y galgas en los pilares 10, interacciona con el sistema de penetración del pilar de detección de altura, descrito a continuación, hace seguimiento del número de golpes (interna o externamente) y calcula y

sincroniza los golpes por desplazamiento con los datos dinámicos recogidos durante el hincado del pilar para comunicar información al inspector en tiempo real para controlar el hincado así como para proporcionar datos de capacidad de carga del pilar en tiempo real.

5 El seguimiento del desplazamiento del pilar 10 de acuerdo con la invención puede ser llevado a cabo mediante uno de diversos procedimientos.

10 En un primer procedimiento, un láser lidar de “tiempo de vuelo” y concepto de triangulación se utiliza acoplado con una SPW 320. En esta configuración, un sistema de láser lidar 322 se proyecta en primer lugar hacia una elevación de referencia con relación a un pilar vertical 10 para determinar el lado contiguo de un triángulo rectángulo A. El sistema lidar 322 a continuación pivota hacia la cara de un pilar vertical hasta un punto de referencia 324 cerca de la parte superior del pilar 10 para determinar la hipotenusa C del triángulo rectángulo. La altura vertical del pilar 10 por encima de la elevación de referencia se basa en la distancia B de la elevación de referencia hasta el punto de referencia 324 situado a una distancia X conocida hacia abajo con relación a la parte superior. Conociendo la longitud global L del pilar 10, así como la distancia calculada dinámicamente B y la distancia X, la penetración del pilar P por debajo del elevación de referencia puede ser calculada fácilmente. El cambio en altura puede ser determinado fácilmente en base al cambio en C.

15 El marcador de referencia 224 en la parte superior del pilar 10 estaría construido para facilitar el seguimiento vertical automático en el caso de un pilar vertical y un ajuste autoalineado mediante el cabezal lidar pivotante (a través de un sistema de servocontrol monitorizado). Una línea retrorreflectante o un objeto especular podrían ser utilizados.

20 El sistema lidar 322 compensaría continuamente bloqueando el marcador de referencia 124 para el movimiento hacia abajo de la diana del marcador de referencia a medida que el pilar es hincado. El sistema proporciona dinámicamente datos en bruto en tiempo real de altura calculada del pilar B o penetración calculada del pilar P a un dispositivo de monitorización de seguimiento SPW 320. Esto utilizado en conjunción con conteo de golpes derivado del sistema de galga interno se utilizaría para calcular/recoger/seguir los golpes/pies, proporcionando un seguimiento completamente automatizado.

25 Alternativamente, el lidar se proyecta hacia un punto común en la parte superior del pilar 10, que incluye la posibilidad de situar el marcador de referencia en el martillo o cubierta, tras haber obtenido una distancia perpendicular a la superficie del pilar recto (longitud) en la elevación de referencia. La penetración del pilar se determina de modo continuo mediante la sustracción de la altura medida del pilar por encima de la elevación de referencia (determinada por triangulación) de la longitud global del pilar L. Un sistema de barrido de reposicionamiento vertical (en el caso de pilares que se extienden verticalmente) se utiliza preferiblemente para tener en cuenta una altura que se acorta continuamente. Es posible asimismo que el sistema sea capaz de barrer el pilar de arriba a abajo para determinar el ángulo del pilar recto y proyectarse a un punto no ortogonal al pilar en la elevación de referencia y a continuación utilizar técnicas trigonométricas conocidas para determinar los datos necesarios. Esto puede ser acoplado con el SPW 320 para sustituir la necesidad de que un inspector recoja físicamente datos de hincado del pilar. El SPW 320 cuenta o hace seguimiento de los golpes y sincroniza estos datos con relación a los datos de penetración del pilar para calcular a continuación los golpes por desplazamiento en base a la penetración calculada del pilar P.

40 Alternativamente, una cámara de tiempo de vuelo de sensor de infrarrojos podría ser utilizada para detectar y referenciar el centroide de un punto predeterminado en el martillo o el pilar, tal como el amortiguador del pilar, utilizando imagen térmica. Adicionalmente, un sistema de cámara pivotante que utiliza detección de imágenes 3D y reconocimiento de patrones podría ser utilizado asimismo como un identificador de dianas para sustituir al cabezal lidar referido anteriormente.

45 Un segundo procedimiento de determinar la profundidad de penetración del pilar hincado es mediante el uso de altímetros barométricos, como se muestra en la figura 37. Dos altímetros barométricos 340, 342 proporcionan dos mediciones cada uno: presión barométrica y altitud. En general, cuando se mide la altitud, los altímetros barométricos pueden ser utilizados durante periodos cortos de tiempo tras su calibración, y son recalibrados constantemente para eliminar los cambios de presión barométrica provocados por patrones de tiempo cambiantes. Algunos sistemas hacen esto obteniendo información de altitud de satélites GPS, conociendo que la diferencia es la presión barométrica. De acuerdo con la invención, un altímetro barométrico digital 340 es montado en el pilar 10 o en el martillo o cubierta (con comunicación autónoma), y se monta preferiblemente de modo retirable en el alojamiento del módulo de electrónica 61 e interactúa con uno de los canales digitales de radio. La altura B se determina a continuación comparando diferencialmente los datos transmitidos por el altímetro 340 montado en el pilar o el martillo con otro altímetro barométrico 342 montado abajo en la elevación de referencia fija (u otra elevación conocida), tal como la cuerda de marcado de profundidad del pilar anterior. Medir las salidas de los altímetros 340, 322 diferencialmente elimina efectivamente el modo común o presión barométrica absoluta de la ecuación, y proporciona una altitud localizada puramente diferencial o una lectura de presión barométrica relativa durante el transcurso del hincado. Se recogen preferiblemente datos en bruto mediante un dispositivo de monitorización 344 que recibe las

señales de ambos altímetros 340, 342 de modo similar al descrito anteriormente. La altura es suministrada por los altímetros o calculada en la SPW 320. Preferiblemente, los altímetros 340, 342 están calibrados relativamente entre sí a la misma elevación antes de su uso para eliminar errores de tolerancia. La comunicación de los altímetros 340, 342 puede ser al dispositivo de monitorización 344 utilizando conexiones inalámbricas o por cable y/o puede ser directamente con la SPW 320 utilizando el conjunto de radio/antena 60 del altímetro 340 montado en el pilar y una conexión separada por cable o inalámbrica del altímetro de elevación de referencia 342, dependiendo de la ubicación. El altímetro inferior 322 puede ser situado alejado del pilar 10 en emplazamiento de construcción en tanto en cuanto se mantenga en la elevación de referencia.

Aunque estas aproximaciones asumen que los pilares son hincados colinealmente con la gravedad, se pueden realizar correcciones y ajustes mediante el uso de un inclinómetro y triangulación para el caso de pilares en ángulo. Esto es habitual para pilares que transportan cargas laterales elevadas ser hincados en un ángulo de hasta  $45^\circ$  (pilares de tracción). En este caso, se utiliza un inclinómetro para determinar ángulos de compensación y la profundidad de penetración se calcula utilizando técnicas trigonométricas conocidas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para formar un pilar (10) con capacidad de monitorización inalámbrica, que comprende:  
insertar un paquete de radio (60) en una posición tal que un paquete de radio (60) estará dentro de un área del pilar;  
conectar un paquete de sensores (16a, 16b) al paquete de radio (60) utilizando alambres o cable (170),  
5 caracterizado por  
situar varas (12) en un molde del pilar (14);  
insertar el paquete de sensores (16a, 16b) entre las varas (12) y utilizar las varas (12) para posicionar sensores (122, 124) del paquete de sensores (16a, 16b) en un área de núcleo del pilar;  
10 situar una antena (18, 26, 52, 57) en un recinto de antena (60) en una posición tal que el recinto de antena (60) esté embebido enrasadamente con al menos un lado del pilar (10) cerca de una parte superior del pilar (10); y  
hormigonar el molde del pilar (14) para embeber el paquete de sensores (16a, 16b), el paquete de radio (60) y la antena (18, 26, 52, 57).
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:  
15 asegurar el paquete de sensores (16a, 16b) en su sitio utilizando un conjunto de soporte cargado por muelle (120) que está insertado generalmente en vertical en el molde del pilar (14) y se acopla con al menos dos varas opuestas de las varas (12) mediante la fuerza de resorte;  
conectar el paquete de sensores (16a, 16b) a la antena (18, 26, 52, 57) a través de la radio (60) utilizando alambres o cable (170).
3. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende además  
20 proporcionar el conjunto de soporte cargado por muelle (120) que tiene bastidores superior e inferior en forma de U (126, 128) que están conectados entre sí, al menos un miembro de acoplamiento con las varas (132, 134) que está situado en cada uno de los bastidores (126, 128) para acoplarse con las varas del pilar (12); y  
una pala de arrastre portadora (136) para recibir los sensores (122, 124) conectados con al menos uno de los bastidores en forma de U (126, 128).
- 25 4. El procedimiento de la reivindicación 3, que comprende además:  
la pala de arrastre portadora (136) que comprende una placa de montaje (139) para los sensores (122, 124); e  
incorporar los sensores (122, 124) a la placa de montaje (56).
5. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que al menos uno de los miembros de acoplamiento con las varas (132, 134) está formado de un material elástico para acoplarse elásticamente con las varas del pilar (12).
- 30 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los sensores (122, 124) comprenden al menos una galga extensométrica (122) y un acelerómetro (124).
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el paquete de sensores (16a, 16b) comprende unos paquetes de sensores primero y segundo (16a, 16b), comprendiendo el procedimiento además:  
35 situar un primer paquete de sensores (16b) en una posición cerca de una punta del pilar (10) que se está formando;  
y  
situar el segundo paquete de sensores (16a) cerca de una parte superior del pilar (10) que se está formando, estando conectados ambos paquetes de sensores (16a, 16b) a la antena (18, 26, 52, 57);  
situar un tubo (230) entre el primer paquete de sensores (16b) y la antena (18, 26, 52, 57) en la parte superior del pilar (10);
- 40 proporcionar una cámara de depósito de alambre o cable en exceso (233) en un extremo de punta del tubo (230); y  
proporcionar un exceso de cable o alambre (231) en el depósito (233) que puede ser extraído del depósito (131).
8. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además proporcionar una electrónica de

acondicionamiento (159) asociada con el paquete de sensores (16a, 16b).

9. Un conjunto de soporte cargado por muelle para su uso en el procedimiento de la reivindicación 3, que comprende:

bastidores primero y segundo en forma de U (126, 128) conectados entre sí;

- 5 al menos un miembro de acoplamiento con las varas (132, 134) situado en cada uno de los bastidores en forma de U (126, 128) que se alejan entre sí y que tienen una boca abierta para acoplarse con varas de refuerzo opuestas o barras de un pilar de hormigón (10) bajo una fuerza elástica antes del hormigonado; y

un portador deslizante (136) unido a los bastidores (126, 128) para soportar al menos una galga (124).

- 10 El conjunto de la reivindicación 9, en el que al menos uno de los miembros de acoplamiento con las varas (132, 134) está formado de un material elástico.

11. El conjunto de la reivindicación 9, en el que los bastidores primero y segundo en forma de U (132, 124) están empujados alejándose entre sí; y

unos muelles de centrado (140) se extienden entre el portador deslizante (136) y el bastidor para centrar el portador deslizante en los bastidores en forma de U (126, 128),

- 15 incluyendo el portador deslizante (136) provisiones (139) para incorporar sensores (122, 124).

12. El conjunto de la reivindicación 9, que comprende además

una primera abertura (148) con al menos dos paredes laterales en forma de V para su alineamiento con un primer alojamiento del sensor (122) situado en el portador deslizante (136) o una placa de montaje (139) conectada al mismo; y

- 20 una segunda abertura (154) definida en el portador deslizante (136) o en la placa de montaje (136) conectada al mismo para un segundo sensor (54).

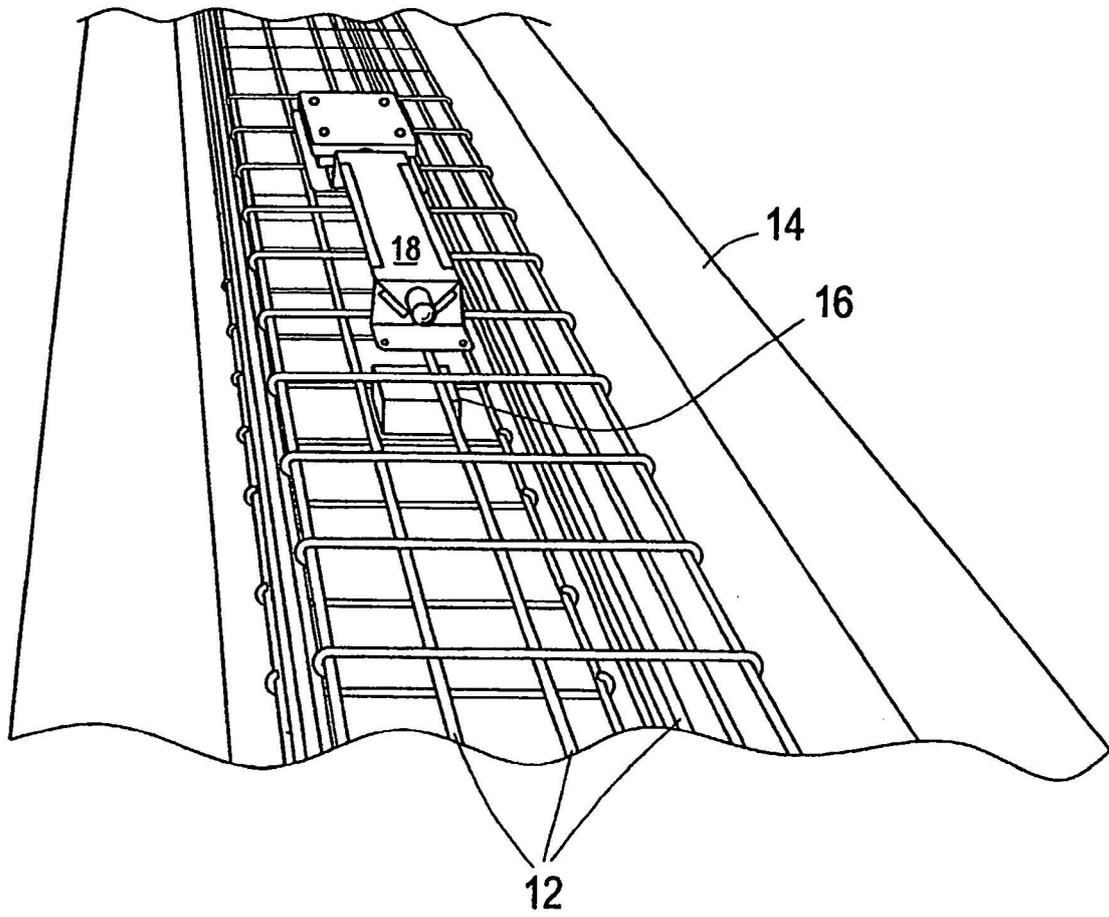


FIG. 1

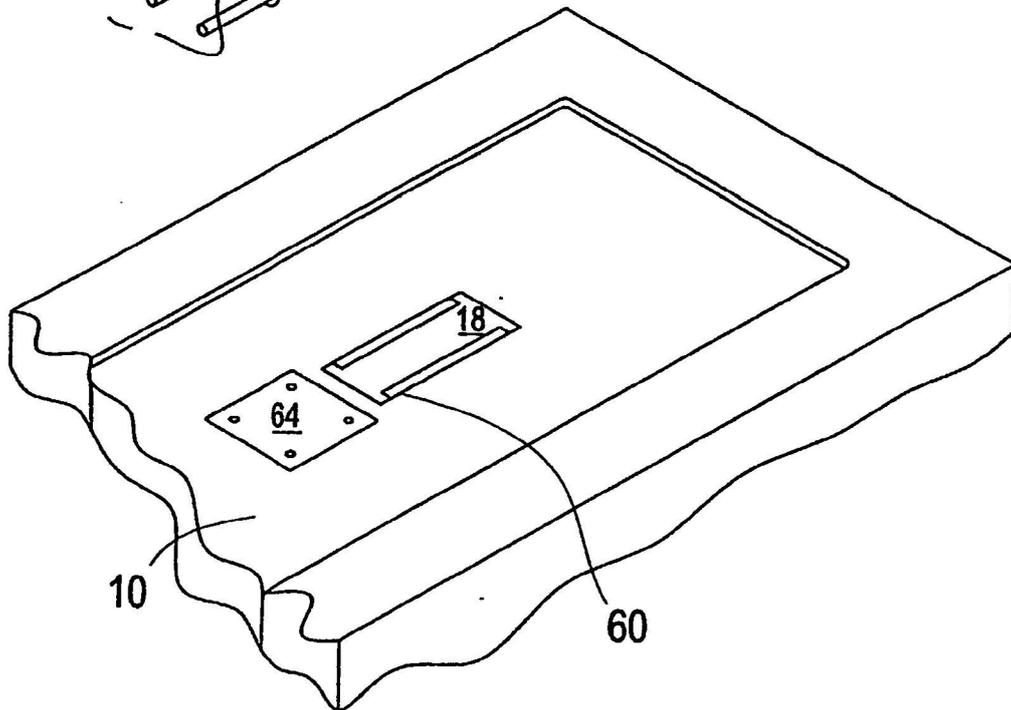
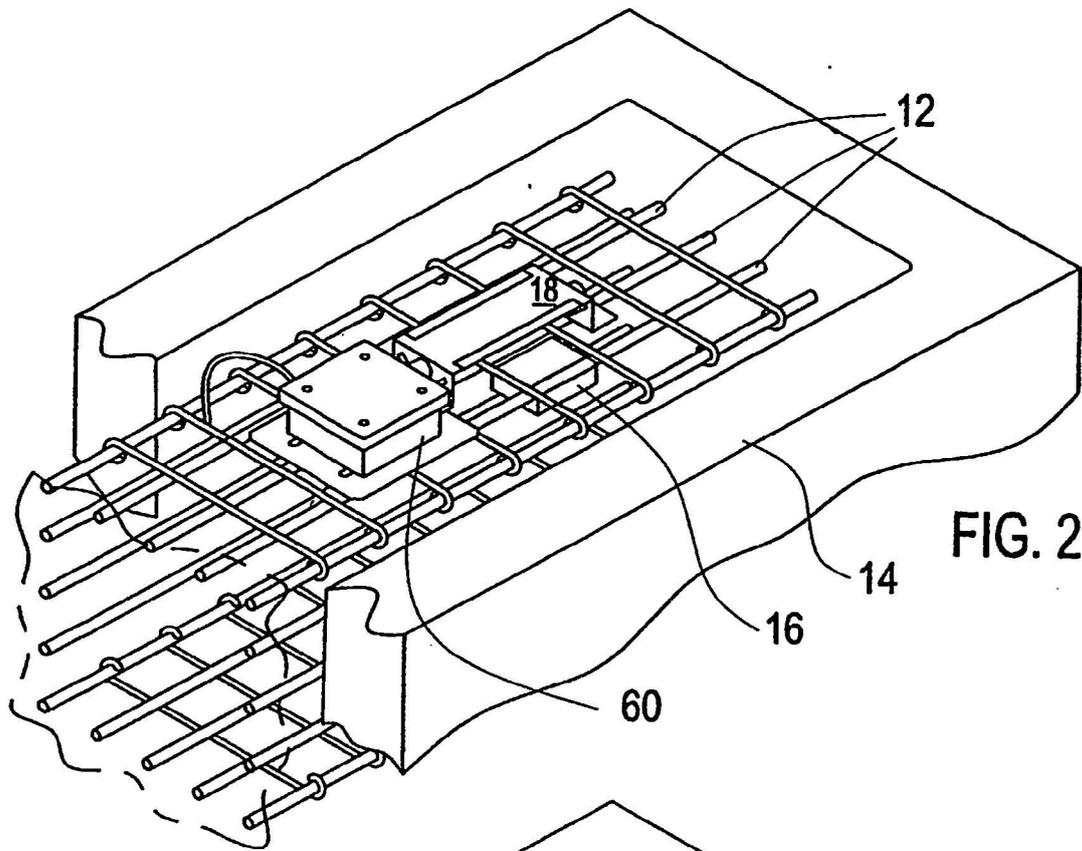


FIG. 3

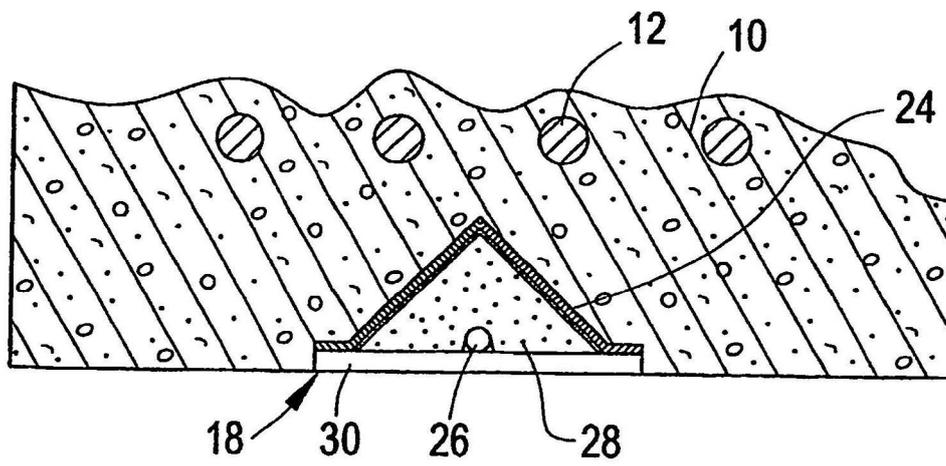
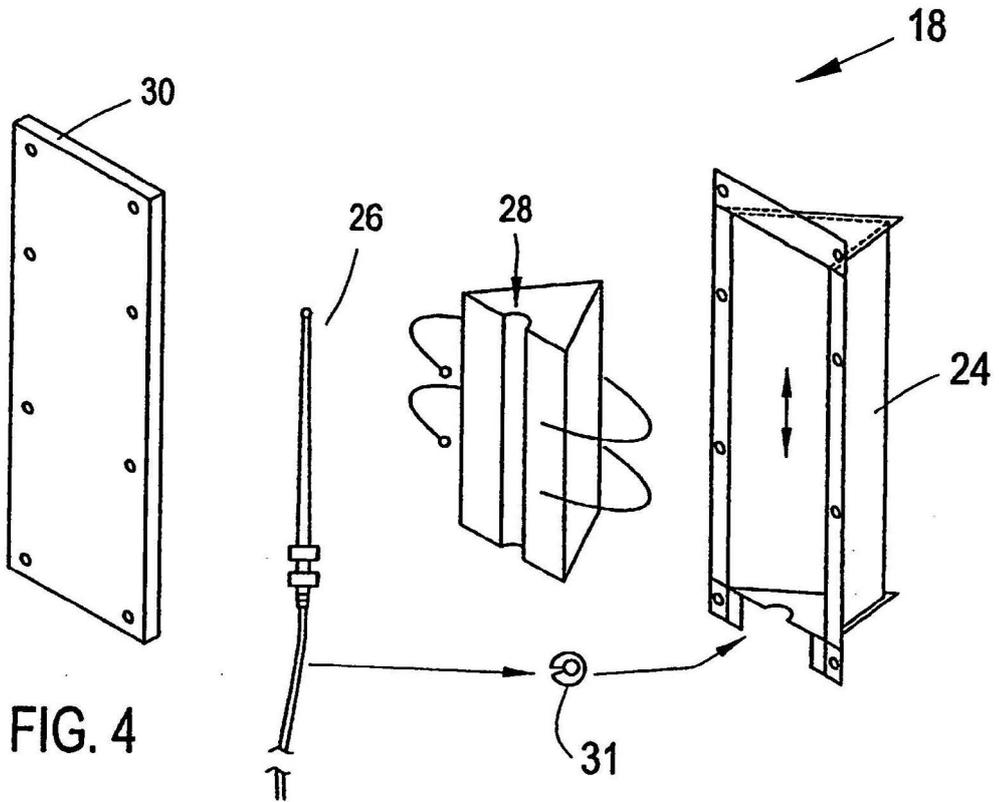


FIG. 5

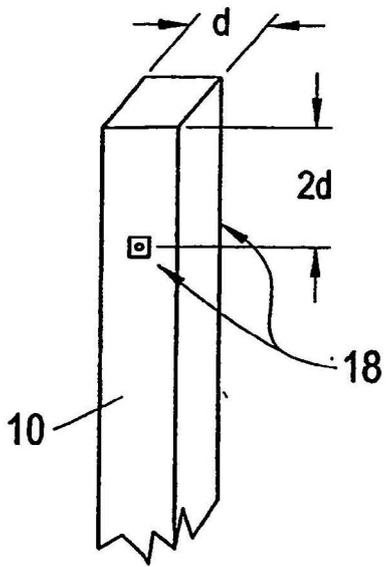


FIG. 6

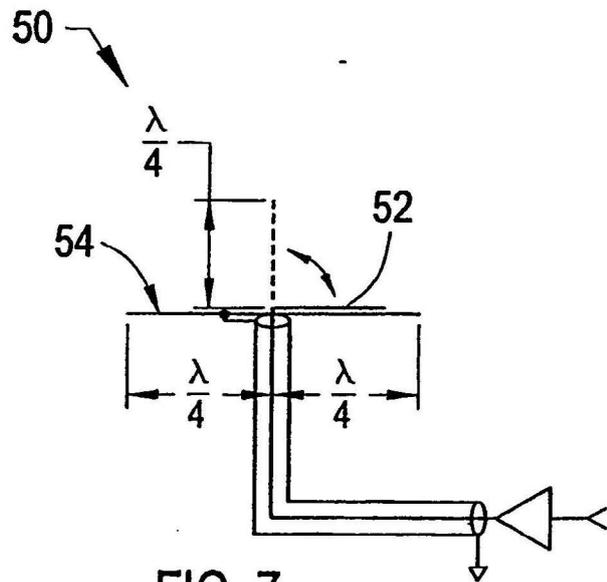


FIG. 7

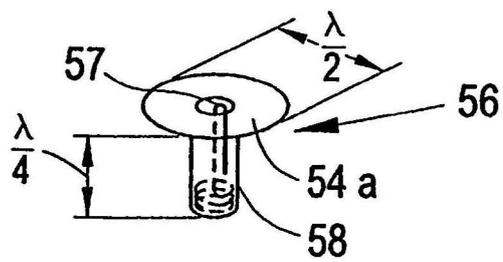


FIG. 9

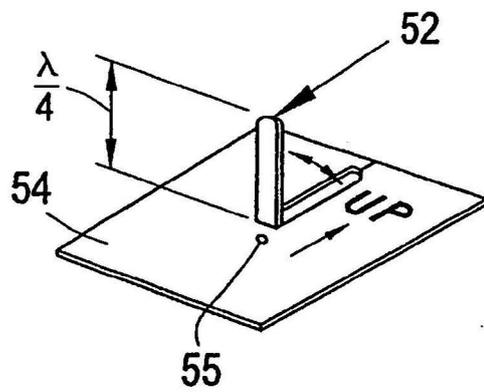
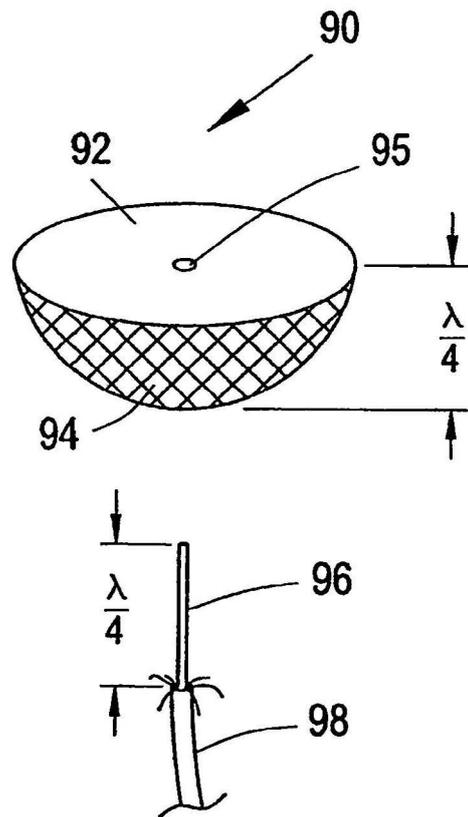
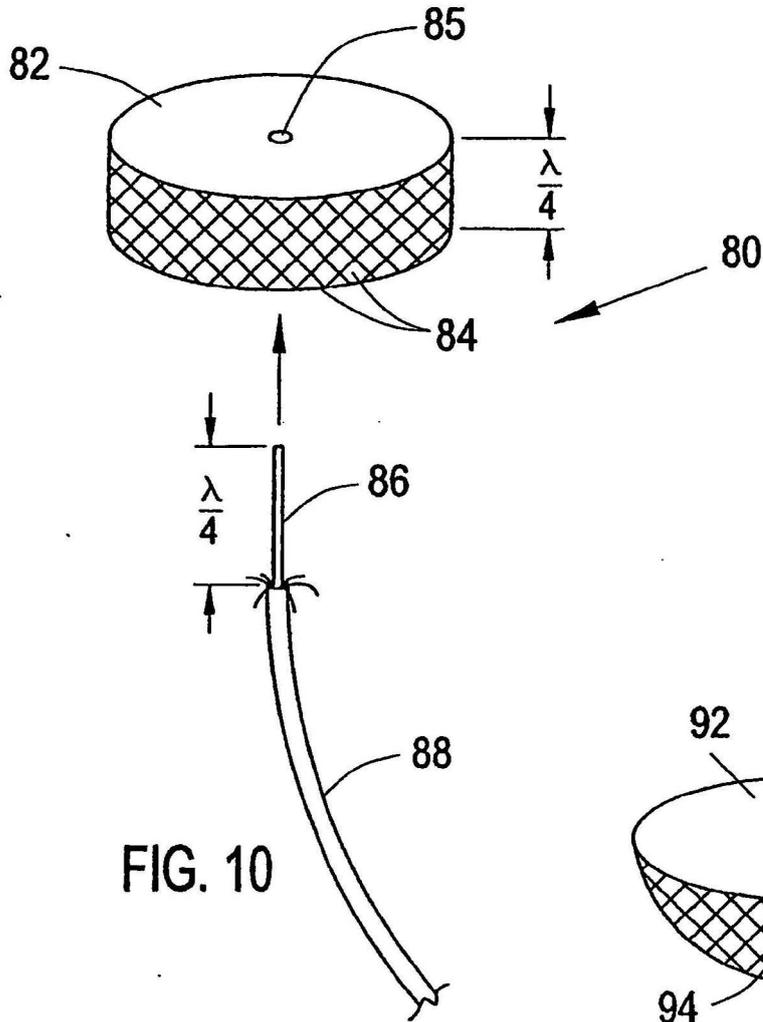
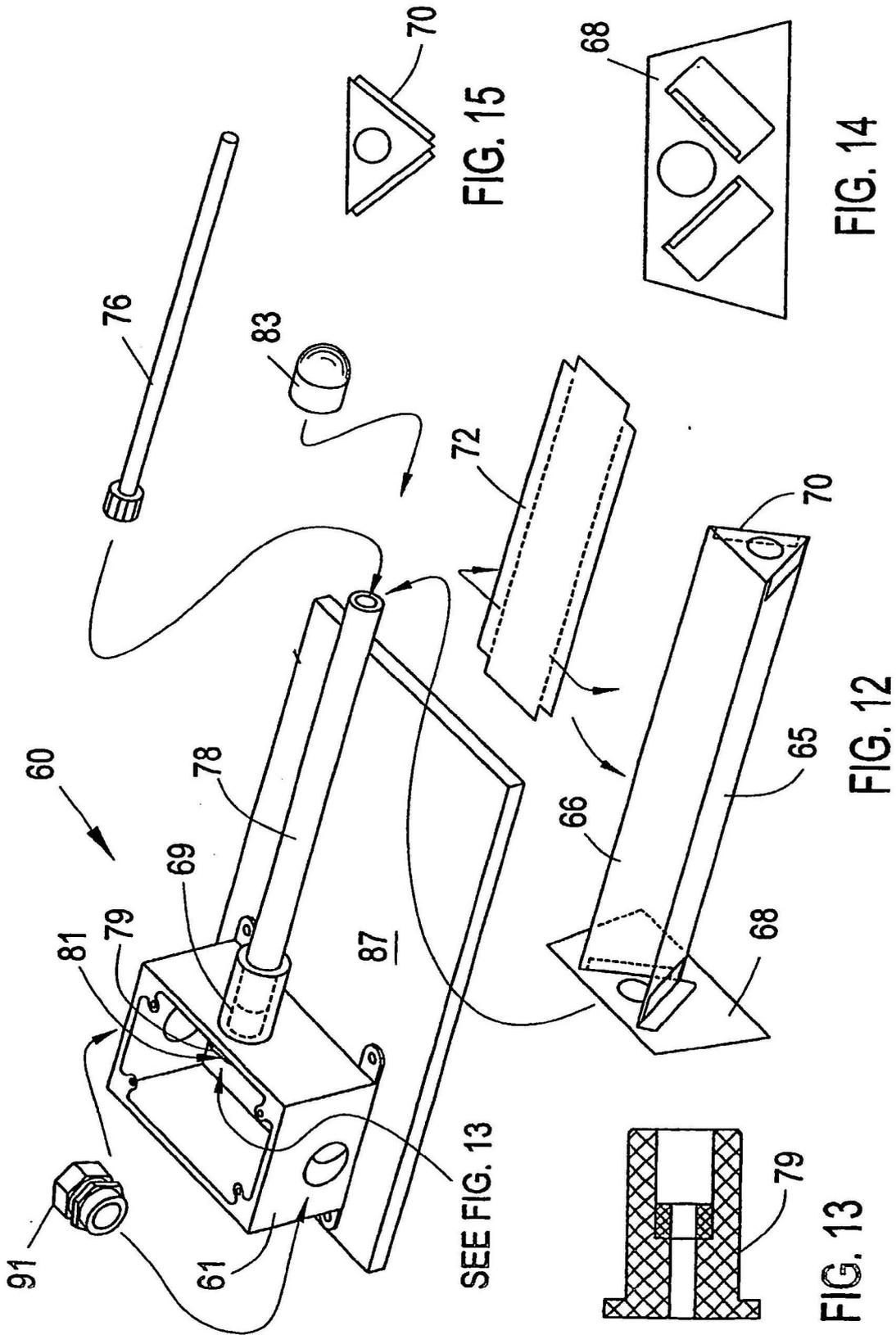


FIG. 8





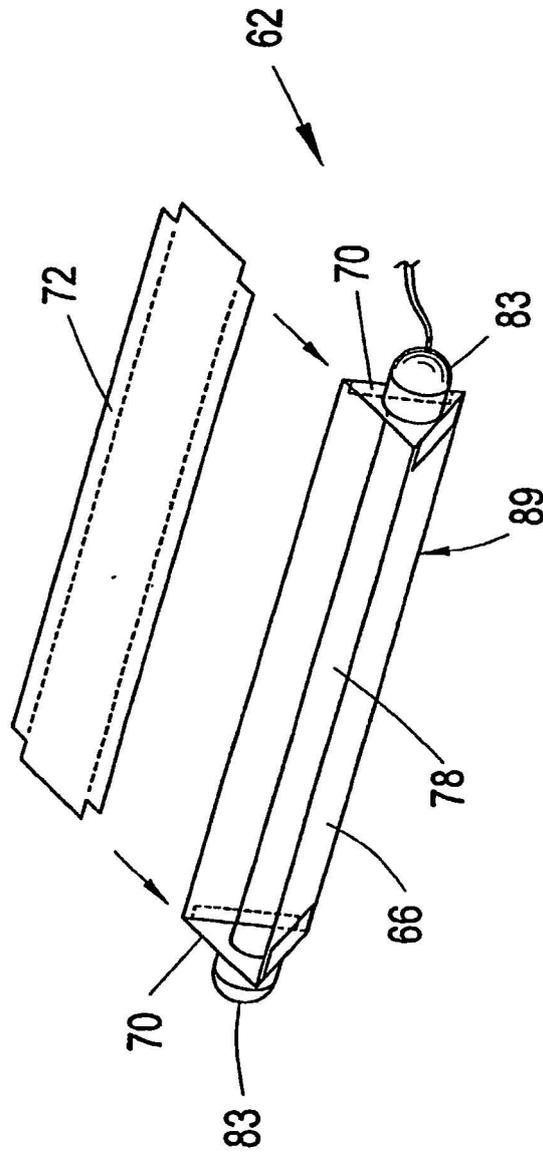


FIG. 16

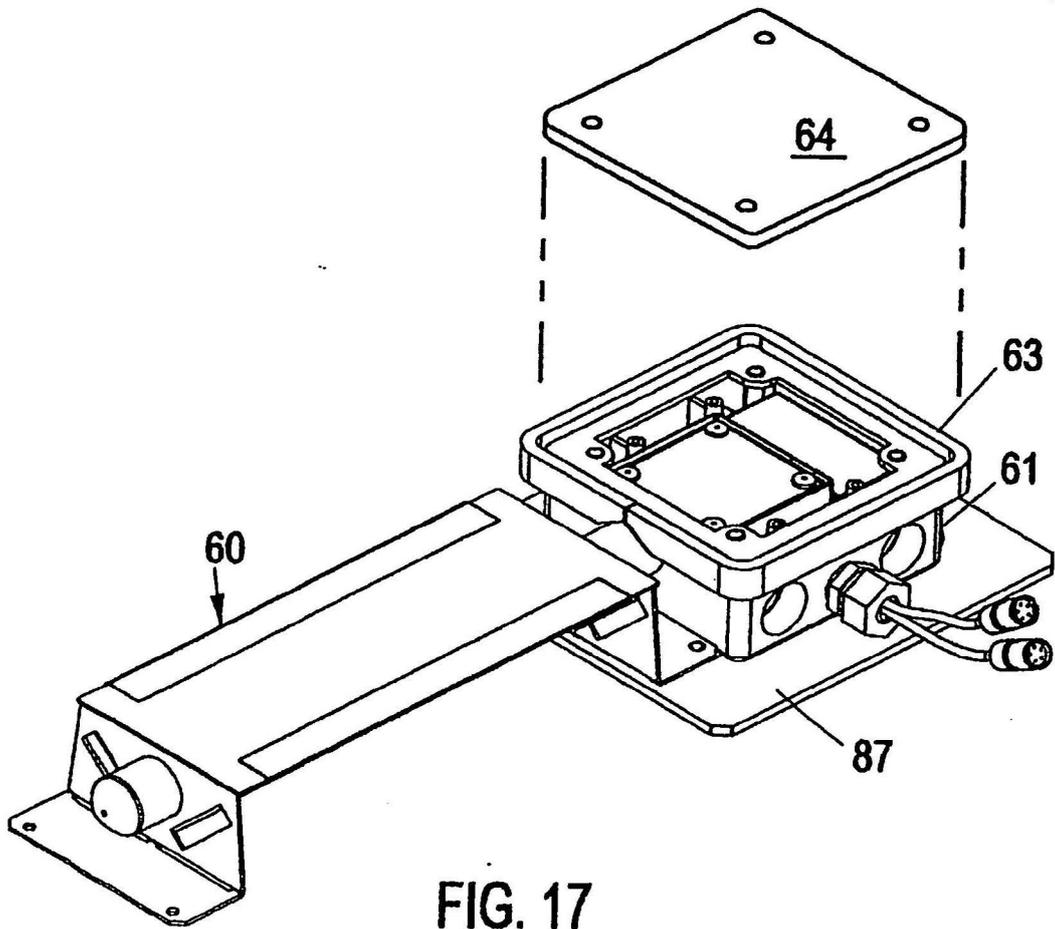


FIG. 17

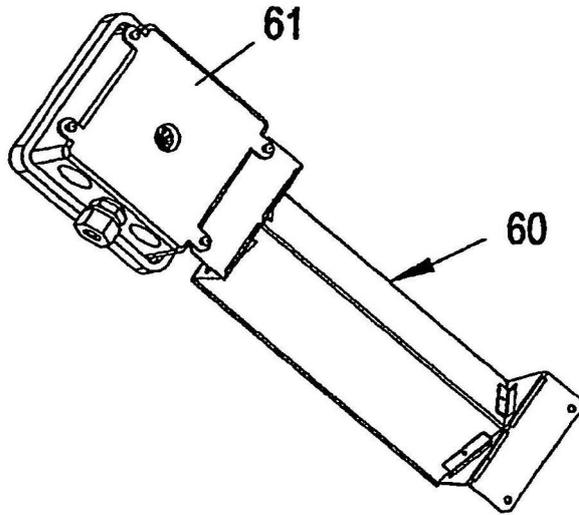


FIG. 18

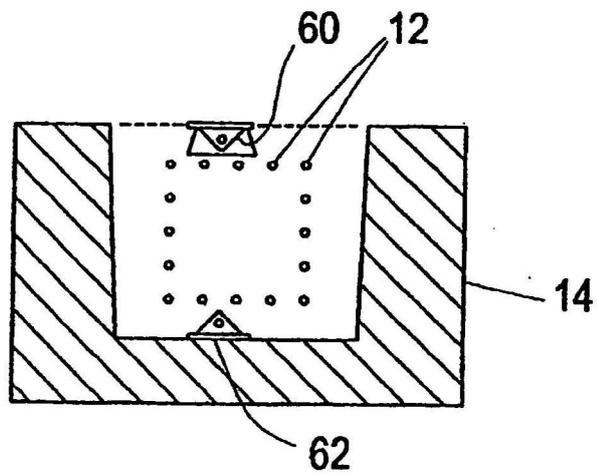


FIG. 19

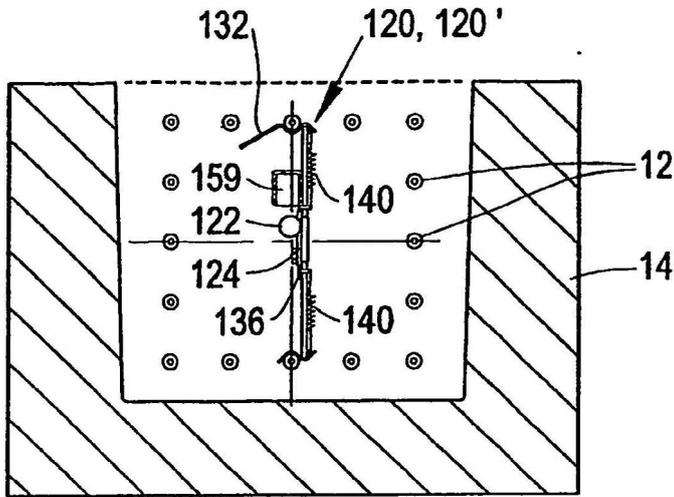


FIG. 20

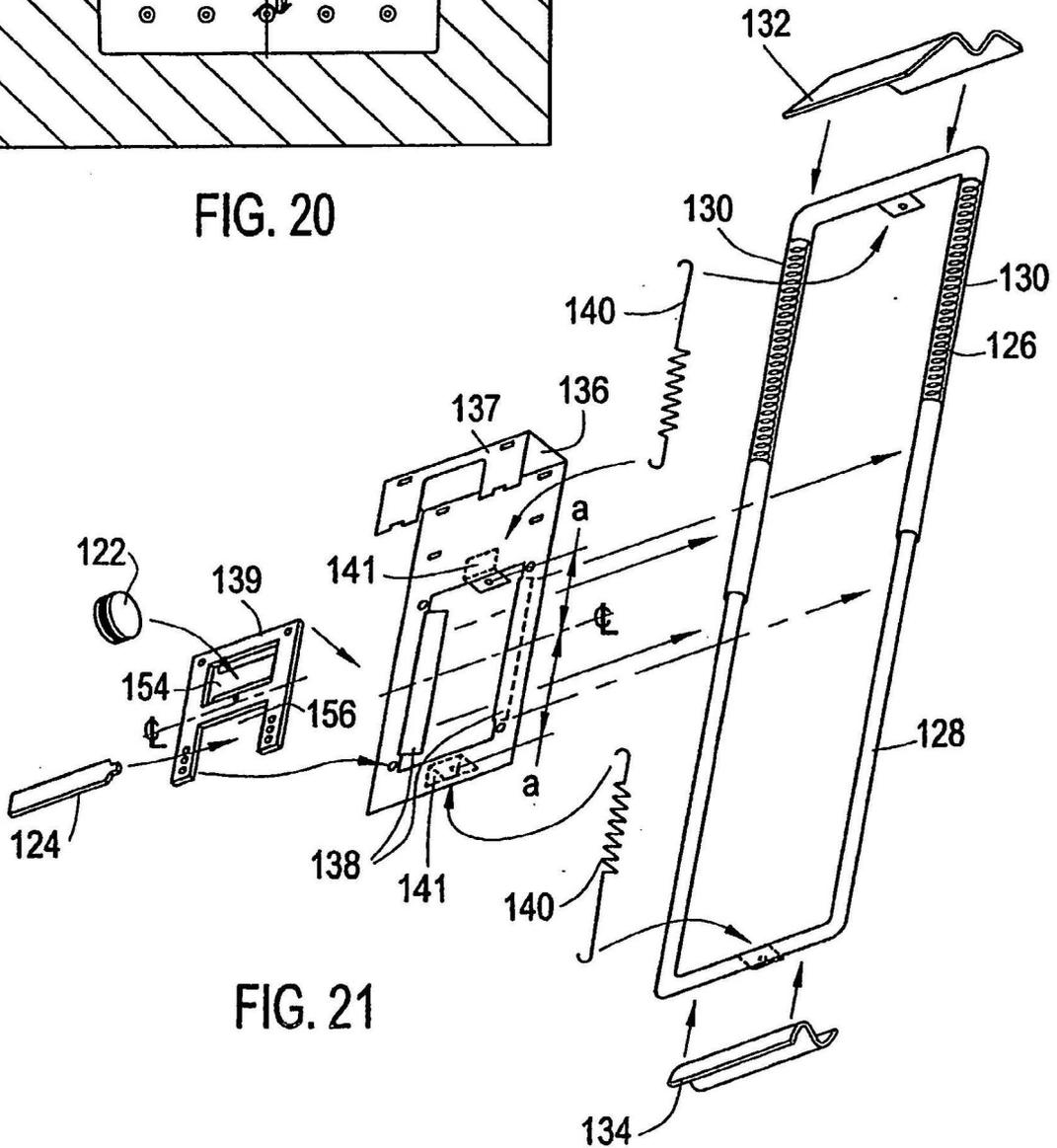


FIG. 21

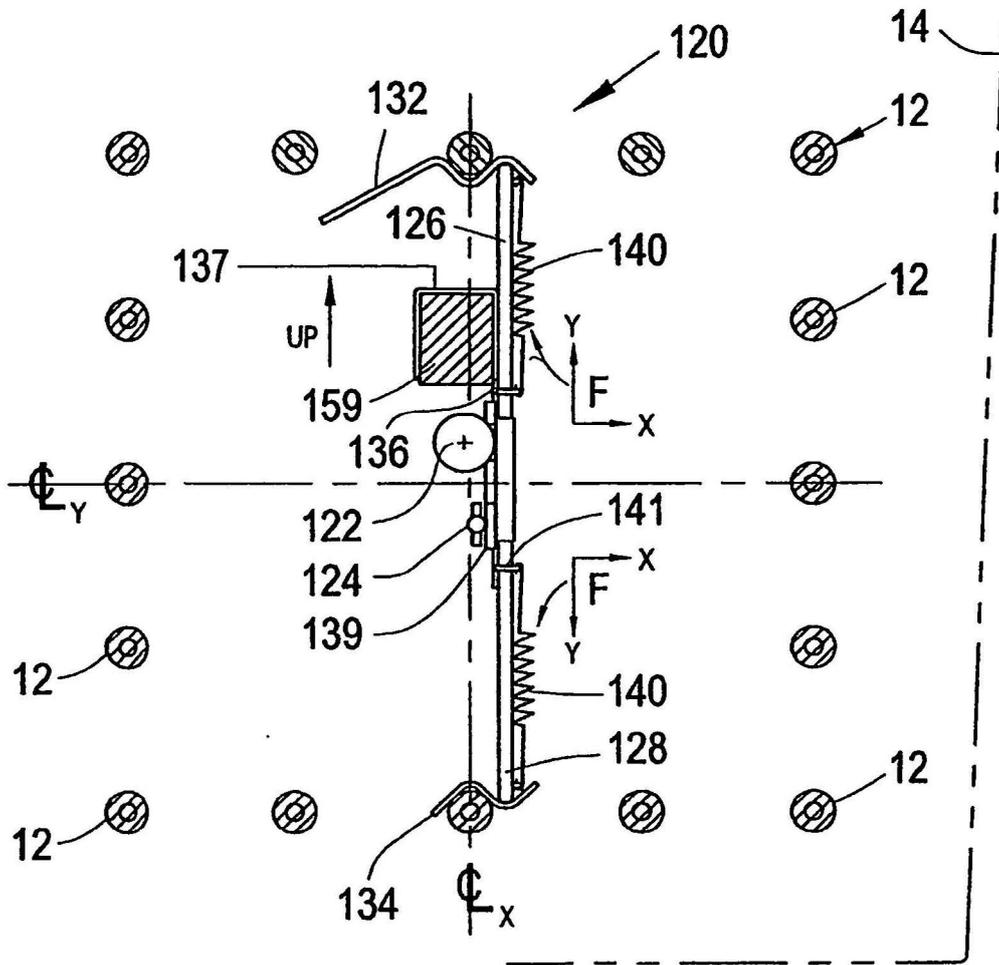


FIG. 22

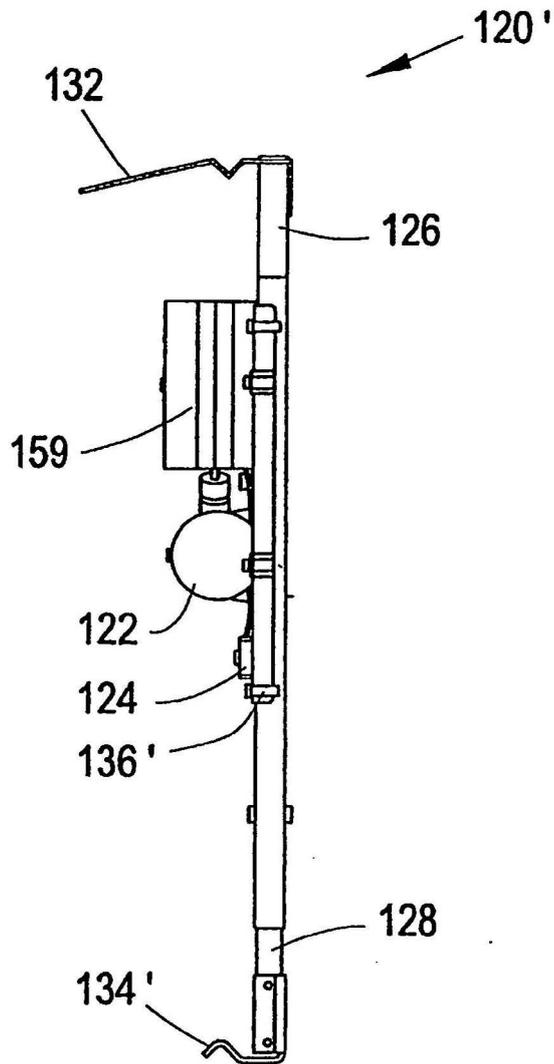


FIG. 23

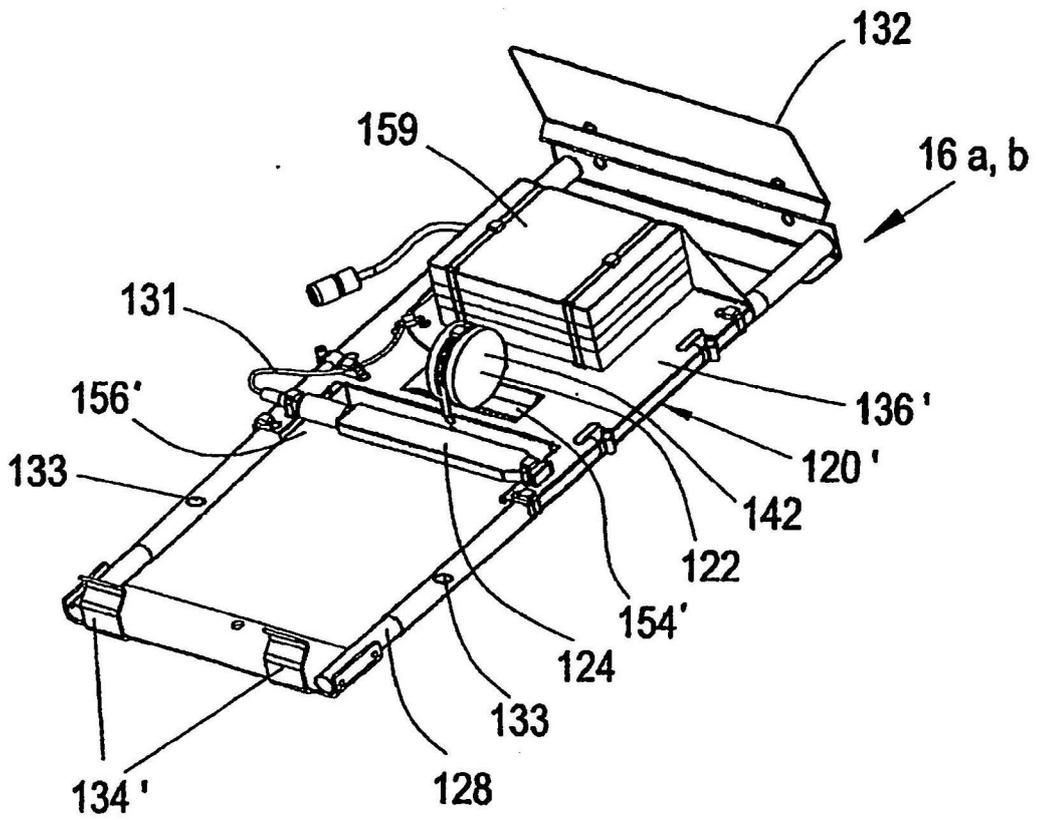


FIG. 24

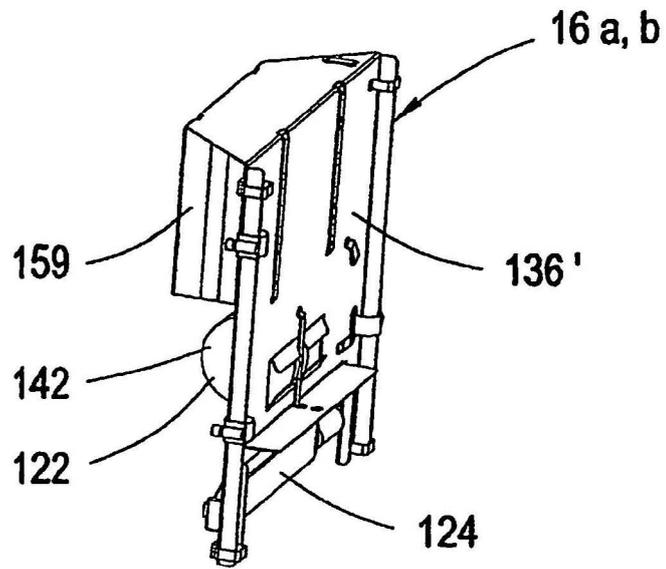


FIG. 25

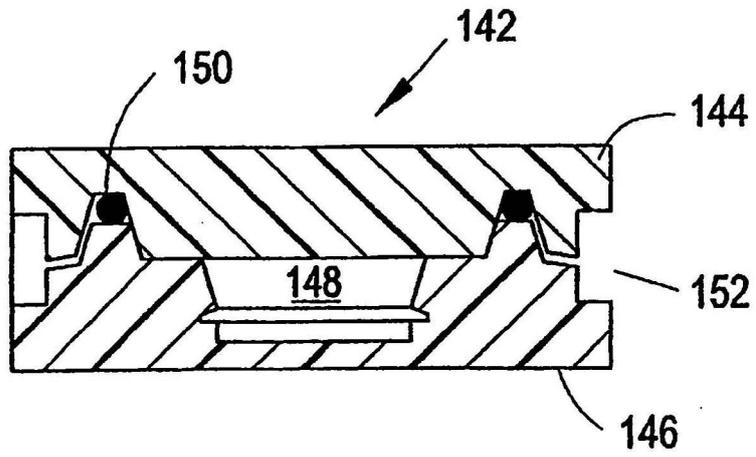
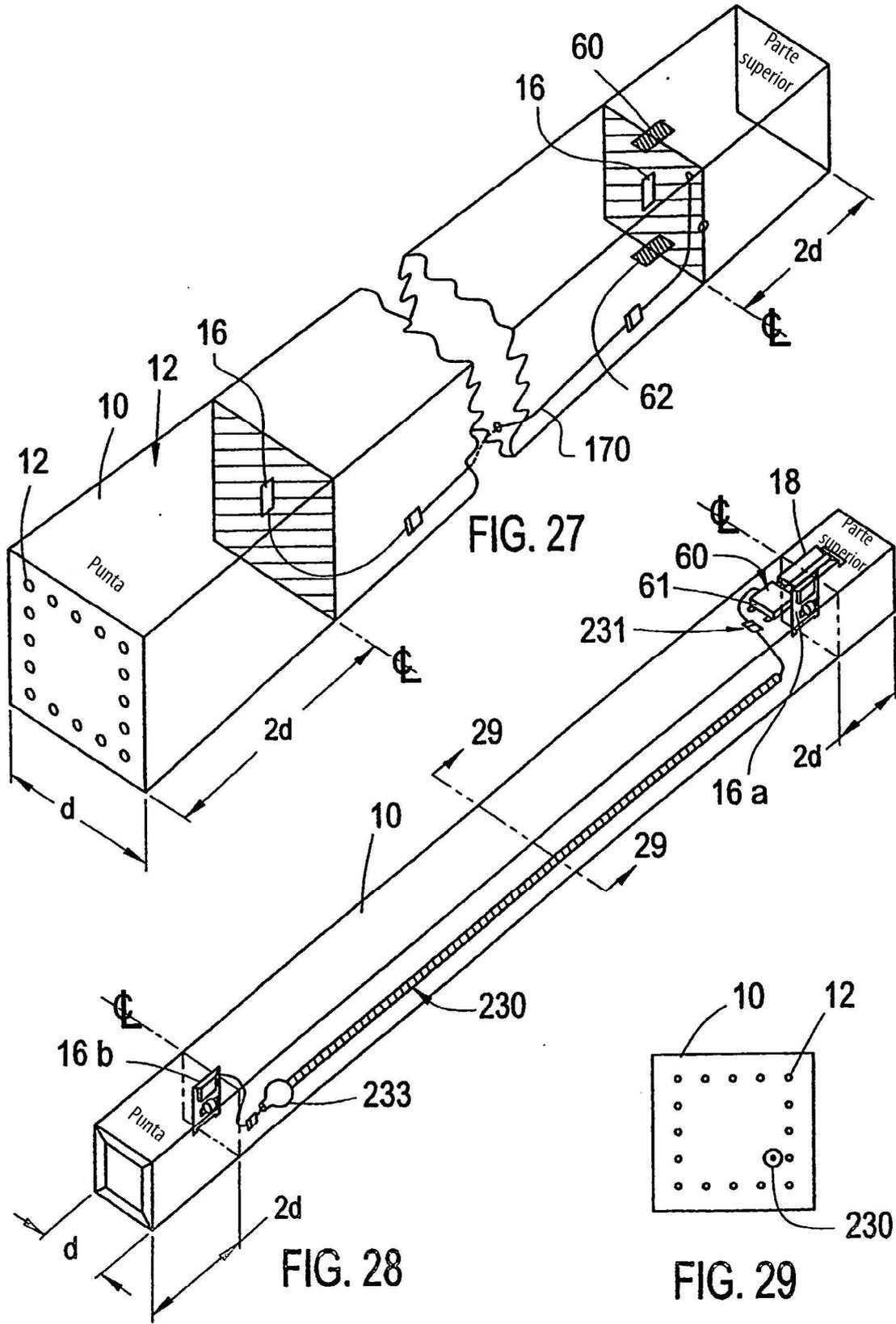


FIG. 26



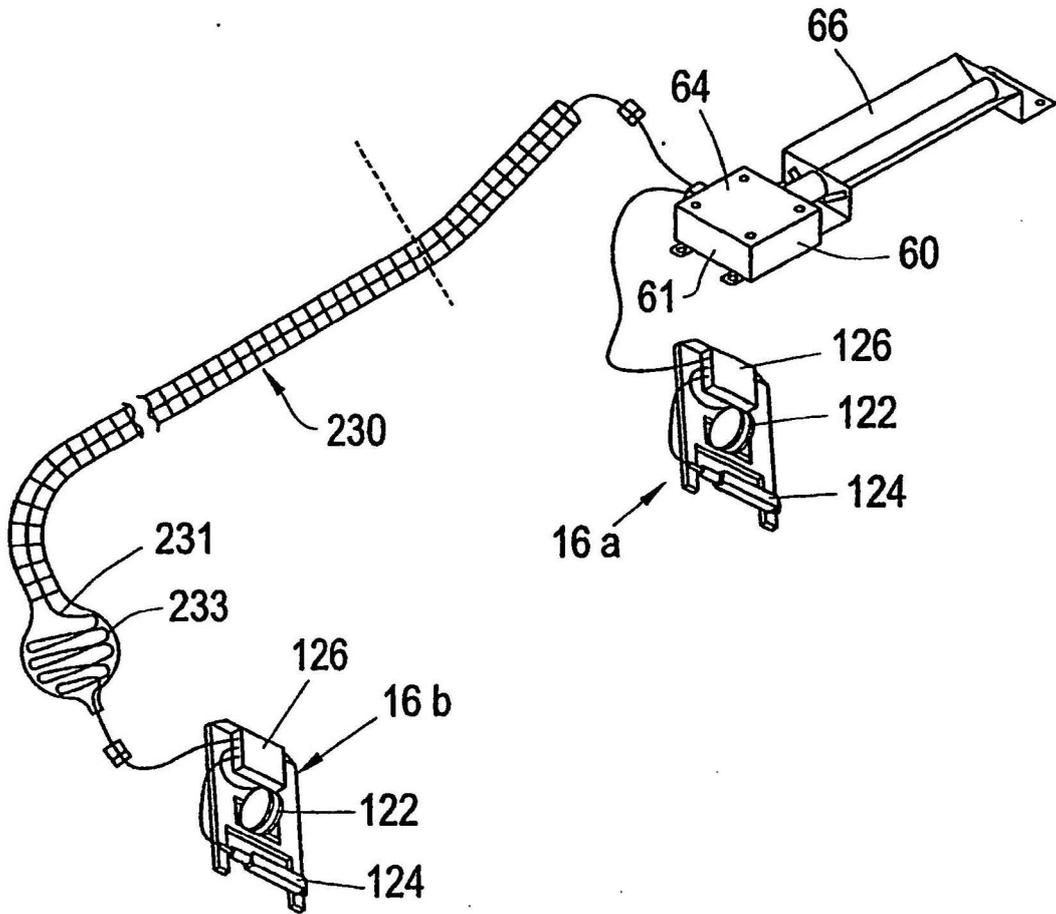


FIG. 30

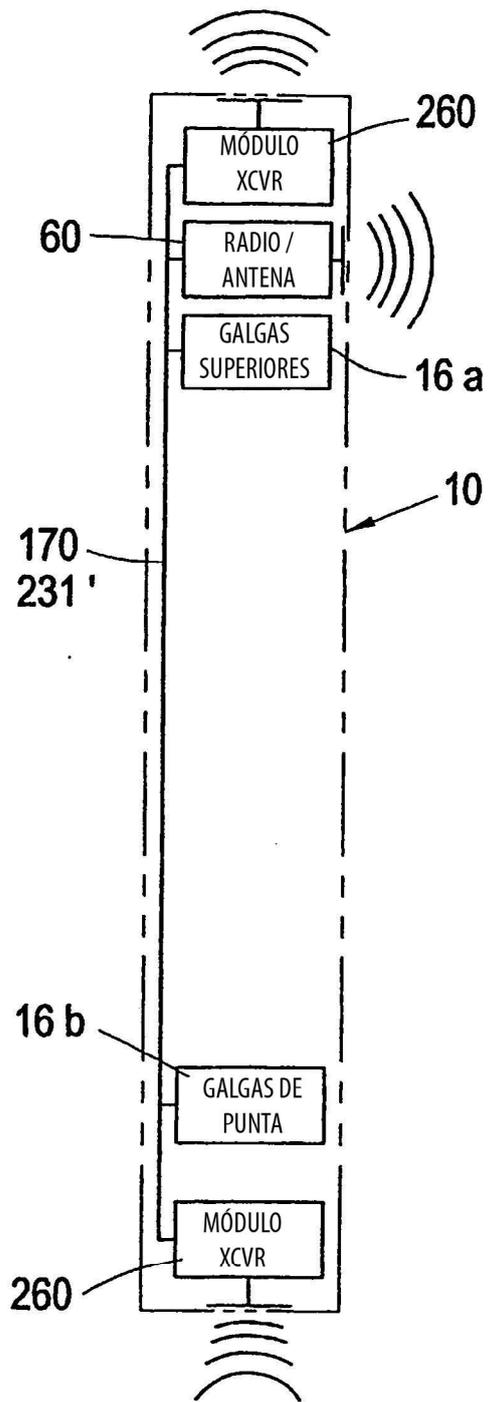


FIG. 31

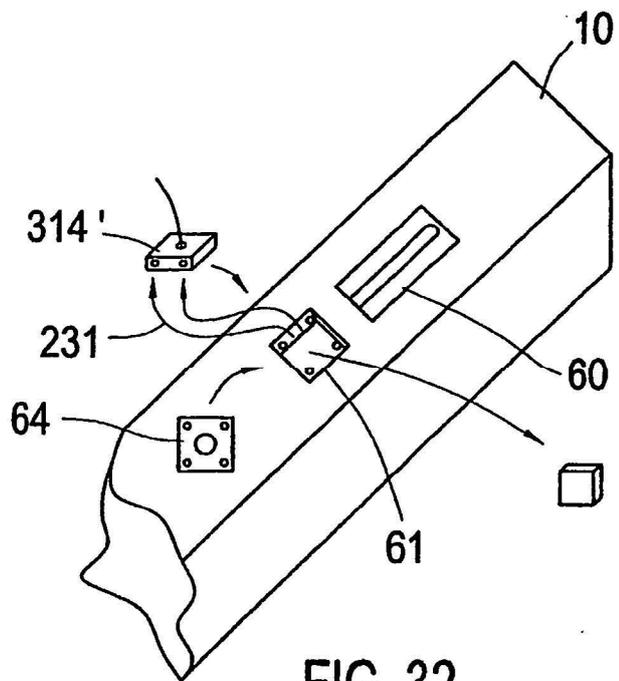


FIG. 32

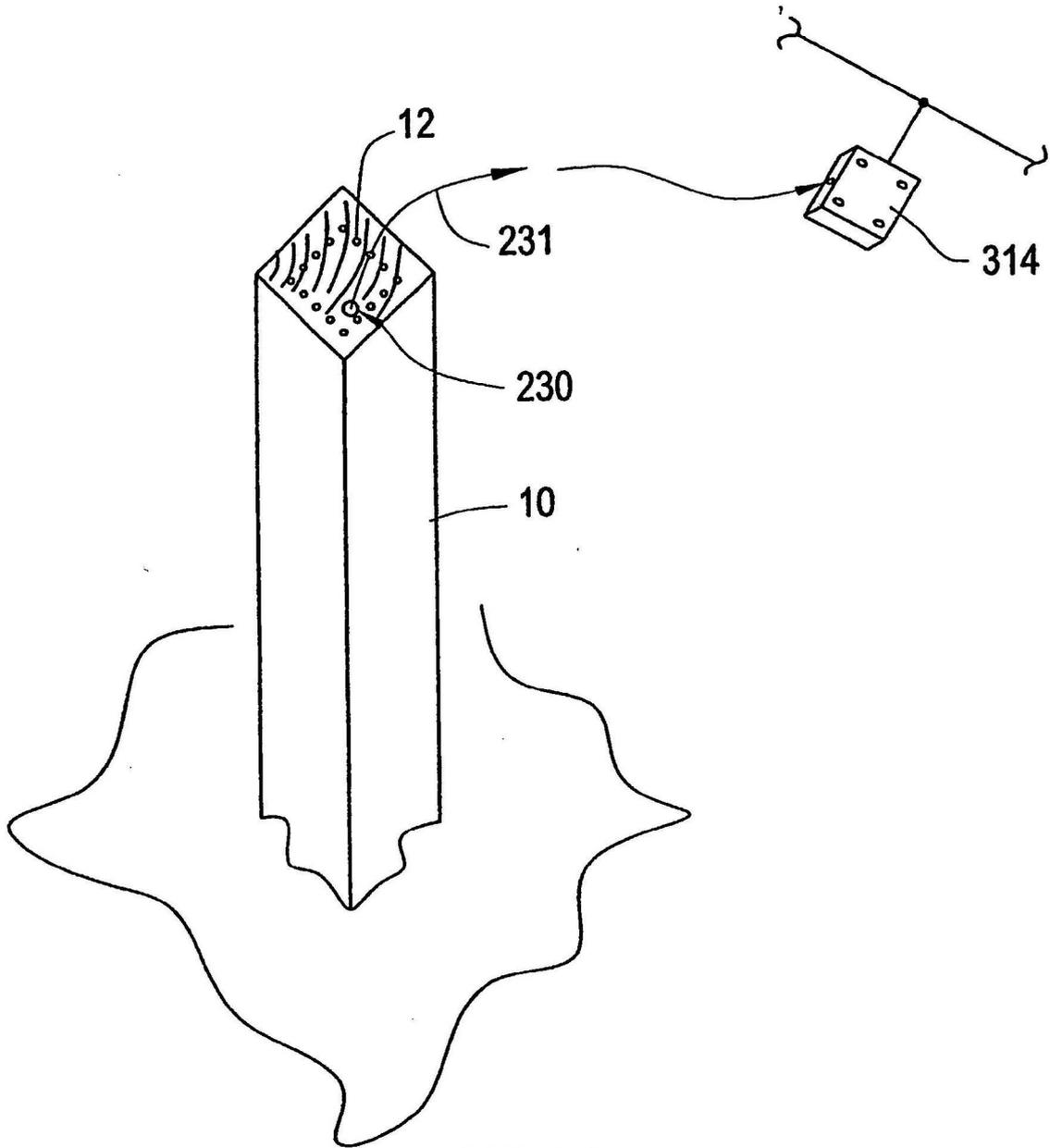


FIG. 33

MONITORIZACIÓN DEL CICLO DE VIDA

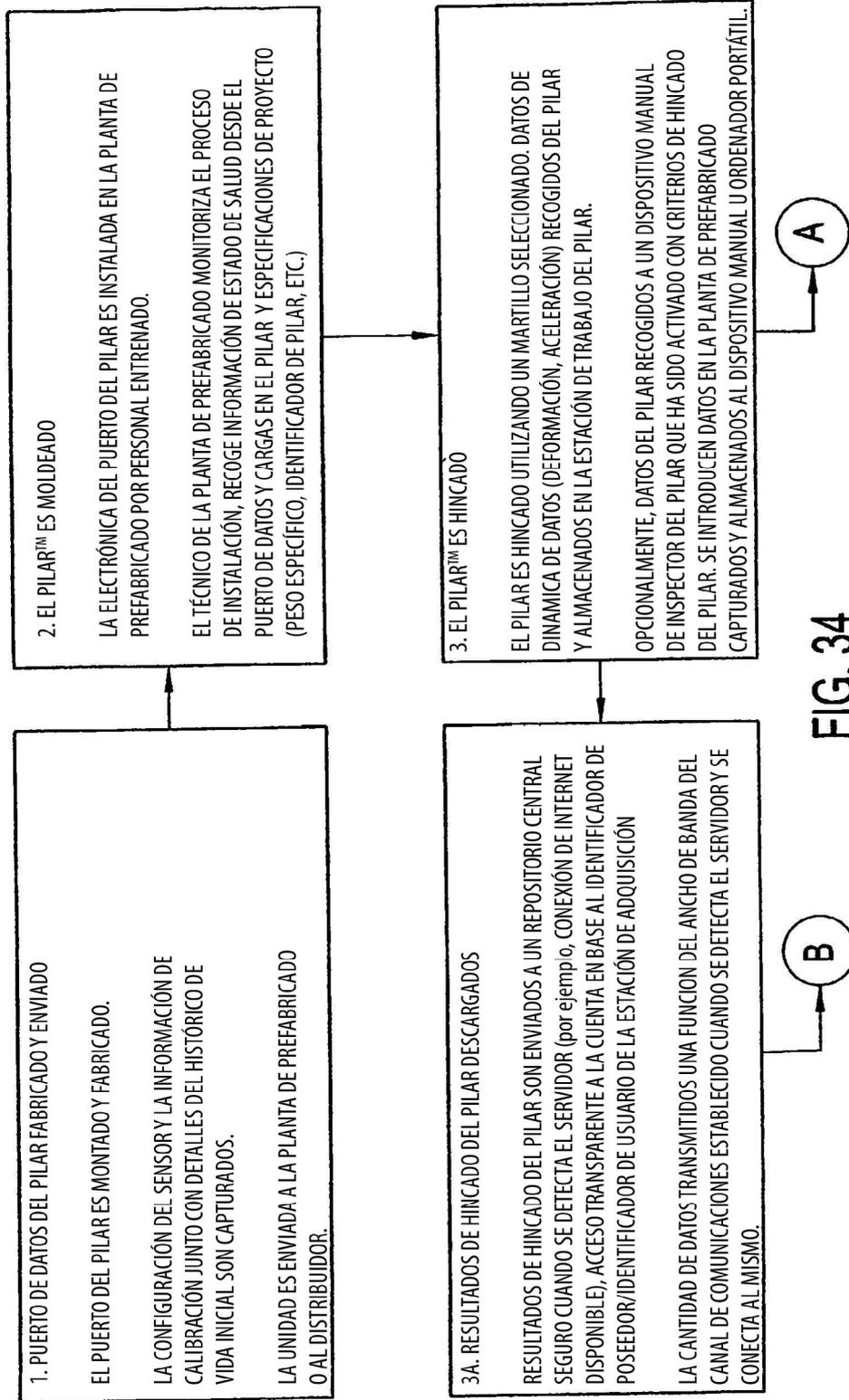


FIG. 34

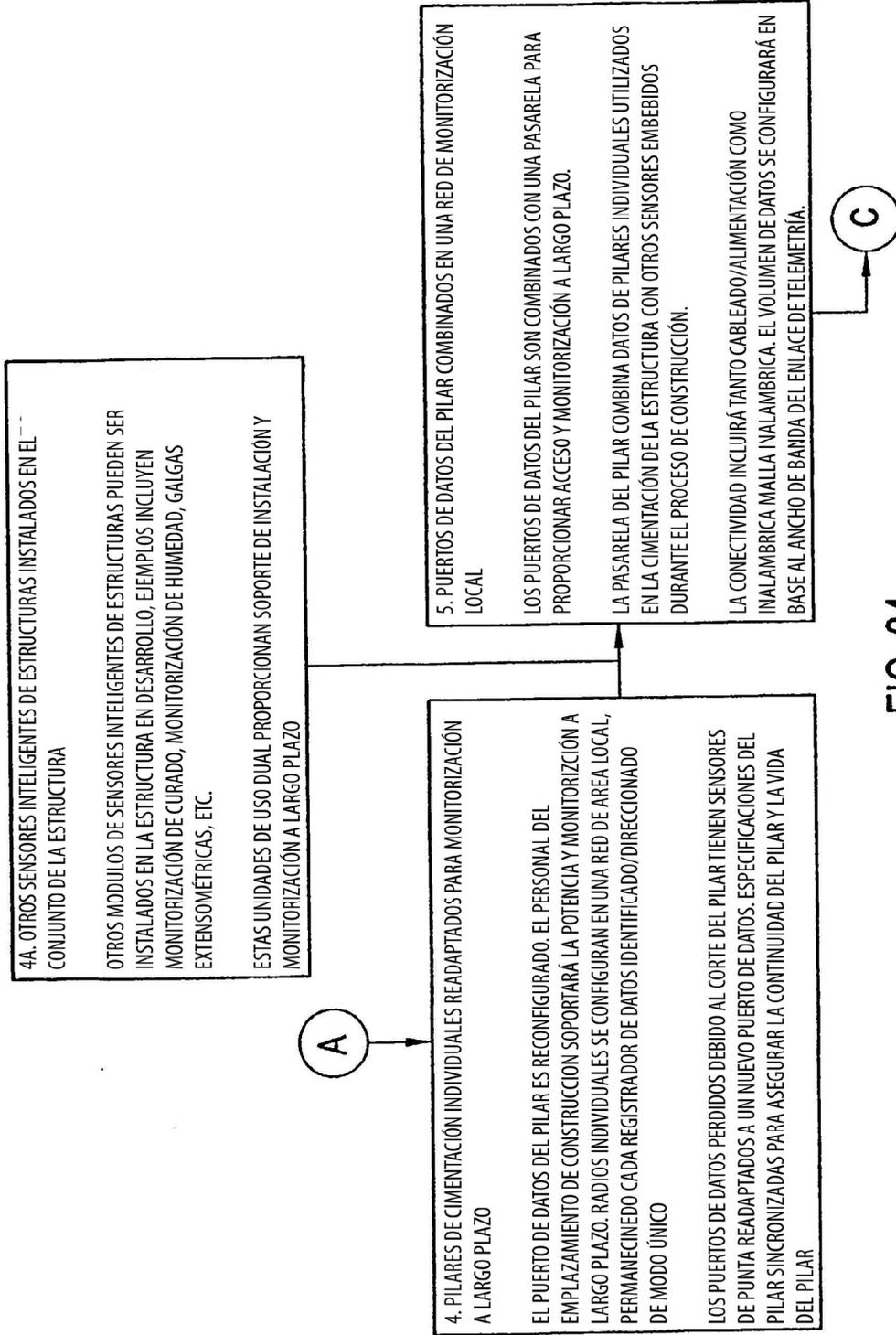


FIG. 34

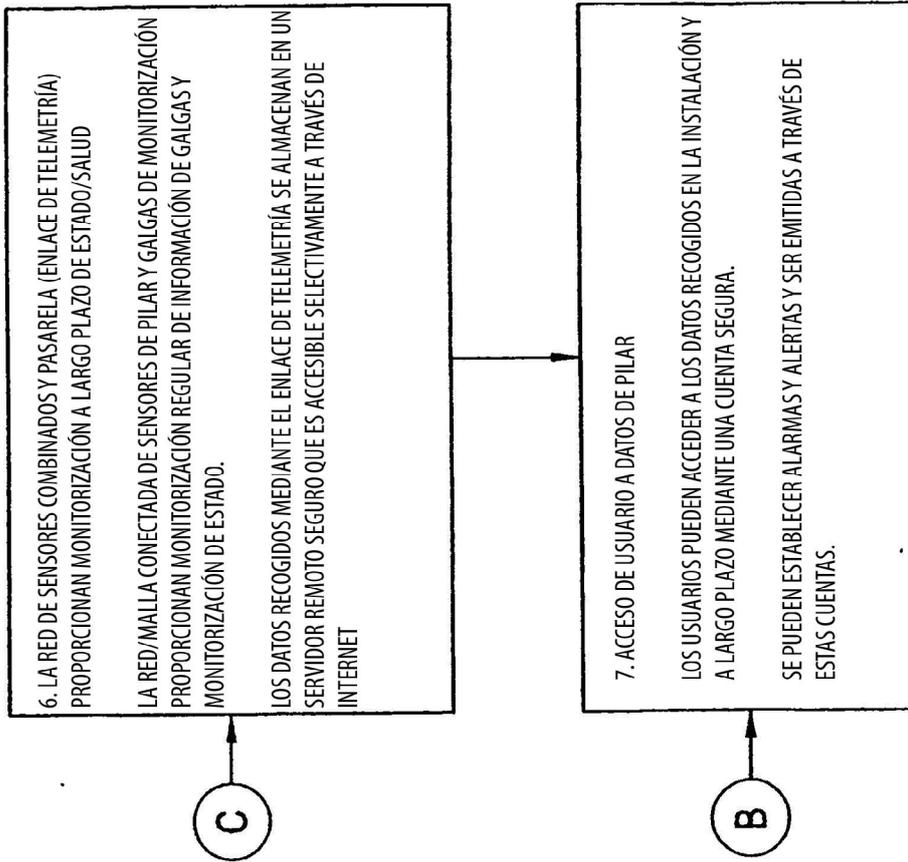


FIG. 34

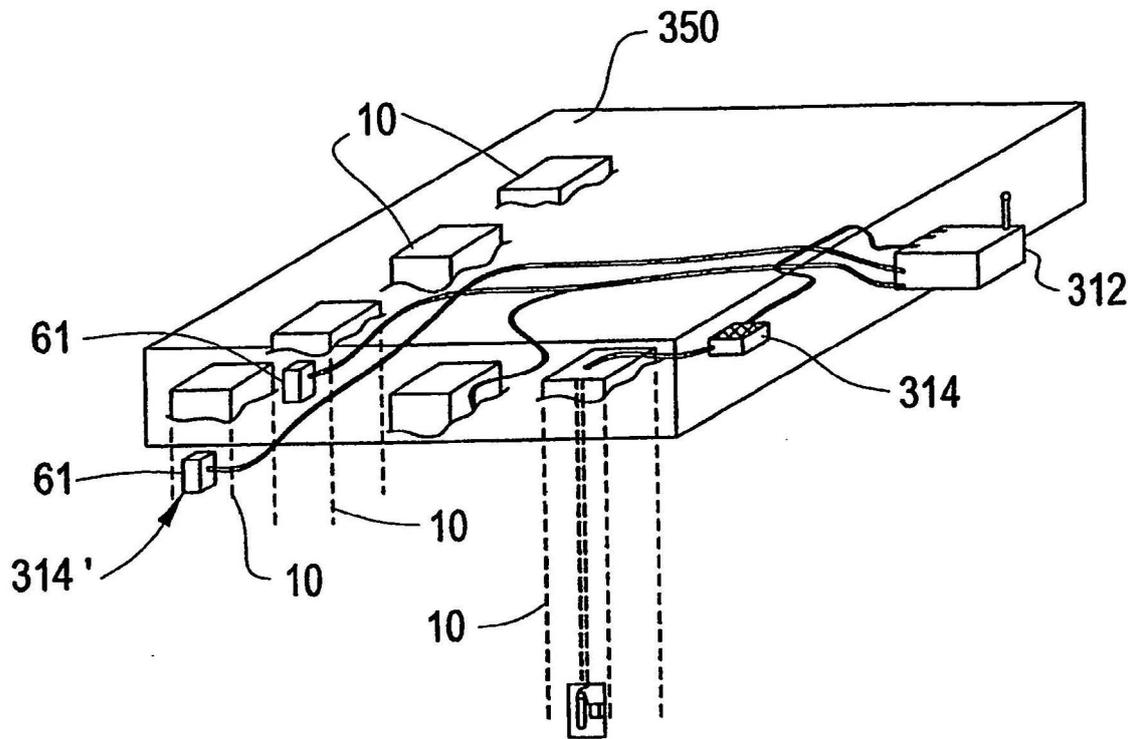


FIG. 35

