

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 240**

51 Int. Cl.:  
**E04H 12/30** (2006.01)  
**E04F 11/035** (2006.01)  
**E03B 11/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08869241 .3**  
96 Fecha de presentación: **30.12.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2240657**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.10.2010**

54 Título: **MÉTODO PARA PROPORCIONAR UNA TORRE DE AGUA, Y TORRE DE AGUA.**

30 Prioridad:  
**31.12.2007 IT BO20070855**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**17.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**17.01.2012**

73 Titular/es:  
**CONSTA S.p.A.**  
**Via Crimea 94**  
**Padova, IT**

72 Inventor/es:  
**ZAGO, Roberto y**  
**ZAMBIANCHI, Lamberto**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

**ES 2 372 240 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

Método para proporcionar una torre de agua, y torre de agua

Sector técnico

La presente invención se refiere a un método para proporcionar una torre de agua.

### 5 Técnica anterior

La presente invención se refiere a un método para construir torres de agua fabricadas de hormigón armado. Tal como se conoce, las torres de agua generalmente comprenden un depósito normalmente con forma de cono truncado con su base menor orientada hacia abajo y conectada al extremo superior de un fuste o columna de soporte, que se eleva verticalmente hacia arriba desde una losa de cimentación o lecho que reposa en el suelo.

10 Las torres de agua descritas anteriormente se construyen generalmente de una manera tradicional proporcionando en primer lugar el lecho y el fuste, y proporcionando la armadura para el depósito encima del fuste, y luego construyéndola. Aunque el método tradicional de construcción de torres de agua descrito anteriormente se ha usado durante mucho tiempo para construir torres de agua, presenta numerosos inconvenientes, el más importante de los cuales está sin duda representado por el hecho de tener que reforzar y realizar un depósito, que puede ser incluso de dimensiones considerables, a una altura relativamente grande y de tal manera que se vuelve problemático el levantamiento de los materiales necesarios para la construcción y se vuelven peligrosas las condiciones de trabajo para los trabajadores.

15 El documento FR2239134 da a conocer un método para la construcción de una torre de agua compuesta de hormigón armado según el preámbulo de la reivindicación independiente 1.

### 20 Descripción de la invención

El objetivo de la presente invención es proporcionar un método para construir una torre de agua que será sencillo y barato de producir y constituirá una mejora sobre la técnica conocida.

Según la presente invención se proporciona un método para construir una torre de agua según lo que se expone en las reivindicaciones adjuntas.

### 25 Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirá la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran algunos ejemplos no limitativos de realización de la misma, en los que:

- la figura 1 es una vista en alzado lateral de una torre de agua proporcionada según el método de la presente invención;

30 - la figura 2 ilustra en sección transversal axial algunos detalles de la torre de agua de la figura 1 en una primera etapa de levantamiento de un fuste de la propia torre de agua;

- las figuras 3 a 7 ilustran, en sección transversal axial, los detalles de la figura 2 en algunas etapas sucesivas de levantamiento del fuste;

- la figura 8 es una sección transversal según la línea VIII-VIII de la figura 7;

35 - la figura 9 es una vista a una escala ampliada de un detalle de la figura 6;

- la figura 10 es una sección transversal según la línea X-X de la figura 9;

- la figura 11 es una vista de una realización diferente del detalle de la figura 9;

- la figura 12 es una sección transversal axial a una escala ampliada de un depósito para la torre de agua de la figura 1;

40 - la figura 13 es una sección transversal según la línea XIII-XIII de la figura 12;

- la figura 14 es una sección transversal a una escala ampliada de un fuste de la torre de agua de la figura 1;

- la figura 15 es una sección transversal según la línea XV-XV de la figura 14;

- la figura 16 es una vista en perspectiva en una escala ampliada de una etapa prefabricada de una escalera en espiral de la figura 14;

5 - la figura 17 es una vista esquemática de una variante de la figura 8 en la que se resaltan tres conjuntos de gatos hidráulicos; y

- la figura 18 es una vista esquemática, con partes retiradas por motivos de claridad y parcialmente en sección transversal, de un gato hidráulico usado para levantar el fuste de la torre de agua. La escalera mostrada en las figuras 14-16 no forma parte en sí misma de la presente invención.

#### 10 Realizaciones preferidas de la invención

En la figura 1, se designa como un todo por el número de referencia 1 una torre de agua fabricada de hormigón armado, que comprende un lecho 2 inferior, un depósito 3 superior con forma sustancialmente de cono truncado y colocado con una base 4 menor orientada hacia abajo, y un fuste o columna 5 colocada entre el lecho 2 y la base 4 menor del depósito 3.

15 Según lo ilustrado en la figura 2, la torre 1 de agua se construye comenzando con la colocación del lecho 2 de hormigón armado dentro de una zanja 6. El lecho 2 tiene generalmente forma de cono truncado con una base mayor orientada hacia abajo y con una base menor o superficie 7 superior que funciona como superficie de reposo para una armadura 8 desmontable de un encofrado móvil designado como un todo por 9 y diseñado para permitir la formación del fuste 5.

20 La armadura 8 se coloca sobre una pluralidad de conductos 10 tubulares verticales cerrados en la parte inferior y realizados a través de parte del lecho 2.

La armadura 8 comprende una pared 11 externa y una pared 12 interna, que pueden retirarse y son coaxiales entre sí, están dispuestas con sus ejes colocados en vertical, y reposan con su base inferior sobre la superficie 7 superior del lecho 2. Extendiéndose a lo largo un espacio 13 anular comprendido entre las paredes 11 y 12 hay gatos 14 hidráulicos distribuidos uniformemente alrededor de la armadura 8 anular y cada uno coaxial a un conducto 10 respectivo.

30 Cada gato 14 comprende un cilindro 15 central, desde cuyo extremo superior se extiende una vara 16 móvil, y desde cuyo extremo inferior se extiende un pie 17 tubular abierto en la parte inferior, cuyo diámetro externo es sustancialmente igual al diámetro interno de los conductos 10 tubulares. Extendiéndose además desde el extremo inferior del cilindro 15 central hay una vara 18 de reposo fija, colocada de manera coaxial con respecto al pie 17 tubular correspondiente y que sobresale desde el mismo con su propio extremo libre. Cada vara 18 de reposo fija tiene en una sección transversal una forma sustancialmente de cruz, y el pie 17 tubular correspondiente tiene, en la proximidad de su propio extremo superior, un conducto 19 de suministro, que está diseñado para poner en comunicación con el exterior el espacio comprendido entre la superficie interna del propio pie 17 tubular y la superficie externa de la vara 18 de reposo fija correspondiente.

40 Los gatos 14 hidráulicos se montan cada uno en una posición vertical inicial con el cilindro 15 central inmediatamente encima del extremo superior de la armadura 8, con el pie 17 tubular colocado a través del espacio 11 anular y parcialmente enganchado de modo que pueda deslizarse dentro del conducto 10 tubular correspondiente, y con el extremo inferior de la vara 18 de reposo fija en contacto con la parte inferior del propio conducto 10 tubular.

En la posición inicial mencionada anteriormente, la vara 16 móvil de cada gato 14 hidráulico está colocada en una posición retraída y está conectada, en su propio extremo libre, a un segmento 20 respectivo (figura 7) de una viga 21 anular extraíble colocada en un plano sustancialmente horizontal encima de la armadura 8 y de manera coaxial con respecto a la propia armadura 8.

45 El viga 21 anular se hace fija con respecto a la armadura 8 a través de una pluralidad de barras 22 de conexión, cuya longitud es sustancialmente igual a la de los gatos 14 hidráulicos sin el pie 17 tubular y la vara 18 de reposo fija y que están colocados con las varas 16 móviles en una posición retraída.

50 El viga 21 anular está fijada con respecto al depósito 3 y constituye una estructura inferior para un encofrado (no ilustrado) para la formación del depósito 3, que se cuelga y completa sustancialmente sobre el suelo directamente encima de la viga 21 anular colocado en la posición ilustrada en la figura 2.

Una vez que el depósito 3 se ha completado, se retira el encofrado mencionado anteriormente (no ilustrado), y a través de los orificios preformados en una pared 23 inferior del depósito 3 se pasan cables 24 de compactación previa (figura 7) enrollados en tambores 25 colocados dentro del depósito 3 y se enganchan en la parte inferior al lecho 2.

5 Según lo que se ilustra en la figura 3, la construcción del fuste 5 se comienza insertando dentro del espacio 13 anular varas 26 de armadura (figura 8) con el fin de proporcionar, alrededor de cada pie 17 tubular, una armadura 27 reticular sustancialmente tubular. A continuación, se cuela hormigón en el espacio 13 anular de modo que abarcan las armaduras 27 y forme un primer segmento 28 del fuste 5. Una vez consolidado, se ancla fijamente el segmento 28 al lecho 2 y se atraviesa por una pluralidad de conductos 29 verticales, que se definen cada uno mediante el pie 17 tubular correspondiente y se comunican con los conductos 10 tubulares correspondientes.

Se insertan gradualmente a través de orificios verticales adicionales varas metálicas redondas, que constituyen una armadura vertical del fuste 5.

15 En este punto o, alternativamente, al comienzo de las operaciones antes de formar el segmento 28, se alimenta arena 30 a través de cada conducto 19 de suministro de modo que se llena completamente la parte entera de cada conducto 10 tubular que queda libre por el pie 17 tubular correspondiente.

20 Una vez que se ha alimentado la arena 30, se hacen funcionar simultáneamente todos los gatos 14 hidráulicos, según lo que se ilustra en la figura 4 de modo que se llevan las varas 16 móviles a su posición extraída y levantan el depósito 3 y, a través de las barras 22 de conexión, la armadura 8, un tramo menor que la altura de la propia armadura 8, con el fin de impedir que la armadura 8 se deslice fuera del segmento 28 que funciona como guía de deslizamiento para la armadura 8.

25 A continuación, según lo que se ilustra en la figura 5, la vara 16 móvil de un primer gato 14 hidráulico se pone de vuelta en la posición retraída, provocando por tanto al avance del cilindro 15 central correspondiente, del pie 17 tubular correspondiente, y de la vara 18 de reposo fija correspondiente. Dentro del espacio creado a lo largo del conducto 29, mediante el levantamiento del pie 17 tubular, se alimenta entonces arena 30 adicional, que se compacta mediante la vara 18 de reposo fija poniendo el gato 14 hidráulico en cuestión en acción nuevamente alimentando dentro del mismo fluido hidráulico a una presión al menos igual al peso del depósito 3 dividido entre el número de gatos 14 hidráulicos usados, y tal como para determinar un reposo seguro de la vara 18 de reposo fija en la arena 30 compactada, pero como para no provocar el levantamiento del propio depósito 3.

30 La operación de avance descrita anteriormente se repite en sucesión para todos los gatos 14 hidráulicos hasta que se alcanza la configuración ilustrada en la figura 6, en la que el peso del depósito 3 se equilibra perfectamente por los gatos 14 hidráulicos, cada uno de los cuales reposa en una columna respectiva de arena 30 compactada y se coloca con su vara 16 móvil en la posición retraída.

35 Dentro del espacio vacío creado, entre las paredes 11 y 12, mediante el levantamiento de la armadura 8, se prolongan las armaduras 27 tubulares, y entonces se cuela un nuevo hormigón, que, mediante consolidación, determina la prolongación del segmento 28 inicial un tramo igual al levantamiento de la armadura 8.

El ciclo de operaciones descrito anteriormente comenzando desde la configuración de la figura 3 se repite entonces un número de veces dado hasta la finalización, en segmentos sucesivos, de la construcción del fuste 5 y hasta que se alcanza la configuración ilustrada en la figura 7, en la que el depósito ha alcanzado la altura deseada y los gatos 14 hidráulicos están dispuestos con sus varas 16 móviles en una posición casi completamente retraída.

40 En este punto, se retiran los segmentos de la viga 21 anular no cargados por los gatos 14 hidráulicos, y se colocan columnas 31 de soporte entre la parte superior del fuste 5 y la pared 23 inferior del depósito 3. Después de fijar las columnas 31 de soporte en posición de cualquier manera conocida, el encofrado 9 puede finalmente desmontarse. En este punto, se completa la construcción de la torre 1 de agua.

45 Tal como se mencionó anteriormente y se ilustra en mayor detalle en las figuras 9 y 10, cada gato 14 comprende una vara 18 de reposo fija colocada de manera coaxial con respecto al pie 17 tubular correspondiente y sobresale del mismo con un extremo libre del mismo. Cada vara 18 de reposo fija presenta en sección transversal una forma sustancialmente de tipo cruz.

50 Según una realización diferente ilustrada en la figura 11, en cada gato 14 hidráulico la vara 18 de reposo fija se sustituye por un elemento 18 tubular, que se fija en la parte superior con respecto al pie 17 tubular respectivo y de manera concéntrica al mismo (al igual que la vara 18 de reposo) y dotado en la parte inferior de una placa 32 de cierre que tiene un orificio 33 central pasante para permitir un flujo de rebosamiento de la arena 30 hacia abajo. El diámetro externo del elemento 18 tubular es aproximadamente 15-30 mm más estrecho que el diámetro interno del conducto 10 tubular correspondiente de tal manera que permite un deslizamiento longitudinal conveniente del

elemento 18 tubular dentro del conducto 10 tubular sin permitir, al mismo tiempo, movimientos transversales significativos del elemento 18 tubular con respecto al conducto 10 tubular. En otras palabras, cada elemento 18 tubular es concéntrico al pie 17 tubular respectivo, se fija a la parte superior en el pie 17 tubular, y es ligeramente más estrecho que el propio pie 17 tubular.

5 Preferiblemente, cada placa 32 de cierre tiene forma de un reloj de arena y tiene un único orificio 33 central pasante con el fin de favorecer el flujo de rebosamiento de la arena 30 hacia abajo y obstaculizar el flujo de retorno de la arena 30 hacia arriba. En la realización ilustrada en la figura 11, la placa 32 de cierre tiene forma de reloj de arena y tiene una inclinación hacia abajo (es decir, el orificio 33 central pasante se coloca en una posición correspondiente al área inferior de la placa 32 de cierre). Según una realización diferente (no ilustrada), la placa 32 de cierre tiene forma de reloj de arena y tiene una inclinación hacia arriba (es decir, el orificio 33 central pasante se coloca en una posición correspondiente al área más alta de la placa 32 de cierre). En otras palabras, la placa 32 de cierre puede girarse a lo largo de 180° con respecto a lo que se ilustra en la figura 11. La extensión vertical de los elementos 18 tubulares ilustrados en la realización de la figura 11 es aproximadamente igual a la extensión vertical de las varas 18 de reposo ilustradas en la realización de las figuras 9 y 10.

15 Usando la realización descrita en la figura 11, en comparación con la realización ilustrada en la figura 9, la carga se transfiere a un área inferior y por tanto implica segmentos 28 más antiguos del fuste 5, en los que el hormigón ha tenido más tiempo para curarse y que por tanto presenta una resistencia mecánica más alta. Por consiguiente, es posible aumentar la tasa promedio del levantamiento del depósito 3, es decir, es posible reducir los tiempos para la construcción de la torre 1 de agua.

20 Según lo que se ilustra en la figura 12, el depósito 3 comprende una pared 34 inferior plana circular conectada a la parte superior del fuste 5 y que tiene un orificio 35 central. El depósito 3 comprende además una pared 36 lateral fabricada de hormigón armado con forma sustancialmente de cono truncado de sección decreciente hacia abajo y que se extiende hacia arriba desde la periferia de la pared 34. Finalmente, el depósito 3 comprende una tubería 37 central, que es coaxial al fuste 5, se extiende hacia arriba desde la parte de la pared 34 que rodea el orificio 35 central y sobresale encima de un borde 38 superior libre de la pared 36 lateral definido por una superficie anular horizontal.

El depósito 3 está dotado de una cubierta, que se designa como un todo por el número de referencia 39 y comprende una losa 40 central plana horizontal de forma circular, soportada por la tubería 37 central y coaxial a la misma, y una losa 41 periférica con forma sustancialmente de cono truncado de sección decreciente hacia arriba, cuya periferia interna se engancha con la periferia externa de la losa 40, y cuya periferia externa reposa en el borde 38 superior de la pared 36 lateral y se engancha con una superficie 42 interna con forma de cono truncado de la propia pared 36 lateral.

La tubería 37 central tiene, en la proximidad de su propio extremo superior, una pestaña 43 anular externa, y la losa 40 está constituida por una viga 44 fabricada de hormigón armado y que tiene una forma anular colocada alrededor de la tubería 37 central. La viga 44 reposa con su propia periferia interna en la pestaña 43 y está limitada en la parte exterior por una superficie con forma de cono truncado.

La tubería 37 central se forma uniendo una pluralidad de segmentos 45 tubulares apilados uno encima de otro. Hay un material cementoso o, alternativamente, resinas, extendido entre los dos segmentos 45 sucesivos para garantizar la continuidad del material y por tanto la impermeabilización en un área que corresponde a la unión. Además, los segmentos 45 que constituyen la tubería 37 central están empaquetados conjuntamente por medio de cuatro barras 47 de conexión de compactación previa, que se extienden desde la pared 34 hasta una placa 47 para el cierre superior de la tubería 37 central. Según lo que se ilustra en la figura 13, cada barra 47 de conexión está constituida por un conjunto de hebras metálicas dentro de un orificio 48 pasante vertical realizado a través de una pared lateral de los segmentos 45 que constituyen la tubería 37 central.

45 La función de la tubería 37 central es permitir la inspección del depósito 3 cuando el propio depósito 3 está lleno de agua. Para este propósito, la tubería 37 central está prevista adentro con una escalera (no ilustrada), que se origina en la base 4 menor del depósito 3 y termina en una posición correspondiente a abertura de inspección superior (no ilustrada) realizada a través de la pared lateral de la tubería 37 central.

Según lo que se ilustra en las figuras 14 y 15, con el fin de permitir alcanzar la base 4 menor del depósito 3 (y por tanto continuar ascendiendo a través de la tubería 37 central) el fuste 5 está dotado en el interior de una escalera 49 en espiral constituida por una sucesión de escalones 50, que se fijan de manera voladiza a una pared lateral del fuste 5 y se colocan uno encima de otro a alturas progresivamente crecientes. La escalera 49 en espiral está dotada preferiblemente de un pasamanos 51 de metal que comprende una sucesión de tuberías 52 metálicas en forma de L, cada una de las cuales tiene un extremo inferior fijado a un escalón 50 respectivo y un extremo superior fijado a la tubería 52 de metal del siguiente escalón 50.

Según lo que se ilustra en la figura 16, cada escalón 50 está constituido por un bloque de hormigón armado que comprende una base 53 vertical, que se fija por medio de pernos en una pared lateral del fuste 5 y un elemento 54 horizontal, que se extiende de manera voladiza desde la base 53 vertical.

5 La base 53 vertical está dotada en un lado de un orificio 55 pasante, a través del cual se inserta un perno de fijación (no ilustrado), que se atornilla a través de un orificio ciego realizado en la pared lateral del fuste 5. Además, la base 53 vertical está conformada de tal manera que presenta, en una posición correspondiente al orificio 55 pasante, una superficie 56 de reposo para la base 53 vertical del siguiente escalón 50 y que presenta, en el lado opuesto del orificio 55 pasante, un apéndice 57 colocado de manera voladiza y diseñado para reposar en la superficie 56 de reposo del escalón 50 anterior. En otras palabras, cada escalón 50 reposa en un lado en el escalón 50 anterior y, en el lado opuesto, proporciona un soporte para el siguiente escalón 50. El primer escalón 50 reposa en el lecho 2 inferior de la torre 1 de agua, mientras que el último escalón 50 no proporciona ningún soporte para ningún escalón 50.

15 Preferiblemente, el elemento 54 horizontal de cada escalón tiene, tanto en vista en planta como en sección vertical, la forma de un cono truncado y termina con una pared vertical que tiene un par de orificios 58 ciegos roscados, en los que hay se atornillan pernos para fijar la tubería 52 de metal respectiva del pasamanos 51.

20 Según una realización preferida ilustrada en la figura 17, los gatos 14 hidráulicos están divididos en tres conjuntos operativos (representados con una línea discontinua en la figura 17 y designados por los números romanos I, II y III), que son equivalentes entre sí, simétricos e independientes. Los tres conjuntos operativos son equivalentes entre sí, es decir, cada uno comprende un mismo número de gatos 14 hidráulicos, y son simétricos uno con respecto a otro, es decir, los centroides A de empuje de los tres conjuntos operativos corresponden a los vértices de un triángulo equilátero centrado en el centroide B del peso del depósito 3. Dichos requisitos de equivalencia y simetría de los tres conjuntos operativos pueden respetarse fácilmente desde el momento en que la torre 1 de agua es una estructura equilibrada e intrínsecamente simétrica dado que presenta una simetría cilíndrica perfecta alrededor de un eje longitudinal propio colocado centralmente.

25 Los gatos 14 hidráulicos de cada conjunto operativo están conectados a una válvula 59 de solenoide proporcional de velocidad de flujo controlada respectiva, que puede controlarse para ajustar la velocidad de flujo de aceite presurizado que se alimenta a los gatos 14 del conjunto operativo. Según una posible realización, hay válvulas de solenoide de apagado (no ilustradas) previstas aguas abajo de la válvula 59 de solenoide proporcional, cada una de las cuales suministra el aceite presurizado a un gato 14 hidráulico respectivo y puede cerrarse para interrumpir el suministro del aceite presurizado al propio gato 14 hidráulico.

30 Debe enfatizarse que la válvula 59 de solenoide proporcional de un conjunto operativo es independiente de las válvulas 59 de solenoide proporcionales de los otros dos conjuntos operativos. Además, a cada gato 14 hidráulico puede acoplarse un sensor 60 de posición lineal respectivo (normalmente un codificador lineal), que mide la posición de la vara 16 con respecto al cilindro 15 para poder medir en tiempo real la expansión efectiva del propio gato 14 hidráulico. Durante el levantamiento, el sistema se monitoriza constantemente mediante una unidad 61 de control, que está conectada a sensores 62 de presión para medir la presión eficaz en las válvulas 59 de solenoide proporcionales, se conecta a los sensores 60 de posición (si están presentes) para medir la extensión efectiva de cada gato 14 hidráulico, y se conecta a un sensor 63 de inclinación (ilustrado en detalle en la figura 12), que mide en tiempo real la inclinación del depósito 3 con respecto a la vertical. En determinadas situaciones particulares, la unidad 61 de control también puede conectarse a una serie de extensímetros con bases grandes aplicadas al depósito 3 para medir las tensiones inducidas en el propio depósito 3 mediante el levantamiento.

35 Según lo que se ilustra en la figura 12, el sensor 63 de inclinación comprende un hilo 64 de plomada suspendido dentro de la tubería 37 central del depósito 3 y un lector 65 (por ejemplo, una telecámara o un sensor de proximidad magnético), que lee la posición del extremo libre del hilo 64 de plomada. Dicho modo de implementación del sensor 63 de inclinación presenta la ventaja doble de ser económicamente ventajoso de producir y ofrecer una alta precisión de medición. Como alternativa o además (con el fin de tener mediciones redundantes) del sensor 63 de inclinación ilustrado en la figura 12, es posible usar inclinómetros comercialmente disponibles, que se fijan (atornillan o pegan) a una pared del depósito 3 o de la tubería 37 central.

40 Con el levantamiento del depósito 3 descrito anteriormente, por medio de la válvula 59 de solenoide proporcional respectiva, los circuitos hidráulicos de los gatos 14 hidráulicos de cada conjunto operativo están conectados en paralelo a una bomba de aceite (no ilustrada). El levantamiento del depósito 3 se realiza expandiendo los gatos 14 hidráulicos de los tres conjuntos operativos conjuntamente. Durante el levantamiento del depósito 3, la unidad 61 de control determina el valor efectivo de inclinación del depósito 3 con respecto a la vertical por medio del sensor 63 de inclinación y rige las válvulas 59 de solenoide proporcionales en control de retroalimentación con el fin de mantener el valor efectivo de la inclinación del depósito 3 con respecto a la vertical igual a un valor preestablecido deseado (normalmente la condición ideal de una verticalidad perfecta) y en cualquier caso no por encima de un valor preestablecido máximo (por motivos obvios de seguridad y estabilidad de la estructura). En otras palabras, se establece de antemano un valor deseado (normalmente la condición ideal de verticalidad perfecta) de la inclinación

del depósito 3 con respecto a la vertical, y, durante el levantamiento, se usa el valor efectivo de la inclinación del depósito 3 con respecto a la vertical medido por el sensor 63 de inclinación como variable de retroalimentación por la unidad 61 de control para ajustar la abertura de las válvulas 59 de solenoide proporcionales de los tres conjuntos operativos. Normalmente, la señal de error de la inclinación del depósito 3 con respecto a la vertical (es decir, la diferencia entre el valor deseado y el valor efectivo de la inclinación del depósito 3 con respecto a la vertical) se procesa mediante uno o más reguladores PID para determinar una señal para impulsar las válvulas 59 de solenoide proporcionales. Por ejemplo, si durante el levantamiento el depósito 3 se inclina hacia un conjunto operativo, entonces la unidad 61 de control aumentará el flujo de aceite a este conjunto operativo y simultáneamente disminuirá el flujo de aceite a los otros dos conjuntos operativos. Es evidente que, si el valor efectivo de la inclinación del depósito 3 con respecto a la vertical supera el valor máximo, entonces el levantamiento se interrumpe inmediatamente para determinar y eliminar el motivo de dicha inclinación excesiva.

Gracias al control de retroalimentación descrito anteriormente, es posible garantizar que durante el levantamiento el depósito 3 mantendrá una inclinación correcta con respecto a la vertical y por tanto es posible llevar a cabo el levantamiento a una tasa promedio más alta que la tasa promedio usada hasta la actualidad. En cualquier caso, el levantamiento del depósito 3 se lleva a cabo normalmente a una tasa promedio baja para que esté siempre en condiciones estáticas. La tasa de operación baja garantiza un margen alto de seguridad en la operación de levantamiento desde el momento en que, si las acciones dinámicas se eliminan totalmente, es posible referirse a las normas para las condiciones estáticas. Además, el levantamiento puede detenerse en cualquier momento para permitir una monitorización, calibraciones, o modificaciones en el sistema de control eléctrico o en el sistema hidráulico.

La función de los sensores 62 de presión y de los sensores 60 de posición es monitorizar la situación del sistema con el fin de comprobar si, como un todo, el sistema está equilibrado (tal como puede esperarse en vista de un grado alto de simetría del propio sistema) o presenta cualquier desequilibrio que es potencialmente un índice de mal funcionamiento o similar. En otras palabras, puesto que el sistema tiene un grado extremadamente alto de simetría, la presión del aceite tendría que ser igual en las tres válvulas 59 de solenoide proporcionales, y la expansión tendría que ser la misma para todos los gatos 14 hidráulicos. Si esto no sucede, es posible que haya un mal funcionamiento, lo que es recomendable investigar.

Según una realización diferente, el levantamiento del depósito 3 se realiza expandiendo conjuntamente los gatos 14 hidráulicos de sólo un conjunto operativo a la vez, mientras que los gatos 14 hidráulicos de los otros dos conjuntos operativos se mantienen en un estado de pausa. En otras palabras, el levantamiento del depósito 3 prevé una expansión simultánea de los gatos 14 hidráulicos de sólo un conjunto operativo a la vez para permitir en cada etapa un levantamiento de 1-3 cm. Este procedimiento produce rotaciones menores del depósito 3 con respecto al plano horizontal, y se permiten dichas rotaciones debido al efecto de compensación previsto por la elasticidad global del sistema.

Debe considerarse que el depósito 3 desde el punto de vista estático está reposando en tres puntos (los centroides A de empuje) dotados de una articulación esférica. Por este motivo, es posible llevar a cabo el levantamiento activando un conjunto operativo a la vez, y el depósito 3 entero rotará alrededor del eje que pasa a través de los centroides A de empuje de los otros dos conjuntos operativos en condiciones de pausa, sin ningún efecto inicial de los estados de restricción de una naturaleza estáticamente indeterminada.

Generalmente, el depósito 3 experimenta, en cada etapa de levantamiento, una inclinación con respecto a la vertical de fracciones de un grado; la componente a lo largo de dicho plano inclinado del peso del depósito 3 es muy modesta y por tanto insignificante.

Según una realización adicional, los gatos 14 hidráulicos no se dividen en los tres conjuntos operativos descritos anteriormente, sino que forman un solo conjunto operativo. En otras palabras, los circuitos hidráulicos de todos los gatos 14 hidráulicos están conectados a través de una misma válvula 59 de solenoide proporcional a una bomba de aceite. En esta realización, todos los gatos 14 hidráulicos se expanden conjuntamente.

Según lo que se ilustra en la figura 18, cada gato 14 hidráulico es un gato hidráulico de doble acción y comprende una cámara 66 inferior y una cámara 67 superior, que están diseñadas para llenarse con aceite presurizado, están dotadas de pistones respectivos 68 conectados a la vara 16 móvil, y se llenan y vacían alternativamente para desplazar la vara 16 móvil en dos sentidos opuestos. En la realización ilustrada en la figura 18, se proporciona un único pistón 68 común para ambas cámaras 66 y 67, es decir, un único cuerpo que realiza la función de pistón para ambas cámaras 66 y 67.

En particular, con el fin de expandir un gato 14 hidráulico se llena la cámara 66 inferior a través de una abertura 69 de entrada/salida, y simultáneamente se vacía la cámara 67 superior a través de una abertura 70 de entrada/salida. Con el fin de retraer un gato 14 hidráulico, se vacía la cámara 66 inferior a través de la abertura 69 de entrada/salida, y simultáneamente se llena la cámara 67 superior a través de la abertura 70 de entrada/salida.

Hay una válvula 71 proporcional colocada en una posición correspondiente a la abertura 70 de entrada/salida de cada gato 14 hidráulico, que está diseñada para obstruir la salida de aceite desde la cámara 67 superior.

5 En su uso, durante el levantamiento del depósito 3 se identifica cualquier posible gato 14 hidráulico que está menos cargado, que, debido a la carga inferior, se expande más que los otros (es decir, se expande más rápidamente, y por tanto, en uno mismo intervalo de tiempo, realiza una mayor expansión). La diferencia de carga entre los diversos gatos 14 hidráulicos se debe a una falta de simetría del conjunto. En otras palabras, debido a grados menores de falta de simetría, que son difíciles de evitar, el centroide A de empuje de los gatos 14 hidráulicos puede no coincidir con el centroide B del peso del depósito 3 y, debido a dicha diferencia, algunos gatos 14 hidráulicos se cargan menos que otros gatos 14 hidráulicos. Por consiguiente, dado el mismo empuje hidráulico, los gatos 14 hidráulicos menos cargados se expanden más rápidamente y por tanto determinan una inclinación progresiva del depósito 3 con respecto a la vertical.

15 Con el fin de identificar cualquier posible gato 14 hidráulico que esté menos cargado, es posible monitorizar (es decir, detectar) la expansión de todos los gatos 14 hidráulicos para determinar cualquier posible gato 14 hidráulico que se expanda más que los otros o bien es posible interpretar las señales suministradas por el sensor 63 de inclinación (es decir, mediante el análisis de la inclinación del depósito 3, es posible determinar la posición de los gatos 14 hidráulicos menos cargados, que se expanden más que los otros).

20 Una vez identificados los gatos 14 hidráulicos que están menos cargados (es decir, sometidos a una carga inferior), se aumenta hidráulicamente la carga en los gatos 14 hidráulicos menos cargados con el fin de equilibrar las cargas de todos los gatos 14 hidráulicos. Con el fin de aumentar hidráulicamente la carga de un gato 14 hidráulico, se obstruye la salida del aceite desde la cámara 67 superior que se vacía de aceite durante el desplazamiento hacia arriba de la vara 16 móvil. Dicha obstrucción se realiza cerrando la válvula 71 proporcional colocada en una posición correspondiente a la abertura 70 para la entrada/salida del aceite de la cámara 67 superior. En otras palabras, con el fin de compensar las diferencias en la carga en diversos gatos 14 hidráulicos, a la fuerza de gravedad que actúa sobre los gatos 14 hidráulicos se le añade, cuando sea necesario, una carga adicional de origen hidráulico (es decir, una carga de equilibrio ficticia) obtenida mediante la obstrucción de las válvulas 71 proporcionales de modo que la suma de la fuerza de gravedad y de la carga de origen hidráulico sea la misma para todos los gatos 14 hidráulicos. De esta manera, mediante el equilibrio de la carga global en todos los gatos 14 hidráulicos, el levantamiento del depósito 3 puede proceder a lo largo de un trayecto perfectamente vertical.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para la construcción de una torre (1) de agua fabricada de hormigón armado que comprende un lecho (2), un depósito (3) elevado, y un fuste (5) para soportar el depósito (3) encima del lecho (2); comprendiendo el método las etapas de:
  - 5 proporcionar el lecho (2) en el suelo;
 

completar el depósito (3) encima del lecho (2) y en la parte superior de un encofrado (9) para la formación del fuste (5), que comprende un armadura (8) anular desmontable que tiene una sección interna idéntica a la del fuste (5) que va a formarse y de una altura más pequeña que la del propio fuste (5), medios (21, 22) de conexión que se extienden entre la armadura (8) y el depósito (3) para hacer que
  - 10 la armadura (8) y el depósito (3) sean fijos uno con respecto a otro, y una pluralidad de gatos (14) hidráulicos distribuidos alrededor de la armadura (8) y que comprenden cada uno una vara (16) móvil superior, un pie (17) tubular inferior, y medios (18) de reposo acoplados al pie (17) tubular;
 

realizar una primera colada de un primer segmento (28) del fuste (5) que se define por la armadura (8) mantenida en contacto con el lecho (2) y abarca los pies (17) tubulares de los gatos (14) hidráulicos;
  - 15 desplazar las varas (16) móviles de los gatos (14) hidráulicos hacia arriba desde una posición inicialmente retraída hasta una posición extraída, determinando así el levantamiento del depósito (3) y de la armadura (8) para un tramo dado;
 

llevar a cabo, para al menos un gato (14) hidráulico, y en sucesión para todos los otros gatos (14) hidráulicos, las operaciones de avance que consisten en: poner la vara (16) móvil correspondiente en la
  - 20 posición retraída,
 

determinar así el levantamiento del gato (14) hidráulico correspondiente para el tramo dado; y poner el gato (14) hidráulico de vuelta en una acción sin levantar el depósito (3);

llevar a cabo una segunda colada de un segundo segmento (28) del fuste (5) definido por la armadura (8) encima del primer segmento (28); y
  - 25 repetir las operaciones de levantamiento, avance, y colada varias veces necesarias para completar el fuste (5);
 

estando caracterizado el método porque:

las operaciones de avance también consisten en alimentar con arena (30) a través del pie (17) tubular correspondiente y debajo de los medios (18) de reposo de cada gato (14) hidráulico de modo que
  - 30 cuando el gato (14) hidráulico se pone de vuelta en acción el gato (14) reposa sobre la arena (30) con los medios (18) de reposo;
 

cada gato (14) hidráulico es un gato hidráulico de doble acción y comprende dos cámaras (66, 67), que están diseñadas para llenarse con aceite presurizado, están dotadas de pistones (68) respectivos conectados a la vara (16) móvil, y se llenan y vacían alternativamente para desplazar la vara (16) móvil
  - 35 en dos sentidos opuestos;
 

comprende la etapa adicional de identificar al menos un gato (14) hidráulico que se somete a una carga menor que la de los otros gatos (14) hidráulicos debido a una falta de simetría del conjunto; y

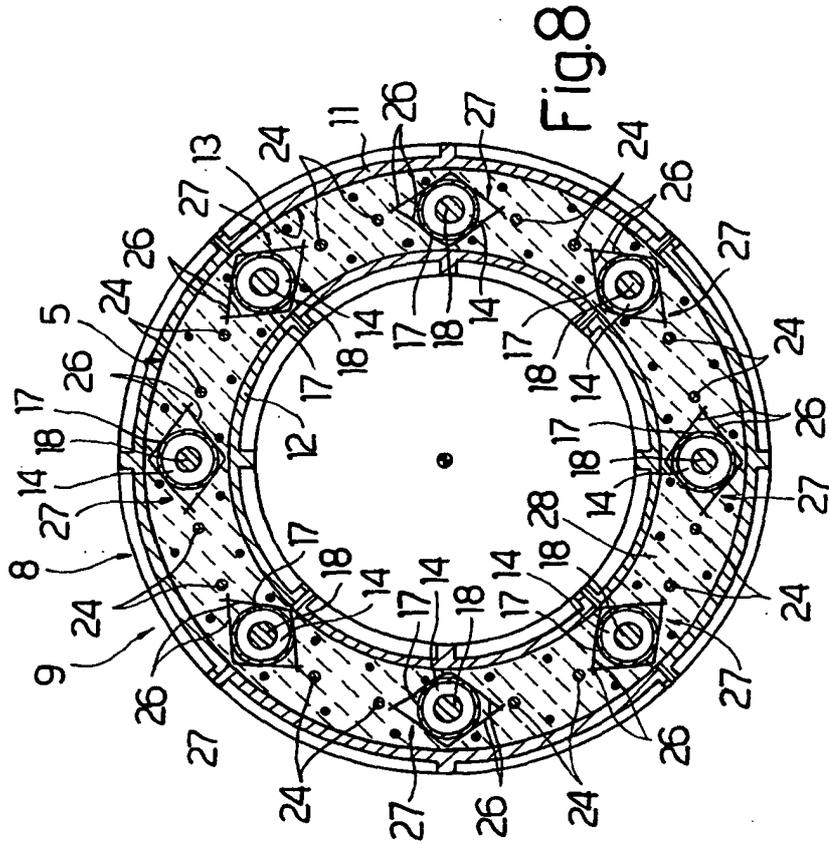
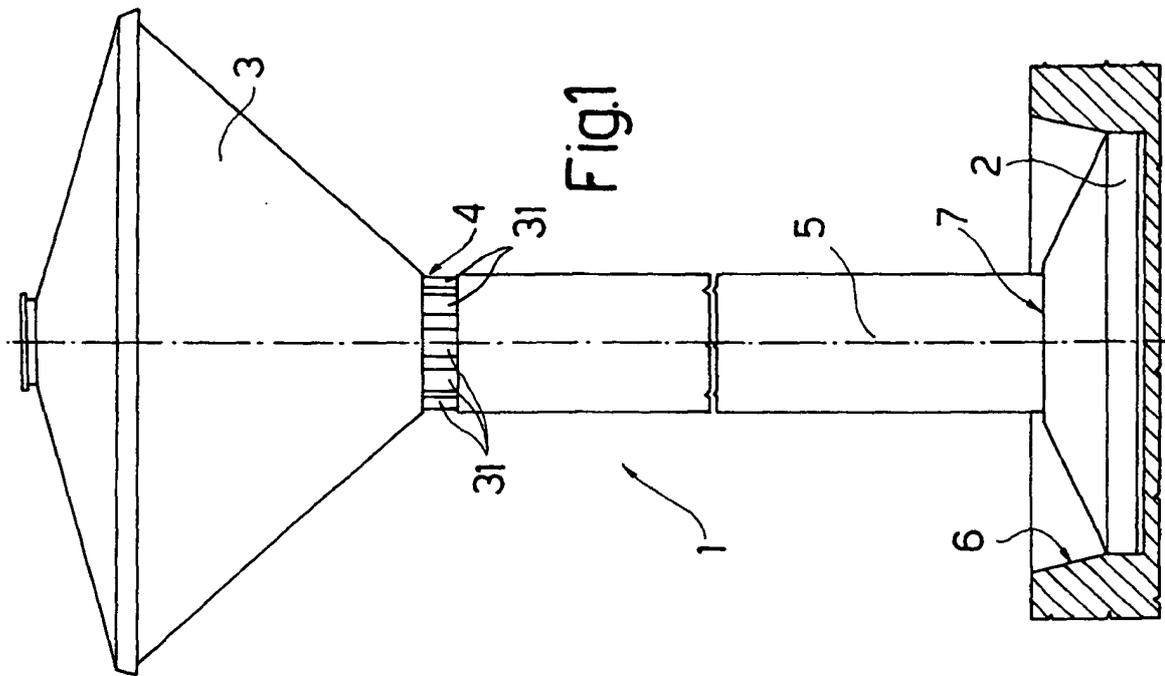
comprende la etapa adicional de aumentar hidráulicamente la carga del gato (14) hidráulico que se somete a una carga menor que la de los otros gatos (14) hidráulicos con el fin de equilibrar las cargas
  - 40 de todos los gatos (14) hidráulicos, obstruyendo la salida del aceite desde la cámara (67) que se vacía del aceite durante el desplazamiento hacia arriba de la vara (16) móvil.
2. Método según la reivindicación 1, y que comprende la etapa adicional de identificar un gato (14) hidráulico que se somete a una carga menor que la de los otros gatos (14) hidráulicos, identificar el gato (14) hidráulico que se ha expandido más que los otros gatos (14) hidráulicos durante el levantamiento del depósito (3) y de la armadura (8).
- 45 3. Método según la reivindicación 1 y que comprende la etapa adicional de identificar un gato (14) hidráulico que se somete a una carga menor que la de los otros analizando la inclinación del depósito (3) suministrada

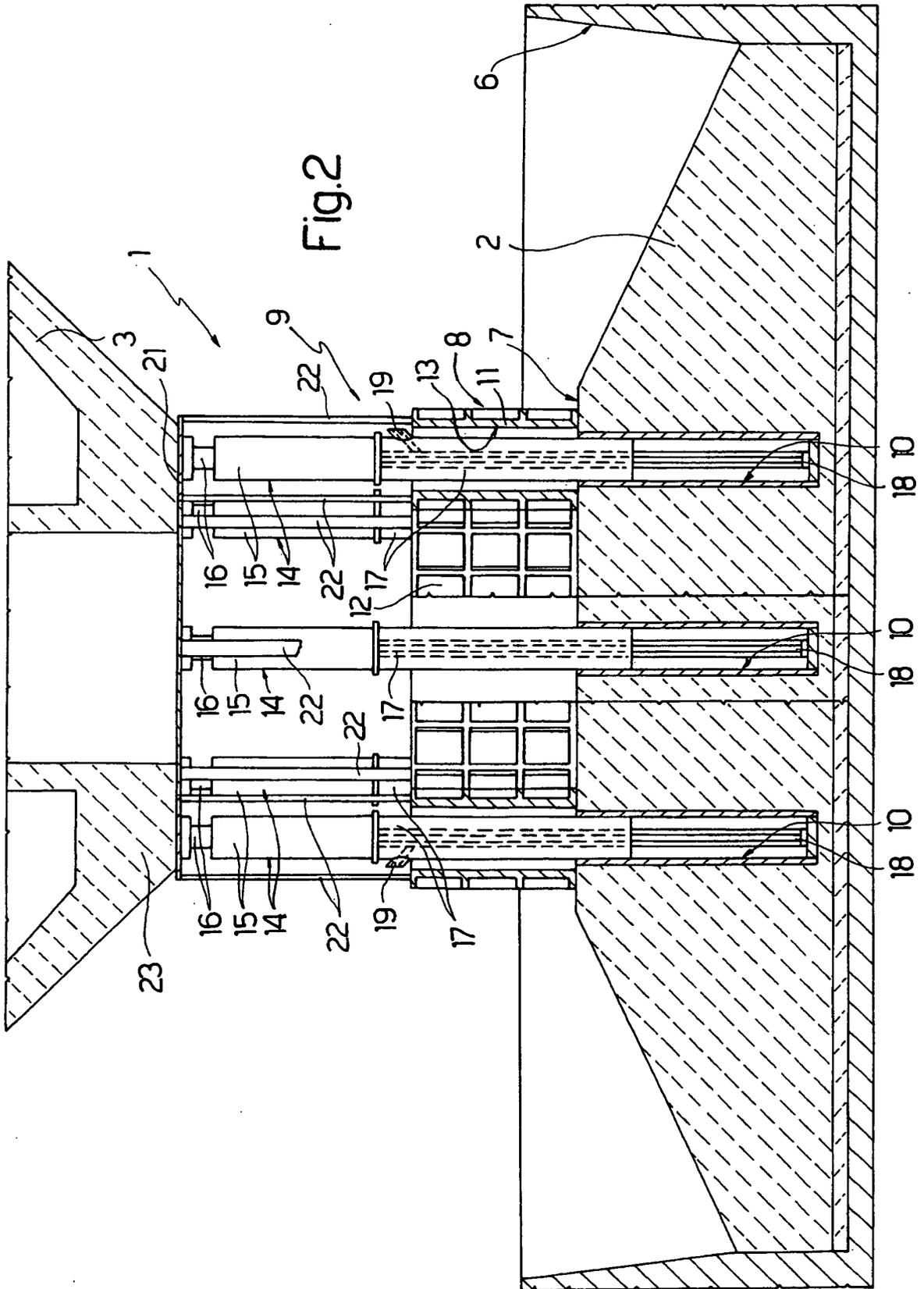
por al menos un sensor (63) de inclinación.

4. Método según la reivindicación 1, 2 ó 3 y que comprende la etapa adicional de obstruir la salida del aceite desde la cámara (67) que se vacía del aceite durante el desplazamiento hacia arriba de la vara (16) móvil cerrando una válvula (71) proporcional colocada en una posición correspondiente a una abertura (70) para la entrada/salida del aceite.
5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 y que comprende las etapas adicionales de:
- dividir los gatos (14) hidráulicos en tres conjuntos operativos, que son equivalentes entre sí, simétricos e independientes;
- alimentar a los gatos (14) hidráulicos de cada conjunto operativo por medio de una válvula (59) de solenoide proporcional respectiva;
- establecer un valor deseado de la inclinación del depósito (3) con respecto a la vertical;
- provocar el levantamiento del depósito (3) expandiendo conjuntamente los gatos (14) hidráulicos de los tres conjuntos operativos;
- determinar, durante el levantamiento del depósito (3), un valor efectivo de la inclinación del depósito (3) con respecto a la vertical; y
- impulsar las válvulas (59) de solenoide proporcionales de los tres conjuntos operativos en control de retroalimentación para mantener el valor efectivo de la inclinación del depósito (3) con respecto a la vertical igual al valor deseado.
6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 y que comprende las etapas adicionales de:
- dividir los gatos (14) hidráulicos en tres conjuntos operativos, que son equivalentes entre sí, simétricos e independientes; y
- accionar conjuntamente los gatos (14) hidráulicos de sólo un conjunto operativo a la vez de modo que el levantamiento del depósito (3) se produzca de una manera estática accionando conjuntamente los gatos (14) hidráulicos de sólo un conjunto operativo a la vez mientras que los gatos (14) hidráulicos de los otros dos conjuntos operativos se mantienen en condiciones de pausa.
7. Método según la reivindicación 5 ó 6, en el que los tres conjuntos operativos son equivalentes entre sí, es decir, cada uno comprende un mismo número de gatos (14) hidráulicos, y son simétricos un con respecto a otro, es decir, los centroides (A) de empuje de los tres conjuntos operativos corresponden a los vértices de un triángulo equilátero centrado en el centroide (B) del peso del depósito (3).
8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 y que comprende la etapa adicional de monitorizar constantemente el depósito (3) durante el levantamiento por medio de una unidad (40) de control, que está conectada a un sensor (63) de inclinación que mide en tiempo real la inclinación del depósito (3) con respecto a la vertical.
9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que:
- se proporciona en el lecho (2) una pluralidad de conductos (10) tubulares verticales abiertos en la parte superior; cada gato (14) hidráulico se coloca de manera coaxial a un conducto (10) tubular respectivo, se monta inicialmente con su propio pie (17) tubular enganchado deslizadamente dentro del conducto (10) tubular correspondiente, y reposa con sus propios medios (18) de reposo en un extremo inferior del propio conducto (10) tubular respectivo; los medios (18) de reposo comprenden, para cada gato (14) hidráulico, una vara (18) de reposo fija dirigida verticalmente hacia abajo y a través del pie (17) tubular correspondiente, del que sobresale con un tramo de extremo inferior del mismo colocado inicialmente en contacto con el extremo inferior del conducto (10) tubular correspondiente.
10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que:
- se proporciona en el lecho (2) una pluralidad de conductos (10) tubulares verticales abiertos en la parte superior; cada gato (14) hidráulico se coloca de manera coaxial a un conducto (10) tubular respectivo, se monta inicialmente con su propio pie (17) tubular enganchado deslizadamente dentro del conducto (10)

tubular correspondiente, y reposa con sus propios medios (18) de reposo en un extremo inferior del propio conducto (10) tubular respectivo; y los medios (18) de reposo comprenden, para cada gato (14) hidráulico, un elemento (18) tubular dotado en la parte inferior con una placa (32) de cierre, que tiene al menos un orificio (33) pasante para permitir un flujo de rebosamiento de la arena (30) hacia abajo.

- 5 11. Método según la reivindicación 10, en el que la placa (32) de cierre tiene forma de reloj de arena y tiene un único orificio (33) central pasante con el fin de favorecer el flujo de rebosamiento de la arena (30) hacia abajo y obstaculizar el flujo de retorno de la arena (30) hacia arriba.
- 10 12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 y que comprende la etapa adicional de desenrollar progresivamente, durante el levantamiento del fuste (5), los cables (24) de compactación previa conectados fijamente al lecho (2) desde tambores (25) portados por el depósito (3).
- 15 13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que: el depósito (3) comprende una tubería (37) central, que es coaxial al fuste (3), y está formada por una unión de una pluralidad de segmentos (45) tubulares apilados uno encima de otro; los segmentos (45) que constituyen la tubería (37) central están empaquetados conjuntamente por medio de una pluralidad de barras (47) de conexión de compactación previa, que se extienden desde una pared (34) inferior plana del depósito (3) hasta una placa (47) para el cierre superior de la tubería (37) central.
14. Método según la reivindicación 13, en el que cada barra (47) de conexión está constituida por un conjunto de hebras metálicas dentro de un orificio (48) pasante vertical realizado a través de una pared lateral de los segmentos (45) que constituyen la tubería (37) central.
- 20 15. Método según la reivindicación 13 ó 14, en el que la tubería (37) central tiene una pestaña (43) anular externa que soporta centralmente una cubierta (39) del depósito (3).





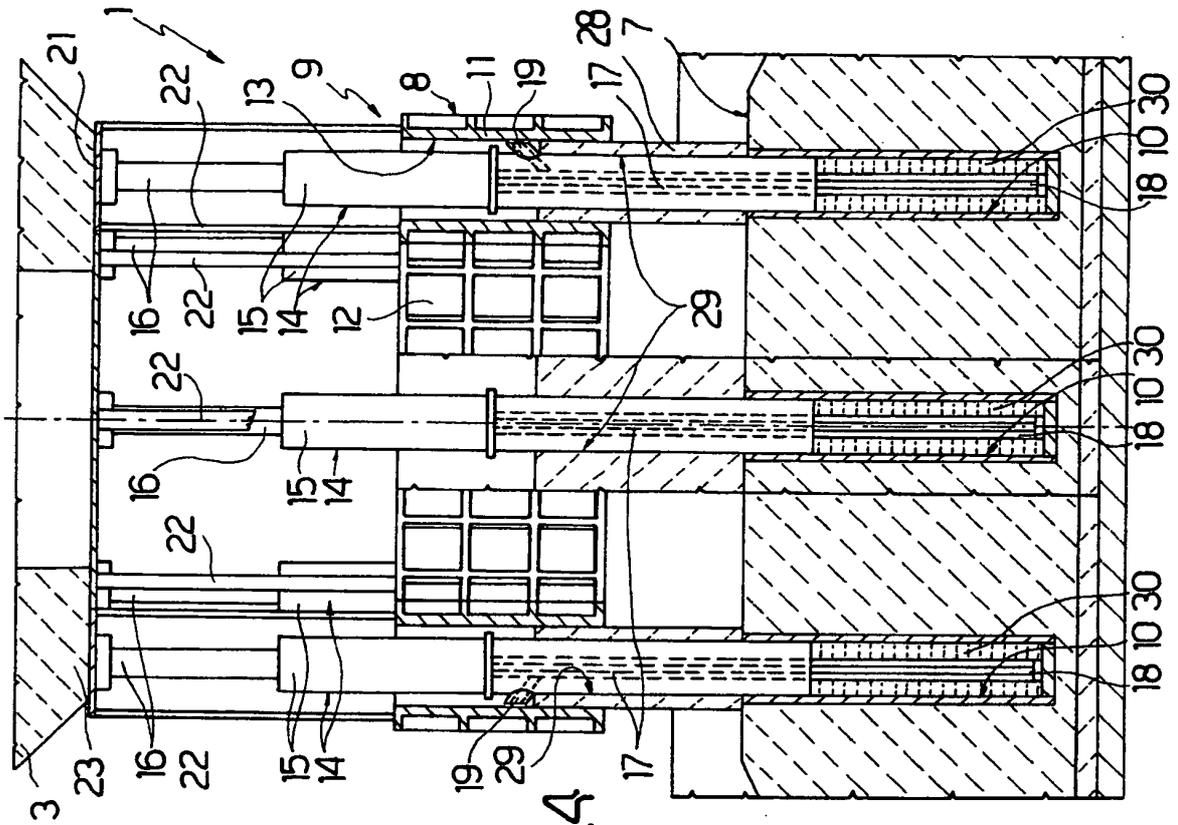


FIG. 4

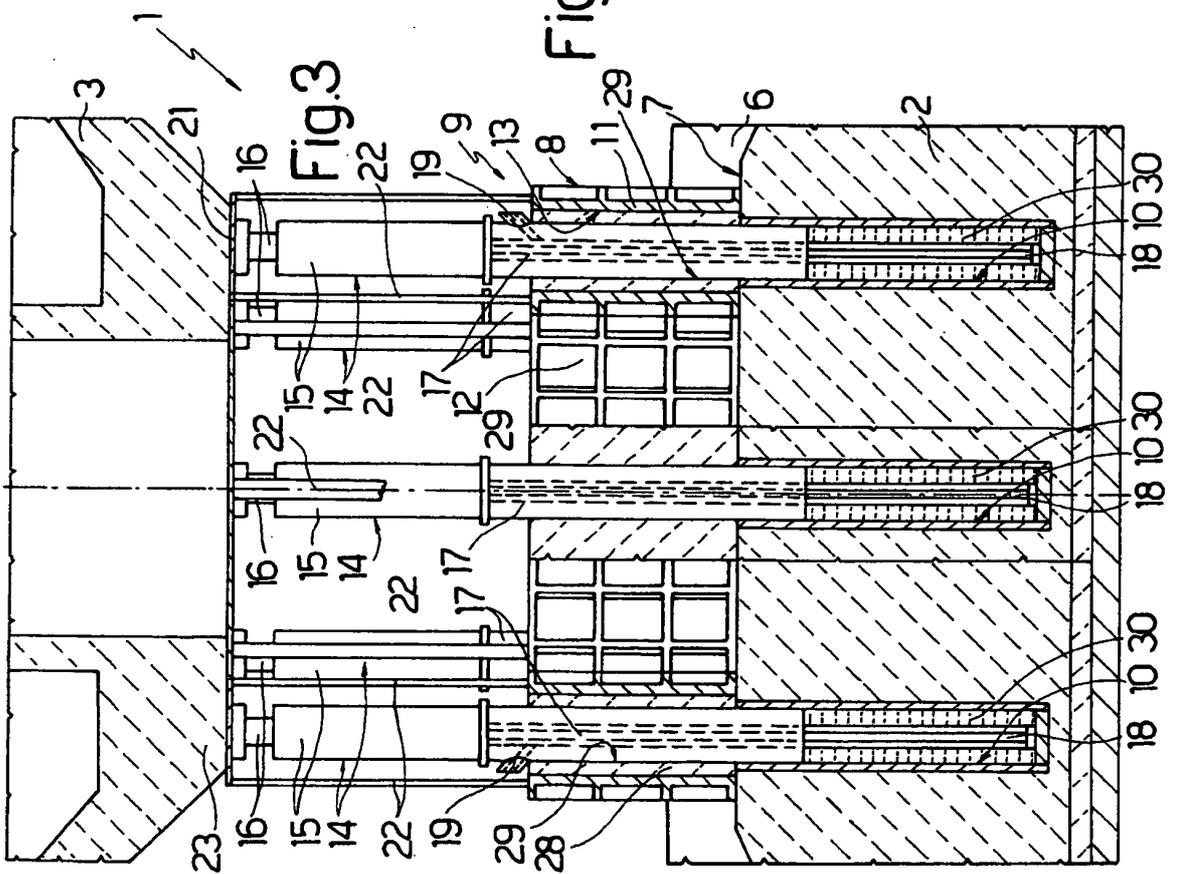
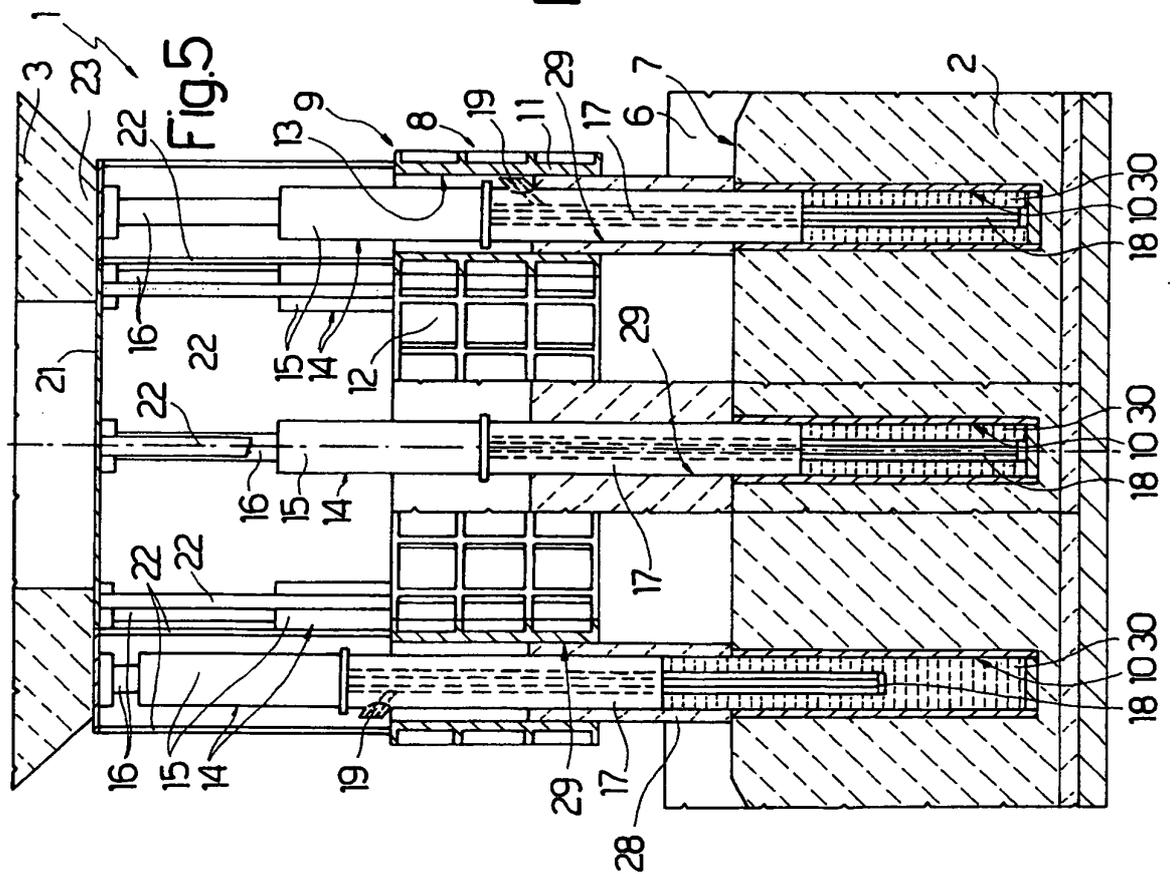
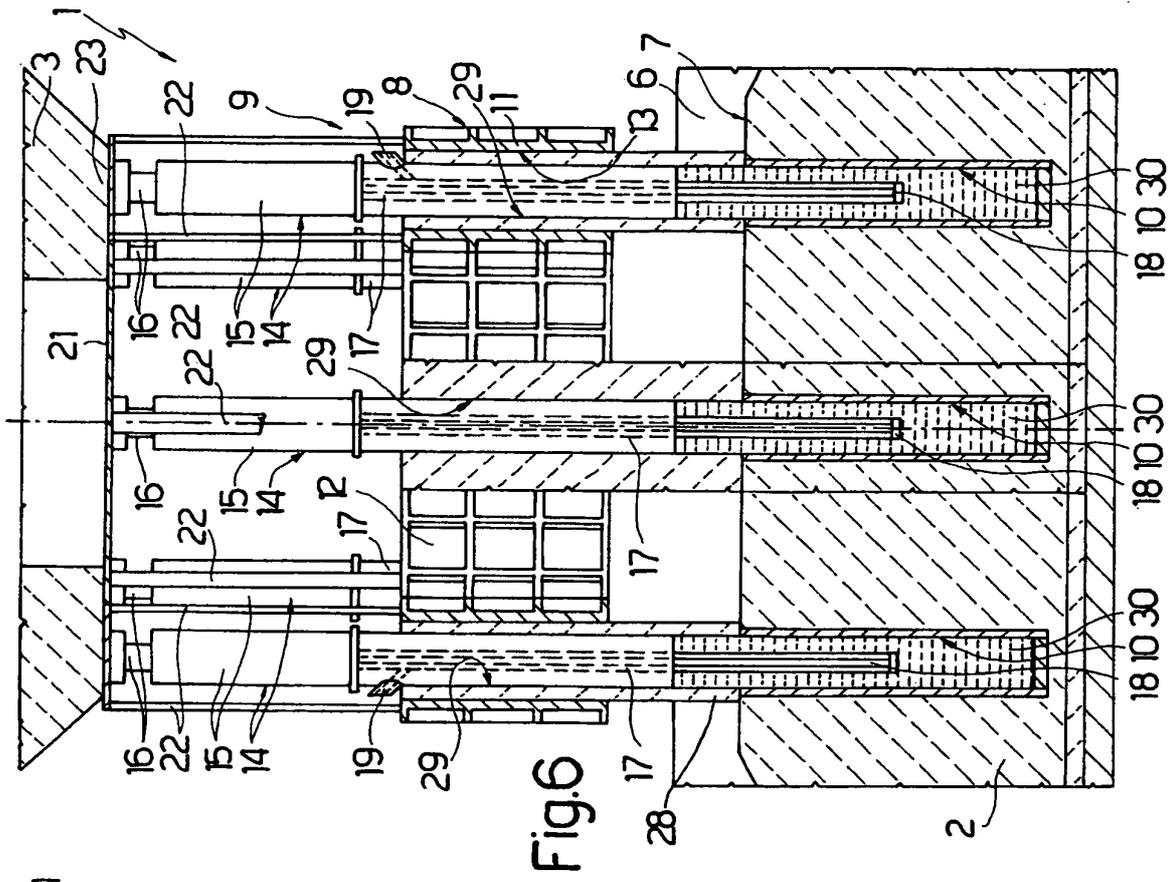
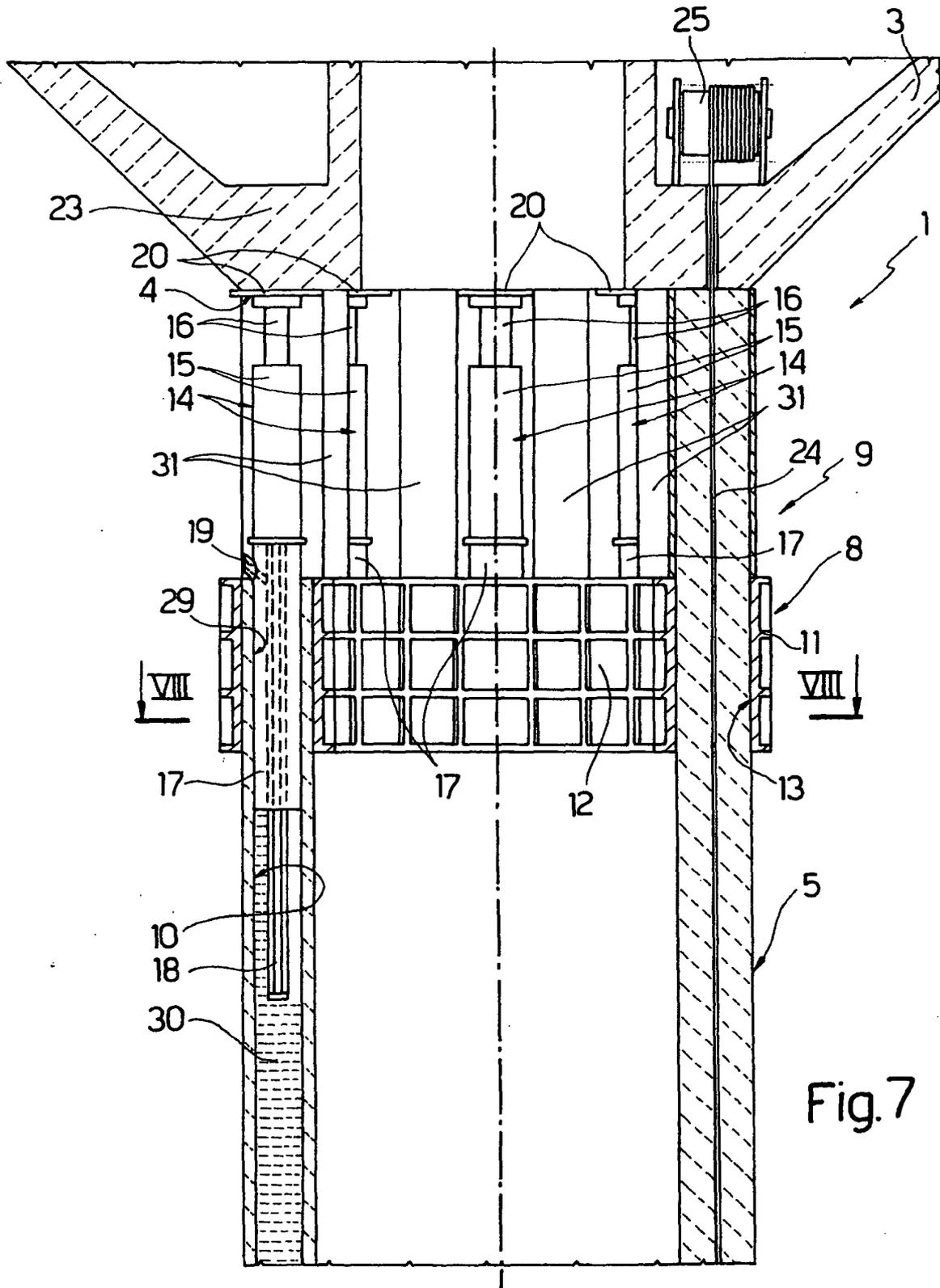
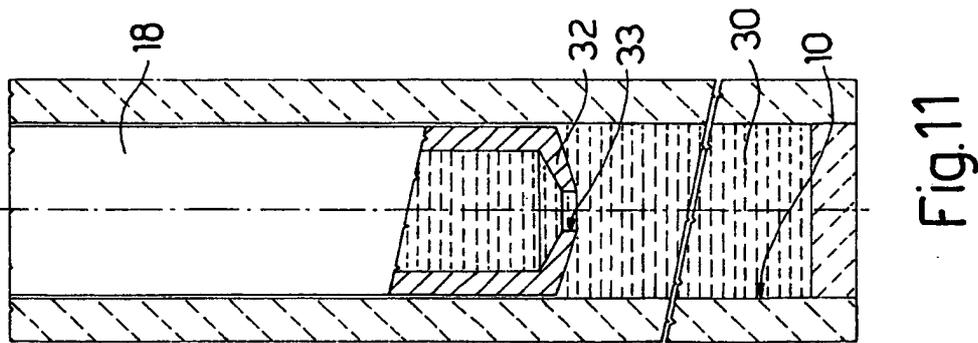
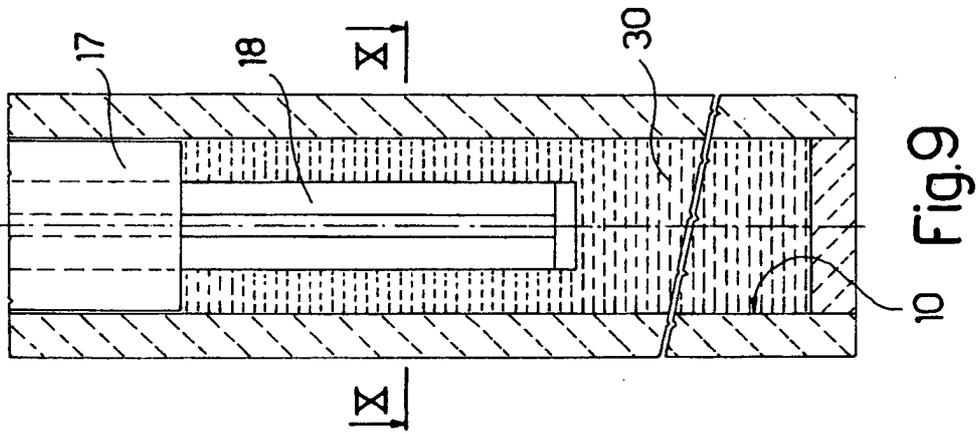
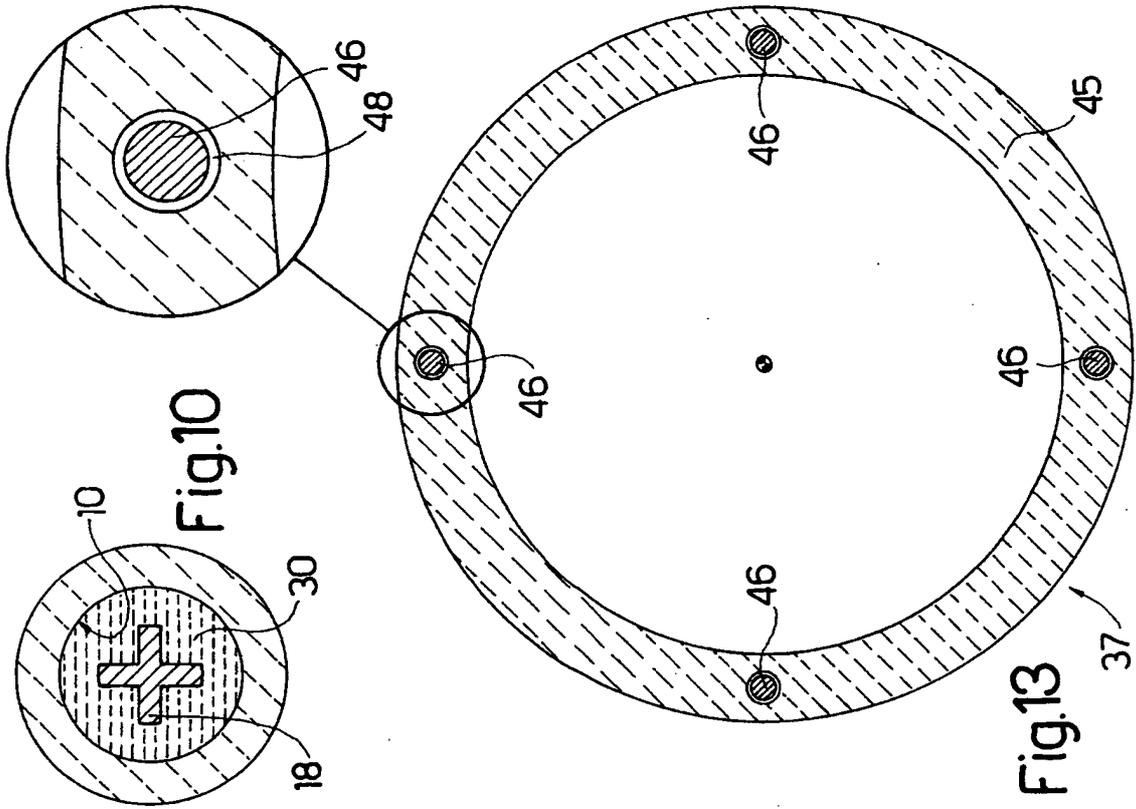


FIG. 3







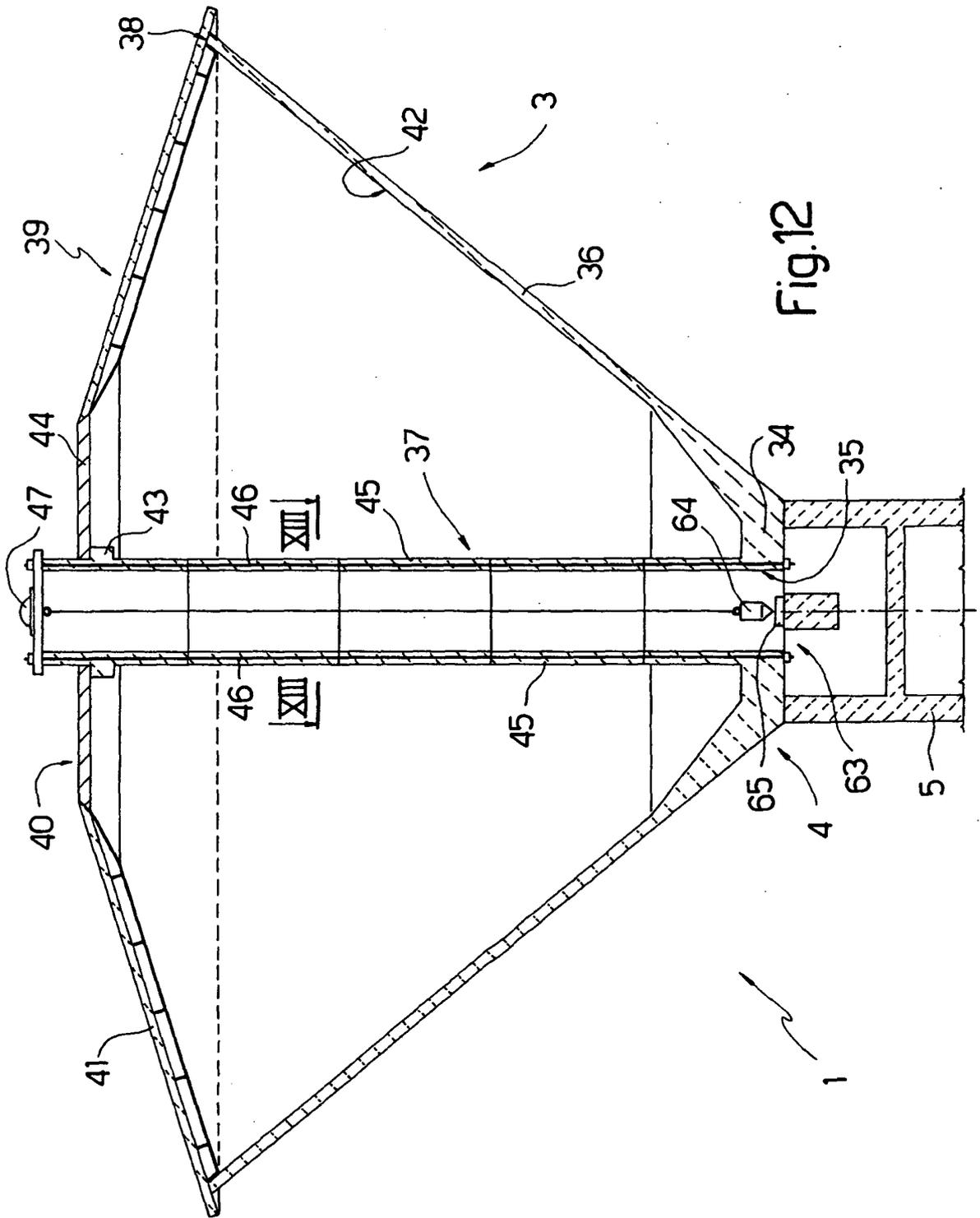


Fig.12

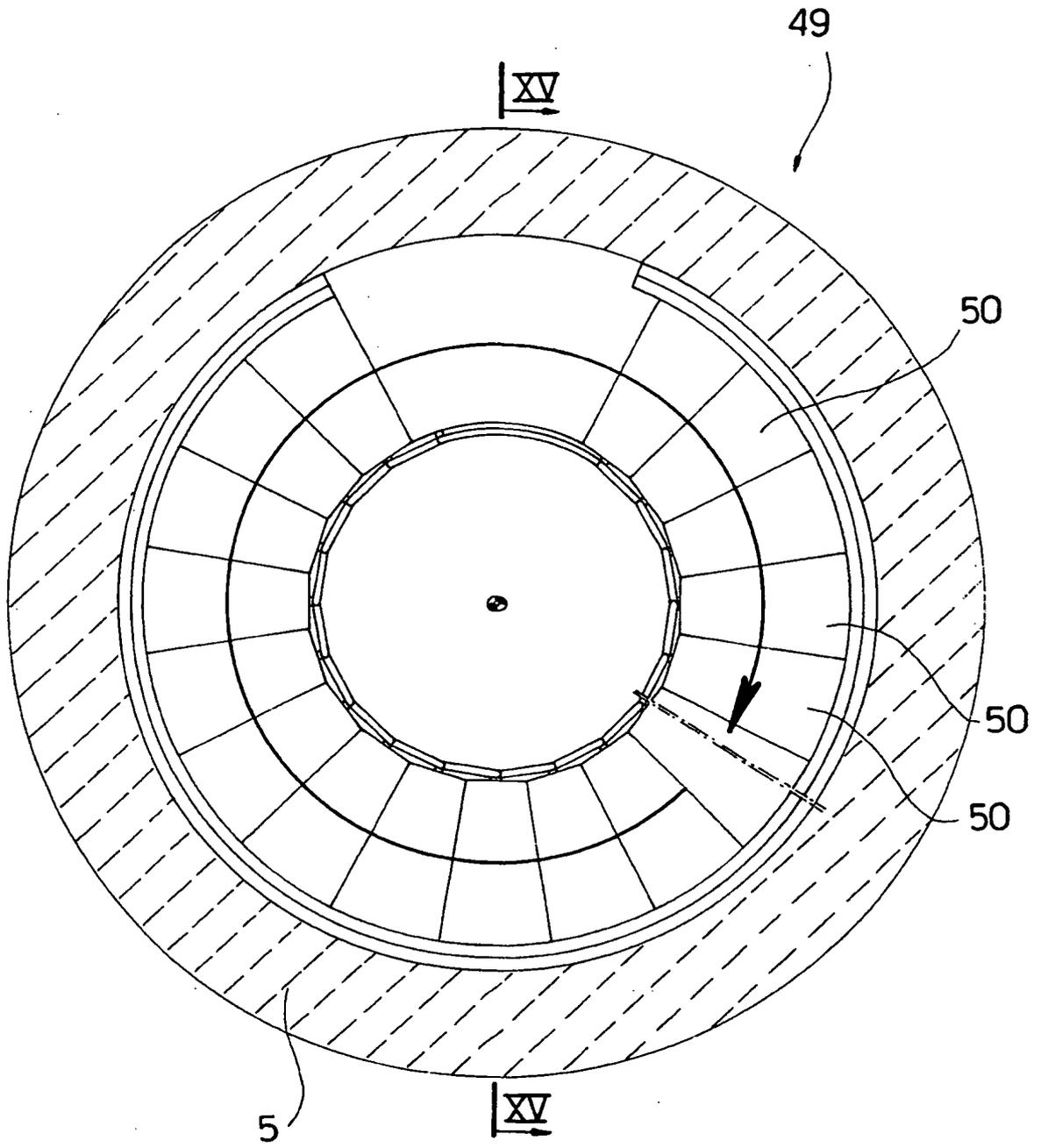


Fig.14

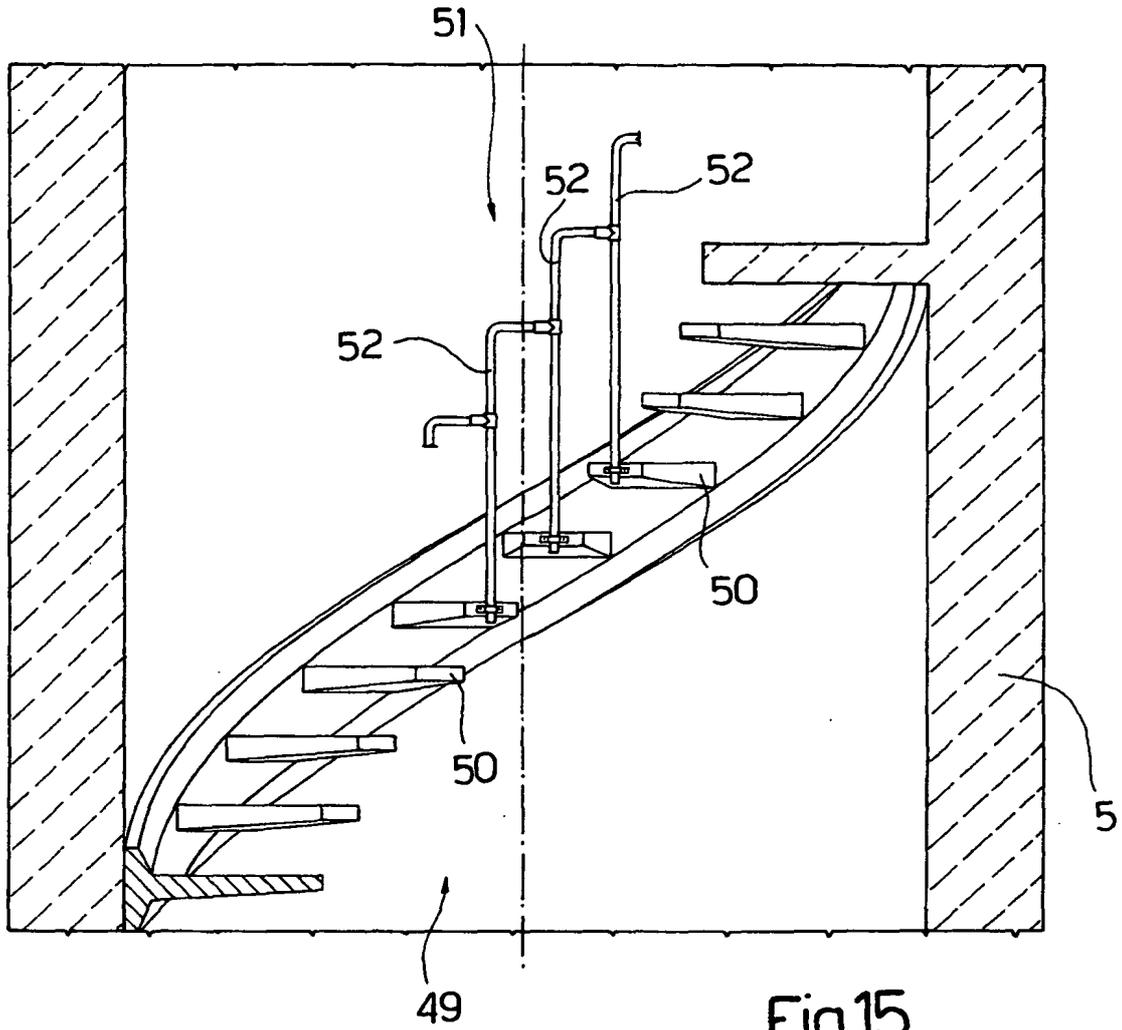


Fig.15

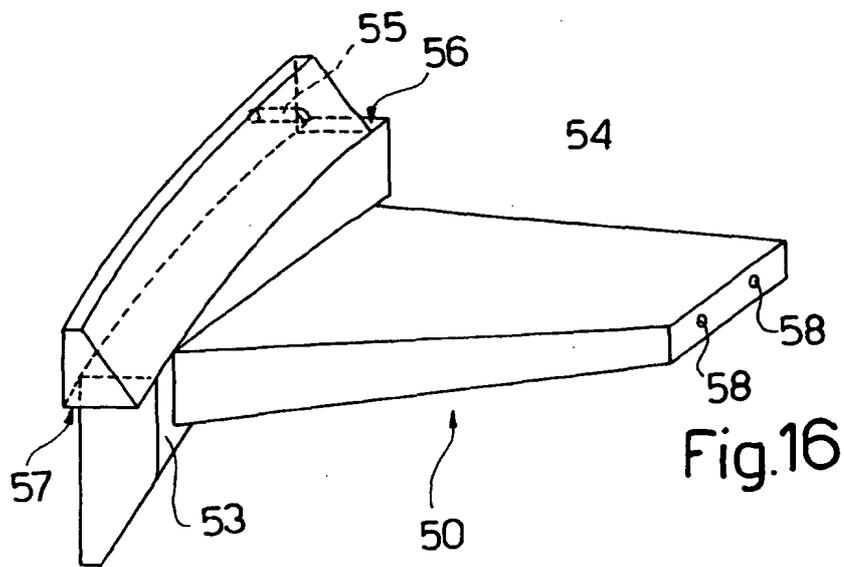


Fig.16

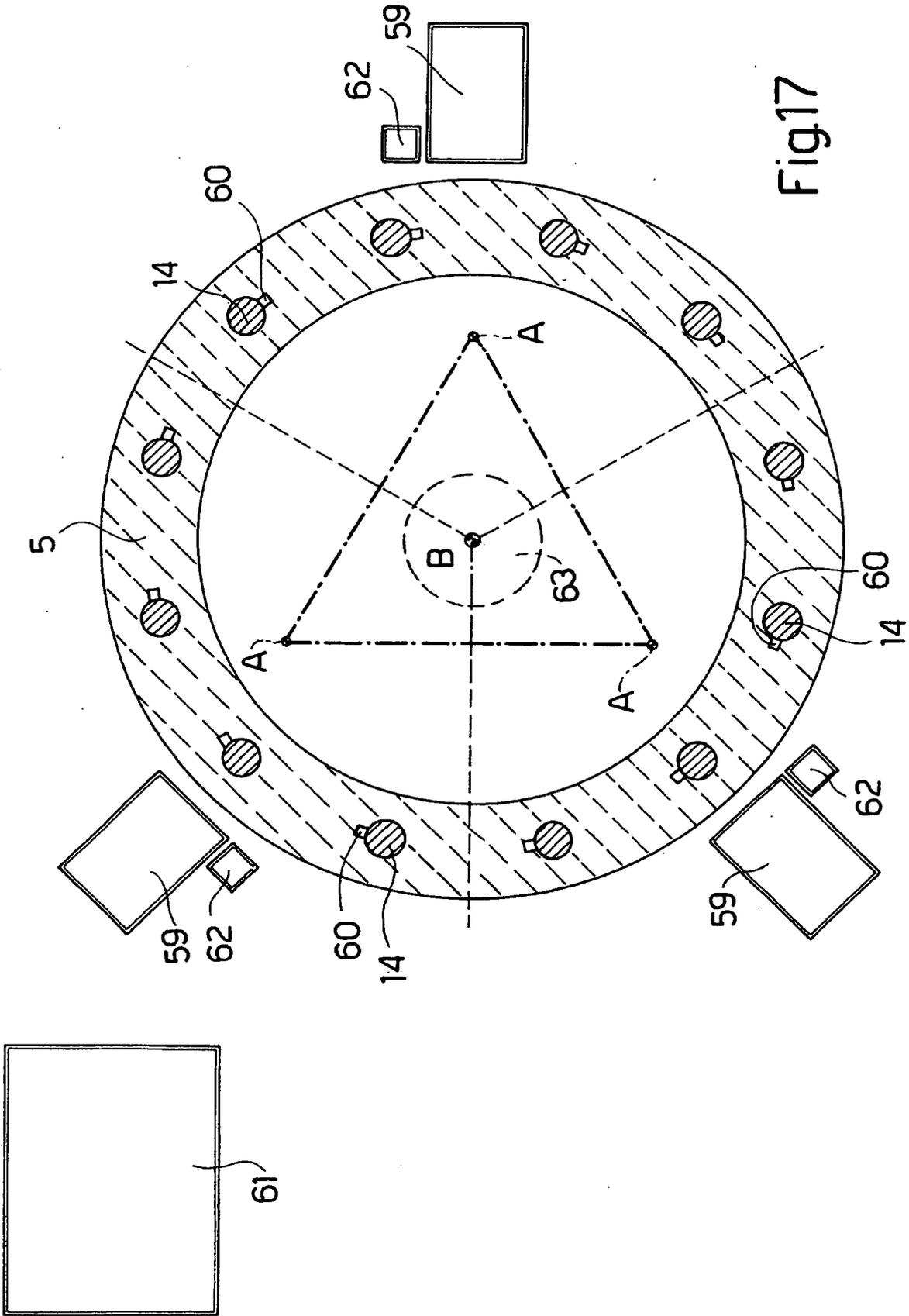


Fig17

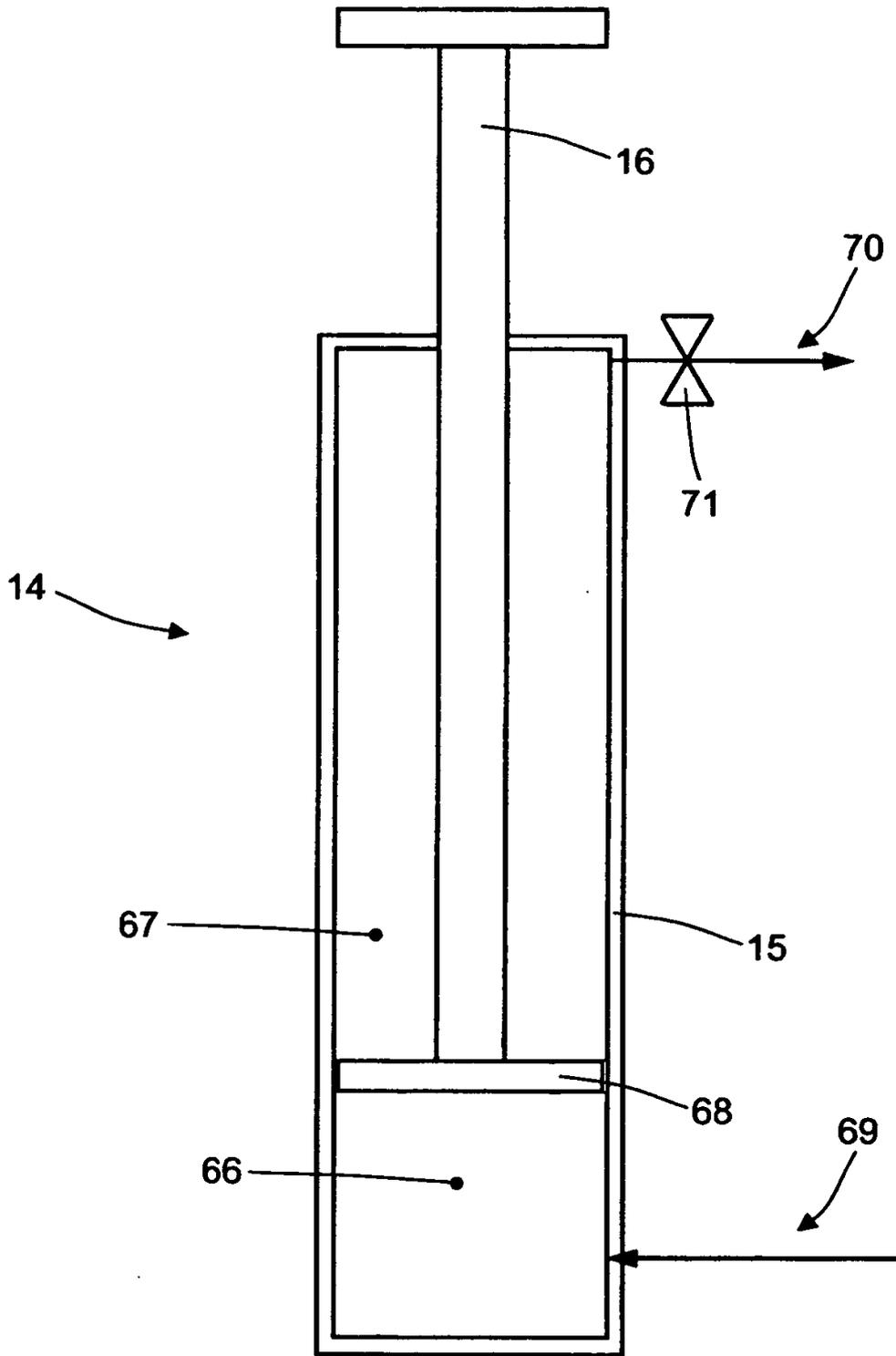


Fig.18