

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 740**

51 Int. Cl.:

B29C 64/106 (2006.01)

B29C 64/236 (2006.01)

B29C 64/20 (2006.01)

E04B 1/16 (2006.01)

E04B 1/35 (2006.01)

E04G 21/04 (2006.01)

B28B 1/00 (2006.01)

B33Y 10/00 (2006.01)

B33Y 30/00 (2006.01)

B29C 64/209 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2015 E 15823610 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 3233430**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de fabricación de estructuras tridimensionales realizadas en capas sucesivas**

30 Prioridad:

16.12.2014 FR 1402869

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

04.04.2019

73 Titular/es:

**ROCHER, XAVIER (100.0%)
41,rue du général Leclerc
78400 CHATOU, FR**

72 Inventor/es:

ROCHER, XAVIER

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 707 740 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento de fabricación de estructuras tridimensionales realizadas en capas sucesivas.

5 La presente invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento de fabricación de estructuras tridimensionales a partir de productos pastosos o plásticos extendidos en capas delgadas, preferentemente en capas planas superpuestas.

Este tipo de dispositivo se conoce más particularmente con el nombre genérico de "impresora 3D".

10 La presente invención está destinada más particularmente a la fabricación de estructuras tridimensionales de dimensiones muy grandes, y en particular en el campo de la construcción de edificaciones permanentes, es decir en morteros que comprenden un aglutinante hidráulico, tales como cal o cemento, aligerados o no, preferentemente morteros aislantes y resistentes, preferentemente con fibras.

15 En este caso, en el campo de las impresoras 3D se entiende por "estructura" unos prototipos o unas pequeñas series de piezas tales como elementos de bombas, estatuillas, frascos o cualquier otra pieza que anteriormente se moldeaban o fabricaban de manera totalmente manual y que, gracias a estas máquinas, son diseñadas por ordenador en forma de modelos 3D digitales y están realizadas de manera totalmente automática, capa por capa, mediante dicha impresora 3D.

En el campo de la construcción, se tratará de la realización de edificaciones, por ejemplo de pabellones, inmuebles, almacenes o cualquier otro tipo de construcción que necesite estructuras sólidas y rápidas de construir.

25 Las técnicas de construcción han evolucionado mucho en las últimas décadas y siempre se ha buscado la simplificación y la automatización de manera que se aumente la calidad de los productos acabados reduciendo al mismo tiempo los costes y los plazos de fabricación.

30 Se conoce el principio de las impresoras 3D que consiste en diseñar un objeto de manera volumétrica y después fabricarlo capa por capa. Para ello, se corta el modelo digital 3D en secciones paralelas de grosor constante y la máquina deposita sucesivamente, capa por capa, la materia pastosa o líquida sobre cada uno de los planos, y esto de manera casi continua. Según las técnicas, la materia se deposita sobre la capa anterior o bien en forma de gotitas o bien en forma de hilo de materia plástica fundida y se distribuye mediante un cabezal de inyección, o bien incluso por fusión mediante un rayo láser de una capa delgada de polvo termofusible previamente depositada, o mediante polimerización de una película líquida mediante un rayo láser.

40 En general se busca una buena calidad del objeto acabado, lo cual conduce a realizar capas delgadas que, en determinados casos, pueden presentar del orden de la centésima de mm, lo cual necesita un tiempo de realización importante para realizar piezas de algunos decímetros cúbicos.

45 Esta técnica se ha utilizado recientemente para intentar fabricar de la misma manera, capa por capa, elementos de construcción, pequeñas edificaciones con ayuda de dispositivos robotizados o bien de tipo pórtico, o bien de tipo robots SCARA o incluso robots de tipo hexápodos, conocidos por el experto en la materia.

Todos estos dispositivos funcionan de manera automática a partir de un controlador de control digital, conocido por el experto en la materia en el campo de la robótica y que, debido a ello, sólo necesitan poca mano de obra durante la realización de la estructura.

50 Estas técnicas están bien adaptadas para la prefabricación de elementos en el taller o la realización de pequeñas obras, pero en el momento en que las dimensiones aumentan, es decir más allá de 5 m, incluso 10 m, los dispositivos se vuelven muy importantes, ya que deben ser muy precisos y por tanto muy rígidos.

55 Se conoce la patente FR 2 739 887 del solicitante que describe un dispositivo que permite posicionar en dos dimensiones con la ayuda de cables una herramienta sobre una pared inmensa, y más particularmente sobre una fachada de obra, plana o ligeramente curvada.

60 Se conocen los dispositivos utilizados desde hace más de una década para desplazar sobre un estadio, por encima de los jugadores o de los participantes, una cámara de manera que siga de cerca las actuaciones de los deportistas. El dispositivo está constituido por cuatro postes situados en general en los ángulos del estadio, en cuyo vértice se instalan unos cabrestantes rápidos pilotados de manera conocida por control digital, estando dichos cabrestantes unidos a la cámara mediante unos cables delgados, en general de Kevlar, el ajuste de la longitud de cada uno de los cables permite posicionar de manera correcta la cámara en un plano para obtener las imágenes buscadas. Pilotando el conjunto de los cabrestantes en tiempo real, se puede hacer que recorra una superficie que cubre casi la totalidad del estadio a unas velocidades a veces impresionantes.

65

- 5 Al posicionamiento de la cámara así realizado le falta mucha precisión, ya que los cables se tensan extremadamente para que la cámara pueda permanecer por encima de los atletas. En general la altitud de dicha cámara no se controla muy bien y en los medios se han notificado varios incidentes, más particularmente colisiones con los atletas. En esta aplicación, la precisión no tiene realmente ninguna importancia, ya que el objetivo buscado es posicionar de manera aproximada la cámara para obtener las imágenes impactantes buscadas.
- 10 Se conoce la patente US 2013/0292039 que describe un dispositivo de fabricación de estructuras 3D similar a las cámaras descritas anteriormente, estando las motorizaciones de los cables así como el cabezal de inyección y el depósito de material dispuestos a nivel del cabezal móvil en desplazamiento. En esta aplicación, las tensiones en los cables son considerables, incluso excluyentes en cuanto se intenta fabricar elementos de grandes dimensiones, ya que la totalidad de los esfuerzos verticales son recogidos por los cables unidos a los postes fijos.
- 15 Se conocen las patentes WO 2005/097476 y EP 1 872 928 que describen un pórtico cartesiano tridimensional de fabricación de estructuras tridimensionales de grandes dimensiones. En esta aplicación, las vigas horizontales del pórtico tridimensional de fabricación deben presentar una resistencia, y por tanto una inercia muy importante de manera que se limite la flecha sometida a carga para que los desplazamientos sean precisos y repetitivos. Estos dispositivos se describen más particularmente como destinados a prefabricaciones en fábrica de elementos de estructura. En este caso, la modularidad así como el peso considerable de los diversos elementos no están adaptados a una utilización directa en el sitio de construcción del edificio, ya que el material debe poder desplazarse fácilmente de una zona de obra a otra.
- 20 La presente invención pretende obtener un posicionamiento con una precisión extrema en las tres dimensiones XYZ y más particularmente en la dirección vertical Z, la más delicada de controlar por cuanto que las dimensiones de la estructura son importantes, incluso inmensas. La presente invención permite prescindir de instalaciones convencionales de tipo andamiaje o de estructuras pesadas de tipo pórtico, entendiéndose que unos dispositivos de este tipo deben ser extremadamente rígidos para garantizar un posicionamiento preciso.
- 25 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo industrial de fabricación de estructuras de grandes dimensiones automatizado.
- 30 La presente invención es un dispositivo de deposición de material pastoso destinado a la fabricación capa por capa de una estructura tridimensional de grandes dimensiones de acuerdo con la reivindicación 1.
- 35 Según un modo de realización de la invención, por lo menos uno de los primeros soportes es un poste (P), sustancialmente vertical, anclado en dicho suelo, que soporta un primer cabrestante (M).
- 40 Se comprende que los primeros soportes que soportan los primeros cabrestantes no están necesariamente al mismo nivel unos de otros, que pueden estar situados en altura solidarios a una edificación existente o estar constituidos por postes.
- 45 Según un modo de realización de la presente invención, el segundo soporte (5b) constituye la flecha de una grúa torre (5) anclada en el suelo (10), soportando dicha flecha dicho primer carro y siendo móvil en rotación con respecto a la torre.
- 50 En una variante de la invención, la viga (20b- 5b) constituye la viga sustancialmente horizontal de un pórtico (20) móvil según el eje horizontal YY, preferentemente perpendicular al eje XX de la viga.
- 55 En una variante preferida de la invención, el accionamiento de los tres primeros dispositivos de tensionado y preferentemente el accionamiento de dicho segundo dispositivo de tensionado y más preferentemente el desplazamiento de dicho primer carro, son pilotados por control digital desde un puesto de control (8) para desplazar dicho punto de deposición.
- 60 Según un modo de realización de la invención, la verticalidad del cable de suspensión (4a) se garantiza mediante el ajuste de los desplazamientos del primer carro (3) a lo largo de dicha viga y/o desplazamiento de dicha viga en un plano horizontal en traslación y/o rotación, preferentemente pilotados por control digital desde un puesto de control (8).
- 65 En una variante de la invención, la verticalidad del cable de suspensión (4a) se garantiza mediante ajuste de la posición en el plano horizontal XY del primer carro (3), basándose en informaciones procedentes de dos inclinómetros (11) solidarios a dicho cable de suspensión (4a) o del conducto (2a), estando dichos inclinómetros situados en dos planos verticales de referencia, preferentemente perpendiculares entre sí.
- Por tanto, la verticalidad del cable de suspensión (4a) se garantiza mediante el ajuste de la posición del carro correspondiente sustancialmente al mismo par de valores de coordenadas cartesianas xy o de valores en

coordenadas polares de (ρ) y del ángulo (φ) correspondiente al par de valores xy.

5 En otra variante de la invención, el conducto de suministro (2b) está suspendido de dicho primer cable de suspensión (4a) por medio de un soporte de guiado del tipo dispositivo de cuello de cisne, y el cabezal de deposición comprende una boquilla soportada por un soporte de guía (6) unido a dichos cables de posicionamiento (7).

10 Según un modo de realización de la invención, el primer cabrestante (4) es de tensión controlada y soporta del 40 al 95%, preferentemente del 70 al 85% del peso acumulado de la porción de conducto de suministro (2b) en suspensión sustancialmente vertical relleno de producto pastoso, del soporte de guía (6) y de la boquilla (2a), y dado el caso del cuello de cisne (4b), del cable de suspensión (4a) y de una porción de conducto (2b) en configuración de guirnalda.

15 Se comprende que el primer cabrestante puede soportar únicamente el conducto de suministro 2b, el soporte de guía 6 y la boquilla 2a, no existiendo el cuello de cisne y el cable de suspensión en determinadas variantes.

20 Según una variante preferida de la invención, se instalan por lo menos cuatro postes (P) respectivamente equipados con una pluralidad de cuatro primeros cabrestantes (M), que están respectivamente unido a dicho cabezal de deposición (2a) mediante una pluralidad de cables, desempeñando de manera secuencial tres cables de dicha pluralidad de cables el papel de cables de posicionamiento tensados, desempeñando los demás cables el papel de cables secundarios no tensados.

25 Según una variante preferida de la invención, el conducto de suministro (2b1) rodea el soporte de guía (6-6a), presentando este último un orificio axial de pequeño diámetro (6a1) en el que convergen el conjunto de los cables de posicionamiento (7).

La invención también consiste en un procedimiento de fabricación de estructuras tridimensionales a partir de productos pastosos depositados con la ayuda de un dispositivo según la invención, según la reivindicación 13.

30 El procedimiento está destinado más particularmente a la fabricación de estructuras de dimensión más pequeña en un plano horizontal de por lo menos 5 m, preferentemente por lo menos 10 m para la construcción de edificaciones permanentes.

35 Según un modo de realización, dicho material pastoso es una mezcla de productos inertes tales como arcilla, arena, paja, fibras de refuerzo, de plástico o de acero, y que comprende preferentemente un aglutinante hidráulico, tal como un cemento para formar un mortero resistente, aligerado o no, y preferentemente aislante. En una variante de la invención, dicho material pastoso comprende un material termofusible o termoendurecible, mono o multicomponente.

40 Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán a la luz de la siguiente descripción detallada de los modos de realización, en referencia a las figuras 1 a 5:

45 - la figura 1 es una vista lateral de una edificación en construcción con la ayuda de un dispositivo según un modo de realización de la invención que comprende una grúa torre, tres cabrestantes instalados respectivamente en el vértice de tres postes y respectivamente tres cables que unen un cabezal de inyección de mortero sostenido por el carro móvil de la flecha de grúa, llevando un conducto flexible el mortero,

50 - la figura 2A es una vista lateral del dispositivo según un modo de realización de la invención en curso de preparación, que ilustra unos medios de estabilización de los postes, unos vientos así como unos tirantes que unen el vértice de dichos postes, en la que un cabrestante motorizado solidario al carro móvil soporta el cabezal de inyección así como el conducto flexible que lleva el mortero,

55 - la figura 2B es una variante de la figura 2A, en la que dicho carro móvil soporta un simple juego de poleas, estando el cable que gira alrededor de dichas poleas unido a un contrapeso,

60 - la figura 3 es una vista en planta en vista desde arriba con respecto a la figura 1 que ilustra la construcción de los muros y tabiques interiores de una edificación, siendo tres cables activos 7-1, 7-2 y 7-3, es decir siendo unos cables de posicionamiento, siendo los cables 7-4, 7-5 y 7-6 unos cables secundarios, y por tanto inactivos en el posicionamiento en el instante considerado,

65 - la figura 4 es una vista lateral de un dispositivo según un modo de realización de la invención en el que las motorizaciones se desplazan a lo largo de los postes de tal manera que los cables de posicionamiento permanecen sustancialmente en un plano horizontal,

- la figura 5 es una vista lateral de un dispositivo según un modo de realización de la invención en el que la

ES 2 707 740 T3

grúa torre es sustituida por un pórtico que se desplaza sobre unos ralles,

- la figura 6 es una vista lateral de un dispositivo según un modo de realización de la invención en el que los cabrestantes están instalados en unas edificaciones existentes, estando el conducto de suministro suspendido en un punto fijo,
- la figura 7 es una vista lateral de un soporte de guía provisto de salientes de enganche de los cables de posicionamiento,
- las figuras 8A a 8D representan una variante de los medios de enganche de los cables de posicionamiento al soporte de guía 6.

En la figura 1 se ha representado en vista lateral una edificación 1 en curso de construcción con la ayuda de un dispositivo según un modo de realización de la invención. El dispositivo comprende:

- una grúa torre 5 que comprende un mástil 5a, una flecha 5b, un primer carro móvil 3 en la cara inferior de dicha flecha 5b apto para desplazarse en traslación en la dirección axial de dicha flecha, sustancialmente horizontal, y
- tres postes P1-P2-P3, posicionados en triángulo en la proximidad de la torre de tal manera que la rotación de la flecha 5b permita que el carro móvil 3 pase por lo menos sobre la superficie delimitada por dichos postes, y
- una boquilla 2a suspendida del primer carro 3 por medio de un cable 4a unido a un cabrestante 4 solidario a dicho primer carro 3, y
- un conducto de suministro de mortero 2b equipado en su extremo inferior con una boquilla 2a de deposición de mortero 2, estando dicho conducto unido a un soporte de tipo cuello de cisne 4b que garantiza localmente el soporte del conducto de suministro 2b del mortero en posición sustancialmente vertical, la continuación del conducto está suspendida a modo de guirnalda de una pluralidad de segundos carros 2d móviles en traslación en la cara inferior a lo largo de dicha flecha 5b hacia el poste 5a de la grúa torre, y después desciende preferentemente al interior de dicho poste y vuelve a salir en la base del poste en la que se une a dicha bomba de mortero 2c.

La boquilla 2a es solidaria a una guía 6 unida a tres cables 7-1, 7-2 y 7-3, estando estos últimos unidos en el otro extremo respectivamente a tres cabrestantes M1, M2 y M3 situados, preferentemente a la misma altura, respectivamente en el vértice de tres postes P1, P2 y P3 anclados en el suelo 10, respectivamente en P1a, P2a y P3a. El accionamiento de cada uno de los cabrestantes M1-M2-M3 es pilotado por control digital desde un puesto de control 8 representado en la figura 2A, dirigiéndose la alimentación de potencia eléctrica de los cabrestantes, no representada, respectivamente a lo largo de cada uno de los postes, las instrucciones de accionamiento de los cabrestantes y de movimiento de la boquilla 2a se transmiten o bien mediante cable blindado o fibra óptica, o bien preferentemente por radio tal como se representa en dicha figura 2A a nivel de las antenas M1a, M2a y M3a para pilotar respectivamente los cabrestantes M1, M2 y M3, siendo las órdenes de posicionamiento emitidas por la antena 8a del controlador de control 8. Por tanto, desde el controlador 8 se ajusta la longitud L de cada uno de los cables 7-1, 7-2 y 7-3, a saber L1-L2-L3, entre el soporte de guía 6 y respectivamente cada uno de los cabrestantes M1-M2-M3. Por tanto, el punto de intervención de dichos tres cables está situado sustancialmente en el eje longitudinal del soporte de guía 6, y define de manera unívoca un punto preciso en el espacio de coordenadas xyz, estando dicho punto de intervención de los tres cables situado por debajo del plano de dichos tres cabrestantes. Por tanto, la guía 6 puede desplazarse, y por tanto el cabezal de extrusión o la boquilla 2a, en todas las direcciones, es decir las tres direcciones X, Y y Z, ajustando la longitud respectiva L1-L2-L3 de cada uno de los tres cables 7-1, 7-2 y 7-3 desde el puesto de control 8.

En la figura 3 se ha representado en planta en vista desde arriba la edificación en curso de construcción. El cabezal de extrusión, no visible ya que está situado bajo la flecha 5b de la grúa 5 y bajo el primer carro 3, se posiciona de manera unívoca en el espacio, mediante el conjunto de los tres cables 7-1, 7-2 y 7-3. En esta configuración, el cabezal de extrusión o boquilla 2a sólo se puede desplazar en el interior del triángulo formado por los tres postes P1-P2-P3. Por eso se añade una pluralidad de postes, de cabrestantes y de cables adicionales, a saber tres postes P4-P5-P6 dispuestos de tal manera que el polígono generado por el conjunto de los postes contiene la totalidad de la edificación a construir. Sólo se utilizarán tres del conjunto de estos cables para el posicionamiento de precisión de la boquilla 2a, según la zona de construcción de la estructura.

Para ello, conviene considerar dos tipos de función, y por tanto de estado, para cada uno de dichos cables:

- por un lado, unos cables denominados "cables de posicionamiento": tales como los cables 7-1, 7-2 y 7-3 en el caso de esta figura 3 que garantizan de manera unívoca el posicionamiento en el espacio del cabezal de extrusión 2a sobre una superficie limitada al interior del cilindro de eje vertical ZZ y de sección

triangular formada sustancialmente por los tres postes P1-P2-P3, y

- por otro lado, unos cables denominados "cables secundarios" ya que no participan en el posicionamiento en el espacio, tales como los cables 7-4, 7-5 y 7-6 en el caso de esta figura 3, no estando dichos cables tensados en este caso, y permaneciendo por tanto ligeramente holgados,
- durante el proceso de posicionamiento de la boquilla 2a en el conjunto de la superficie de la edificación, se lleva cada uno de los cables a cambiar de estado, entendiéndose que en cualquier punto del espacio de construcción, el cabezal de extrusión o boquilla 2a se posiciona mediante tres cables de posicionamiento seleccionados de manera secuencial del conjunto de los cables, presentando entonces los demás cables de manera provisional el estado de cable secundario.

En este caso se entiende por cable secundario en el estado no tensado, es decir cable holgado, que la longitud L dada a dicho cable por el controlador de control 8 es ligeramente superior a la longitud teórica L_t calculada para que dicho cable sea de tipo cable de posicionamiento. Por ejemplo, se ajustará la holgura del cable a un valor de 2 a 10 cm, es decir que la longitud efectiva de dicho cable secundario se ajustará entonces al valor $L=L_t + 2$ a 10 cm. Entonces ya no estará en tensión y por tanto no participará en el posicionamiento durante esta secuencia. Cuando este mismo cable cambie de estado, es decir se convierta en cable de posicionamiento, su longitud se ajustará al valor $L=L_t$. El cable estará entonces en tensión y por tanto pasará a ser uno de los tres cables que participan en el posicionamiento durante esta nueva secuencia.

Se observará que en esta figura 3 se habría podido limitar el número de postes a cuatro, conteniendo el polígono P1-P4-P5-P6 totalmente la edificación a construir. Es posible alcanzar cualquier punto de la construcción con este número limitado de postes. Sin embargo, en determinados casos, por motivos de precisión en el posicionamiento, se añadirán ventajosamente unos postes suplementarios para facilitar la construcción, por ejemplo en el caso de edificaciones de gran longitud, es decir dos, tres o cuatro más veces más largas que anchas.

En la figura 2B, el primer carro 3 está equipado con un juego de poleas locas 4c alrededor de las cuales está girado el cable 4a, en cuyo extremo inferior izquierdo está fijado un contrapeso 4d que compensa parcialmente el peso del cuello de cisne 4b, del conducto de suministro de mortero 2b y de la guía 6, por ejemplo entre el 70 y el 85% del peso total, variando este peso global según la altitud Z del plano de trabajo y la posición en XY . El porcentaje restante de peso total es asumido por la tensión en dichos tres cables de posicionamiento, garantizando esta tensión la precisión de dicho posicionamiento.

El tensionado se puede controlar ventajosamente mediante un sensor de fuerza 4e comprendido entre el extremo inferior del cable de suspensión 4a y el cuello de cisne 4b tal como se representa en la figura 5, el valor medido de la fuerza permite entonces ajustar el par del cabrestante 4, y por tanto la tensión en dicho cable de suspensión 4a.

El ajuste de la verticalidad del cable se realiza ventajosamente mediante el controlador de control 8. Para ello, dado que se conoce la posición xyz del cabezal de extrusión 2a, se ajustan ventajosamente los valores de los parámetros de la grúa torre, a saber las coordenadas polares ρ y φ para que correspondan de manera muy exacta a las coordenadas xy de dicho cabezal de extrusión. Para ello, se pilotan de manera conocida la rotación de la grúa (ángulo φ) así como la posición ρ del primer carro a lo largo de la flecha 5b mediante dicho controlador de control 8.

En una variante preferida de la invención, la verticalidad del cable 4a se ajusta mediante un doble inclinómetro 11 descrito en la figura 2A. Está constituido por un tubo 11a que rodea con huelgo reducido el cable 4a, de tal manera que permite los movimientos verticales de dicho cable 4a. Dicho tubo 11a está suspendido del primer carro 3 y mantenido en el plano vertical de la flecha de grúa 5b, sin poder girar alrededor de su eje vertical ZZ . Un primer inclinómetro α mide el ángulo del cable 4a con respecto a la vertical en el plano vertical que contiene la flecha de grúa 5b, es decir en el plano de la figura 2A. Un segundo inclinómetro β mide el ángulo del cable 4a con respecto a la vertical en el plano perpendicular al plano vertical que contiene la flecha de grúa 5b, es decir en el plano vertical perpendicular al plano de la figura 2A. Habiéndose medido estos dos ángulos, se actúa sobre la coordenada polar ρ del primer carro 3 para llevar el valor del ángulo α a cero, es decir que se desplaza dicho primer carro hacia delante o hacia atrás. De la misma manera, se actúa sobre la coordenada polar φ de la flecha de grúa para llevar el valor del ángulo β a cero, es decir que se hace girar la flecha de grúa o bien en el sentido de las agujas del reloj o bien en el sentido contrario. Ajustando de manera permanente las coordenadas polares del primer carro 3 en función de los valores α y β , el cable 4a se encuentra de manera permanente en la posición sustancialmente vertical buscada.

En la figura 4 se ha representado un conducto de suministro 2b que une el cabezal de deposición 2a a una polea motorizada 4e solidaria al carro 3, y que sobresale de dicha polea 4e para formar la guirnalda en suspensión debajo de la viga 5b. El conducto de suministro 2b se mantiene en tensión mediante dicha polea motorizada y el

inclinómetro 11 se instala entonces directamente encima de dicho conducto de suministro y se desliza con huelgo reducido sobre este último.

5 En la figura 4 se ha representado en vista lateral una variante de la invención, en la que los tres cables de dimensionamiento están situados sustancialmente en un mismo plano horizontal. Los cabrestantes M1-M2-M3 son entonces móviles verticalmente a lo largo de una cremallera P_b solidaria a cada uno de los postes P. Dado que el dispositivo trabaja plano por plano, cuando se cambia de altitud Z, se desplaza el conjunto de los cabrestantes hacia arriba de tal manera que el conjunto de los cables, a saber los cables de posicionamiento y los cables secundarios, permanecen sustancialmente en un mismo plano. En este caso, conviene considerar que
10 dos de los tres cables de dimensionamiento sirven de hecho al posicionamiento, estando el tercero en tensión y garantizando el posicionamiento en el plano AA; los demás cables presentan entonces el estado de cables secundarios y se mantienen holgados, es decir sin tensión significativa.

15 Por tanto, en esta variante descrita con referencia a la figura 4, se encuentra una configuración plana similar a un posicionamiento mediante cables sobre una fachada en dos dimensiones, siendo la totalidad del peso del cuello de cisne 4b, del conducto de suministro de mortero 2b y de la guía 6 soportada por el cabrestante 4 solidario al primer carro 3. El ajuste de la longitud de cable 4a permite entonces mantener el extremo del cabezal de extrusión o boquilla 2a en el plano BB de deposición de mortero.

20 Esta variante de la invención necesita la utilización de múltiples conjuntos (poste, cremallera y cabrestante) que se pueden desplazar verticalmente, y por tanto más complicados de construir y de pilotar, y debido a ello no constituye una variante preferida de la invención.

25 En la figura 5, la grúa torre es sustituida por un pórtico 20 constituido por dos pilares 20a sustancialmente verticales, unidos entre sí por una viga horizontal 20b que soporta el primer carro 3 así como los segundos carros 2d que soportan el conducto de suministro de mortero 2b en configuración de guirnalda. Los pilares 20a del pórtico se desplazan según el eje YY perpendicular al plano XZ de la figura, por medio de unas ruedas motorizadas 20d que ruedan sobre unos raíles 20c. Ajustando de manera controlada la posición y del pórtico en el eje YY, así como la posición $p=x$ del primer carro 3 a lo largo de la viga 20b, se mantiene el cable 4a en
30 posición sustancialmente vertical, de la misma manera que la descrita anteriormente con referencia a las figuras 1 a 4. No obstante, el desplazamiento capa por capa del cabezal de extrusión o boquilla 2a sobre la totalidad de la superficie de la edificación a construir necesita unos movimientos permanentes de la totalidad del pórtico. Un pórtico de este tipo presentará unas dimensiones considerables, tanto en altura como en anchura, y deberá presentar una rigidez importante para poder desplazarse sin peligro, y sobre todo para poder resistir a vientos importantes, incluso en parada en caso de tempestad. Por tanto, presentará una masa considerable que
35 convendrá desplazar en movimientos constantes con motorizaciones de una potencia considerable. Debido a ello, esta variante de la invención no constituye una variante preferida de la invención.

40 Ventajosamente, tal como se representa en las figuras 2B y 3, se mejora considerablemente la rigidez del conjunto de los postes mediante la instalación de vientos 12 anclados al suelo en 12a en un extremo y en el otro extremo en 12b en cada uno de los postes P, preferentemente en el tercio superior de dicho poste P. Asimismo, los postes P están solidarizados entre sí, preferentemente en el cabezal del poste mediante unos tirantes 13 instalados entre cada par de postes adyacentes del polígono formado por el conjunto de los postes. Cada tensor 13 está solidarizado a cada uno de los postes en 13a en cada uno de sus extremos. En estas figuras no se
45 representan los medios de tensionado de los vientos 12 y de los tirantes 13. En la figura 3 únicamente se ha representado un único viento en el poste P3.

50 Para que el efecto de posicionamiento, es decir el efecto de centrado de los cables de posicionamiento, sea óptimo, tal como se representa en la figura 2B, el ángulo γ de cada uno de los cables de posicionamiento 7 con respecto a la horizontal debe estar comprendido entre 10° y 80° , preferentemente comprendido entre 25° y 70° . En efecto, para unos ángulos del orden de 10° , el propio peso de los elementos soportados por el cable 4a crea, mediante descomposición de las fuerzas en los tres cables de posicionamiento, unos esfuerzos considerables en cada uno de los mismos que van en contra del objetivo buscado, es decir gran precisión y esfuerzos limitados. Asimismo, para ángulos del orden de 80° , la descomposición de las fuerzas en los tres cables de
55 posicionamiento crea unos esfuerzos bajos, incluso muy bajos, que reducen considerablemente el efecto de centrado, y por tanto la precisión del posicionamiento.

En las figuras 2A, 2B y 4 se utiliza ventajosamente el mástil 5a de la grúa 5 para cumplir la función del poste P3.

60 A modo de ejemplo, para construir una edificación de 15 m de altura, de 15 m de longitud y 12 m de anchura, se instala una grúa torre, preferentemente una grúa de montaje automatizado de tipo Manitowoc-Potain (Francia), modelo IGO 21, que presenta una altura bajo gancho de 19 m y una flecha de 26 m de longitud, o un modelo más importante tal como el modelo IGO 50 que presenta una altura bajo gancho de 23 m y una flecha de 40 m de longitud.
65

Se modifica esta grúa a nivel de su carro de soporte de gancho que está equipado con un codificador lineal para

- 5 poder ajustar de manera automática la distancia ρ , así como un codificador rotatorio en el eje sustancialmente vertical del mástil de dicha grúa para ajustar el ángulo φ de dicho mástil con respecto al norte representado en la figura 3. Se disponen seis postes P1-P6 de 18 m de altura tal como se ilustra en la figura 3 y se equipan con cabrestantes de control digital situados en el cabezal del poste. Los cables de posicionamiento que unen la guía del cabezal de extrusión a cada uno de dichos cabrestantes presentan un diámetro de 4 mm, preferentemente 3, incluso 2 mm. La guía 6 y el cabezal de extrusión o boquilla 2a pesan aproximadamente de 5 a 10 kg. El cable de suspensión 4a es un cable de 6 mm de diámetro, unido al primer carro 3 por medio del cuello de cisne 4b que soporta el conducto de suministro del mortero 2b, estando este último constituido por un conducto flexible de 30 mm de diámetro interior que pesa sustancialmente 2.5 kg/ml cuando está lleno de mortero.
- 10 El dispositivo deposita entonces según el trazado seleccionado una capa de 1 a 4 cm de grosor a una velocidad continua de 0.1 a 0.25 m/s.
- 15 Los cables de posicionamiento y los cables secundarios 7 son de pequeño diámetro, ya que los esfuerzos requeridos son muy bajos para mantener en una posición extremadamente precisa el cabezal de extrusión o boquilla 2a durante toda la duración del proceso de construcción. Asimismo, el cable 4a que soporta la totalidad o parte de la carga vertical del cuello de cisne, de una parte del conducto, de la guía 6 y del cabezal de extrusión 2a, son de pequeño diámetro ya que los esfuerzos en cuestión son muy reducidos.
- 20 Los esfuerzos muy bajos, de algunos kg, incluso de algunas decenas de kg, en los cables de posicionamiento 7 generan en el cabezal de los postes P unos esfuerzos muy limitados, y por tanto unas flexiones muy bajas, lo cual garantiza una gran precisión en el posicionamiento del cabezal de extrusión 2a en las tres dimensiones X-Y-Z. Además, al ser los cables de posicionamiento de diámetro muy pequeño, son casi insensibles al viento, y al ser su peso lineal también muy bajo, se encuentran casi en línea recta entre el cabrestante M y el cabezal de extrusión 6, lo cual garantiza una rigidez extrema del conjunto y por tanto una precisión extrema en el posicionamiento de dicho cabezal de extrusión 2a que puede desplazarse por tanto de manera perfectamente controlada para realizar, capa por capa, el conjunto de los muros y tabiques de la edificación tal como se describe en esta misma figura 3.
- 25 Esta invención se ha descrito en el caso de construcción de edificaciones de grandes dimensiones, pero resulta muy interesante para la realización de cualquier tipo de construcción a partir de productos pastosos o plásticos que presentan una cohesión suficiente después de algunos segundos, incluso algunos minutos de manera que se procede capa por capa, preferentemente por capas sustancialmente horizontales, de tal manera que la capa realizada está lo suficientemente firme cuando se aplica la capa siguiente. Por tanto, se evitan los derrumbamientos localizados o completos de la estructura y la estructura puede ser realizada de manera automática y continua con un mínimo de personal, lo cual permite reducir considerablemente los costes de construcción.
- 30 En una variante de la invención representada en la figura 6, la estructura a construir se encuentra comprendida entre dos edificaciones 30a y 30b de las cuales se utilizarán ventajosamente los puntos más altos y los más distantes de dichas edificaciones existentes para instalar los soportes de los cabrestantes M. Unos puntos de anclaje de este tipo presentan una gran ventaja en cuanto a la rigidez y a la simplicidad, con respecto a los postes P descritos anteriormente.
- 35 En otra variante de la invención representada en la misma figura 6, el cable de suspensión 4a y su sistema de tensionado 4 están suspendidos de un punto fijo situado preferentemente en la vertical del centro geométrico en el plano XY de la estructura a construir, a una altitud muy importante, superior, por ejemplo, a de 2 a 5 veces la dimensión más grande de dicha estructura en el plano horizontal, más la altura de dicha estructura. Por tanto, durante los desplazamientos del cabezal de deposición 2a, el cable 4a ya no se encuentra en vertical, sino que describe un cono cuya sección horizontal perpendicular a su eje vertical corresponde al contorno de la estructura en construcción, pudiendo variar el ángulo en el vértice de dicho cono según la posición del cabezal de deposición 2a, de $\delta=0^\circ$ a $\delta=10-15^\circ$, incluso más. En esta configuración, el punto de deposición del producto pastoso ya no se encuentra de manera muy exacta en la vertical del extremo inferior de la pirámide invertida, sino ligeramente desviado. Esta desviación no altera de manera significativa el proceso de fabricación, ya que dicha desviación sólo es de algunos milímetros, incluso de uno o dos centímetros, ya que se considera un punto fijo situado a una altura muy grande, tal como se ha descrito anteriormente. Además, dicha desviación es repetitiva capa a capa y se puede corregir simplemente modificando en el interior del dispositivo de control 8 la trayectoria de dicho cabezal de deposición 2a.
- 40 En el caso de estructuras de dimensiones medias o pequeñas, la grúa torre podrá ser sustituida por una simple riostra que comprende un poste 5a en cuyo vértice está instalado un rellano solidario a una viga 5b sustancialmente horizontal. Un carro 3 libre de circular a lo largo de dicha viga soporta un polipasto 4 que soporta el cable 4a. La viga 5b está libre en rotación en el vértice del poste: los desplazamientos del cabezal de deposición 2a arrastran el cable 4a que entonces ya no está vertical, y forma un ángulo δ con dicha vertical. La componente horizontal creada por este ángulo δ a nivel del polipasto actúa a la vez sobre el carro que se
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

desplaza entonces de manera natural a lo largo de dicha viga 5a, así como sobre la viga cuyo ángulo φ con respecto al norte varía de manera automática de tal manera que dicho ángulo vuelve sustancialmente a cero, es decir que el cable está sustancialmente vertical. Cuanto más importante es el ángulo δ , más importante es el efecto de recuperación. El ángulo residual, es decir que no provoca ningún movimiento del carro 3 ni de la viga 5a, es del orden de 3 a 5° y no reduce de manera significativa la precisión del posicionamiento y no altera realmente al proceso de fabricación.

Se ha descrito que los cabrestantes M están instalados en el vértice de los postes P o en la estructura de edificaciones existentes, pero también se pueden instalar en cualquier otra posición, por ejemplo en la tierra; en este caso los cables 7 que unen la guía 6 y los cabrestantes giran alrededor de poleas locas instaladas en el cabezal del poste o en el vértice de edificación existentes.

Tal como se representa en la figura 1, el cable de suspensión 4a, el conducto de suministro 2b1, el soporte de guía 6 y la boquilla 2a están situados en un mismo eje sustancialmente vertical ZZ bajo el efecto del propio peso de los diversos elementos. Debido a ello, los puntos de enganche de los cables deben estar situados en la pared externa del soporte de guía 6. En la figura 7 se ha representado dicho soporte de guía 6 unido a los cables de posicionamiento 7-1 y 7-2 a nivel de los salientes 6b1 y 6b2. Debido a que el diámetro de dicho soporte de guía es importante, por ejemplo de 60 a 100 mm, las proyecciones de dichos cables tensados se cruzan en un punto variable con respecto al eje ZZ de dicho soporte de guía durante los desplazamientos del cabezal. Esta variación en el plano horizontal constituirá un error de posicionamiento, pero será siempre inferior al radio de dicho soporte de guía; además, se acumulará con una variación de la altitud de dicho punto de proyección con respecto al posicionamiento efectivo de la boquilla. Para aliviar este inconveniente que puede conducir a errores de posicionamiento de 25 a 60 mm, incluso más, se utilizará ventajosamente el dispositivo descrito con referencia a las figuras 8A a 8D. Tal como se ilustra en la figura 8D, los cables 7-1 y 7-2, y dado el caso otros cables de posicionamiento convergen hacia el eje del soporte de guía 6a, penetrando en un orificio de pequeño diámetro 6a1 que atraviesa axialmente de un lado a otro dicho soporte de guía, y después una placa perforada 6a2 en la que dichos cables se bloquean entonces mediante un dispositivo no representado. La cara superior 6a3 está ventajosamente perfilada en forma de embudo que presenta un radio de curvatura tal que dichos cables de posicionamiento no están nunca en contacto con una arista viva. Al ser el diámetro D pequeño, por ejemplo de 8 a 10 mm, incluso menos, los errores debidos a las variaciones del punto de proyección se reducen de manera drástica con respecto al caso ilustrado con referencia a la figura 7, en la que el diámetro de referencia es de 60 a 100 mm. Estas variaciones son en efecto del orden de algunos milímetros y por tanto pueden considerarse despreciables.

Para que el conjunto de cable de suspensión 4a, conducto de suministro 2b1 y boquilla 2a permanezca en un mismo eje sustancialmente vertical ZZ bajo el efecto del propio peso de los diversos elementos, se desvía ventajosamente el conducto de suministro 2b1 a nivel del soporte de guía 6. Esta desviación ilustrada en la figura 8A se realiza preferentemente en un plano vertical por medio de una pluralidad de acodamientos 2b2-2b3-2b4-2b5 asociados a unas partes rectas de conducto. La figura 8B es una sección según el plano BB de la figura 8A, que ilustra las interferencias limitadas entre los cables de posicionamiento 7 y la desviación del conducto 2b1 en la zona del soporte de guía 6. Se instala ventajosamente una junta rotativa 2b5 ilustrada en la figura 8A de manera que el dispositivo de evitación constituido por los acodamientos 2b2-2b5 pueda girar libremente en el momento en el que interfiere con uno de los dos cables adyacentes, a saber 7-2 o 7-3.

Esta invención se ha descrito en el caso de fabricación de estructuras con la ayuda de productos pastosos, y más particularmente de morteros a base de cementos o de cal, pero se puede utilizar ventajosamente para la realización de estructuras metálicas mediante fusión localizada de un hilo metálico, tal como un hilo de hierro o un hilo de bronce, mediante un medio de calentamiento localizado y potente, tal como un soplete de plasma, un TIG o un láser. Para ello, el medio de calentamiento se posiciona en el lugar de la boquilla 2a, transfiriéndose la potencia eléctrica o el rayo láser, así como el metal, por medio de un cable umbilical en lugar del conducto 2b de suministro de productos pastosos. Por tanto, el medio de calentamiento localizado potente, durante su progresión, fusiona la capa N previamente depositada y el metal de aporte para formar la capa N+1 que se solidificará rápidamente en espera de la fabricación de la capa N+2 durante el siguiente paso. Un dispositivo de este tipo está particularmente adaptado a la fabricación de obras de arte, por ejemplo de estatuas, o de cualquier otro elemento de construcción o de decoración de grandes dimensiones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de deposición de material pastoso destinado a la fabricación capa por capa de una estructura tridimensional de grandes dimensiones que comprende:
- por lo menos tres primeros soportes (P1, P2, P3) a distancia del suelo, no alineados, que soportan respectivamente tres primeros dispositivos de tensionado de cables (M1, M2, M3), y
 - 10 - por lo menos un segundo soporte (5b) mantenido a distancia del suelo (10), y que soporta un segundo dispositivo de tensionado (4), y
 - un conducto de suministro de material (2b), mantenido en suspensión por encima del suelo (10), apto para desplazarse por lo menos por encima de la zona entre dichos tres primeros soportes, y
 - 15 - un cabezal de deposición (2a) en el extremo de dicho conducto de suministro (2b) suspendido, preferentemente mediante un cable de suspensión (4a), de dicho segundo dispositivo de tensionado (4), y
 - 20 - tres cables denominados cables de posicionamiento (7, 7-1, 7-2, 7-3) de longitudes respectivas (L, L1, L2, L3) unidos a dicho cabezal de deposición a nivel de un soporte de guía (6), en un extremo y respectivamente en los tres primeros dispositivos de tensionado (M1, M2, M3) en su otro extremo, siendo dichos tres cables de posicionamiento aptos para ser tensados con una longitud ajustable diferenciada mediante accionamiento diferenciado de los tres primeros dispositivos de tensionado (M1, M2, M3) y de dicho segundo dispositivo de tensionado (4), y aptos para definir debido a sus longitudes ajustables, una
 - 25 pirámide invertida de base superior triangular, definiendo la punta inferior de dicha pirámide invertida un punto de deposición en el espacio situado sustancialmente a nivel del cabezal de deposición en el extremo inferior del conducto de suministro (2b), siendo dicho punto de deposición apto para desplazarse en las tres dimensiones XYZ en el espacio entre los tres primeros soportes (P1, P2, P3), mediante accionamiento diferenciado de por lo menos uno de dichos tres primeros dispositivos de tensionado (M1, M2, M3).
 - 30
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que por lo menos uno de los primeros soportes es un poste (P) sustancialmente vertical, anclado en dicho suelo, que soporta un primer cabrestante (M).
- 35 3. Dispositivo según la reivindicación 2, caracterizado por que cada uno de los primeros dispositivos de tensionado (M) es móvil a lo largo de su poste respectivo de manera que la pirámide formada por los cables (7) presenta un ángulo en el vértice tal que dichos cables descansan sustancialmente en un plano horizontal.
- 40 4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dicho segundo soporte (5b) es la flecha de una grúa torre (5) anclada en el suelo (10), soportando dicha flecha dicho primer carro (3) y siendo móvil en rotación con respecto a la torre.
- 45 5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dicho segundo soporte (5b) es la viga (20b) sustancialmente horizontal de un pórtico (20) móvil según el eje horizontal YY, preferentemente perpendicular al eje XX de la viga.
- 50 6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el accionamiento de los tres primeros dispositivos de tensionado y, preferentemente el accionamiento de dicho segundo dispositivo de tensionado y más preferentemente el desplazamiento de dicho primer carro, son pilotados por control digital desde un puesto de control (8) para desplazar dicho punto de deposición.
- 55 7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la verticalidad del cable de suspensión (4a) está asegurada por el ajuste de los desplazamientos del primer carro (3) a lo largo de dicha viga y/o desplazamiento de dicha viga en un plano horizontal en traslación y/o rotación, preferentemente pilotados por control digital desde un puesto de control (8).
- 60 8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la verticalidad del cable de suspensión (4a) está asegurada por el ajuste de la posición en el plano horizontal XY del primer carro (3), en base a informaciones procedentes de dos inclinómetros (11) solidarios a dicho cable de suspensión (4a) o al conducto (2b), estando dichos inclinómetros situados en dos planos verticales de referencia, preferentemente perpendiculares entre sí.
- 65 9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que el conducto de suministro (2b) está suspendido de dicho cable de suspensión (4a) por medio de un soporte de guiado del tipo dispositivo de cuello de cisne, y el cabezal de deposición comprende una boquilla soportada por un soporte de guía (6) unido a dichos cables de posicionamiento (7).

5 10. Dispositivo según las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que el segundo dispositivo de tensionado (4) es de tensión controlada y soporta del 40 al 95%, preferentemente del 70 al 85% del peso acumulado de la porción de conducto de suministro (2b) en suspensión sustancialmente vertical relleno de producto pastoso, del soporte de guía (6) y del cabezal de deposición (2a), y dado el caso, del cuello de cisne (4b), del cable de suspensión (4a), y de una porción de conducto (2b) en configuración de guirnalda.

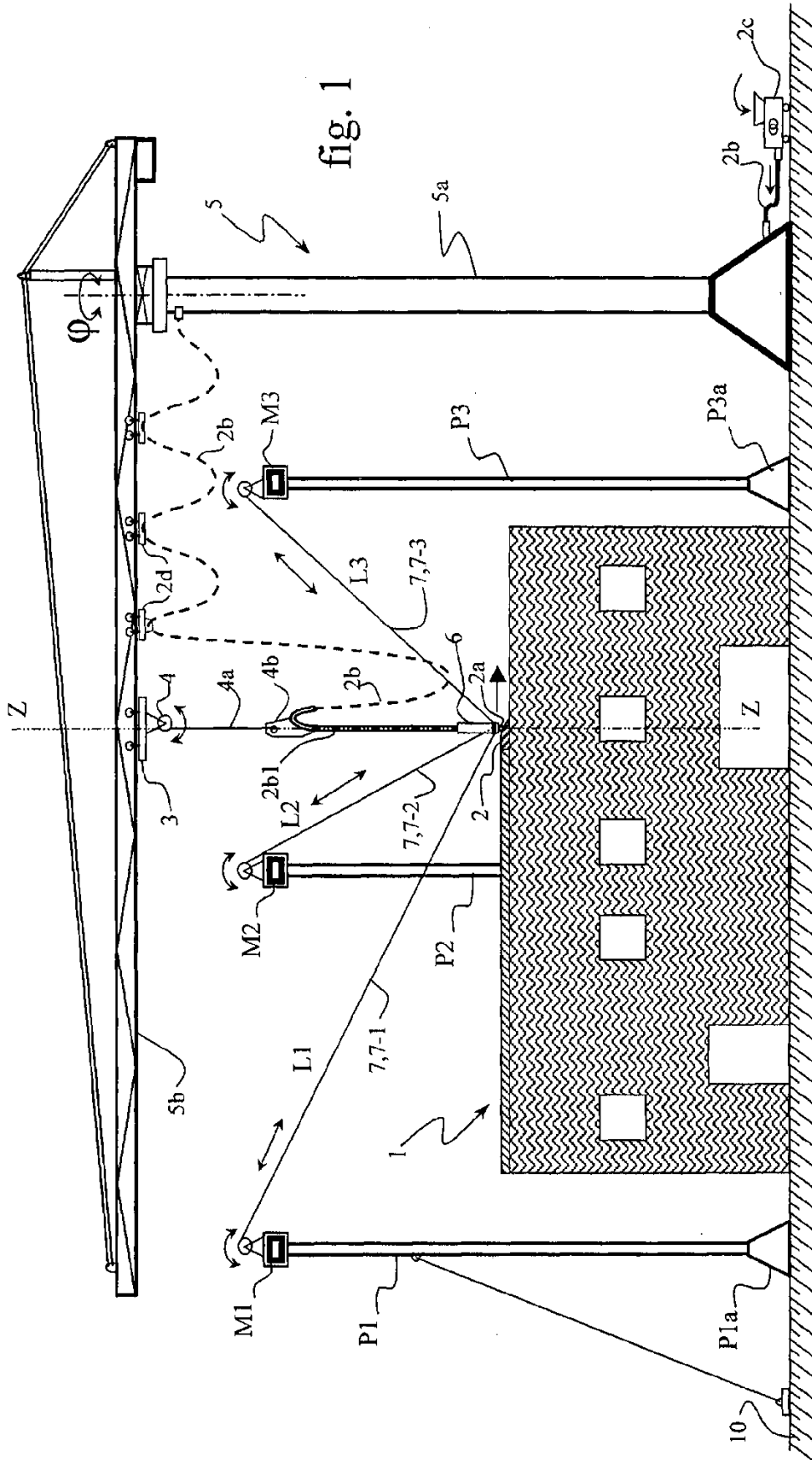
10 11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que se instalan por lo menos cuatro de dichos primeros soportes que son unos postes (P) respectivamente equipados con una pluralidad de primeros dispositivos de tensionado de cable (M), los cuales están respectivamente unidos a dicho cabezal de deposición (2a) mediante una pluralidad de cables (7), desempeñando de manera secuencial tres cables de dicha pluralidad de cables el papel de cables de posicionamiento tensados, desempeñando los demás cables el papel de cables secundarios, preferentemente no tensados.

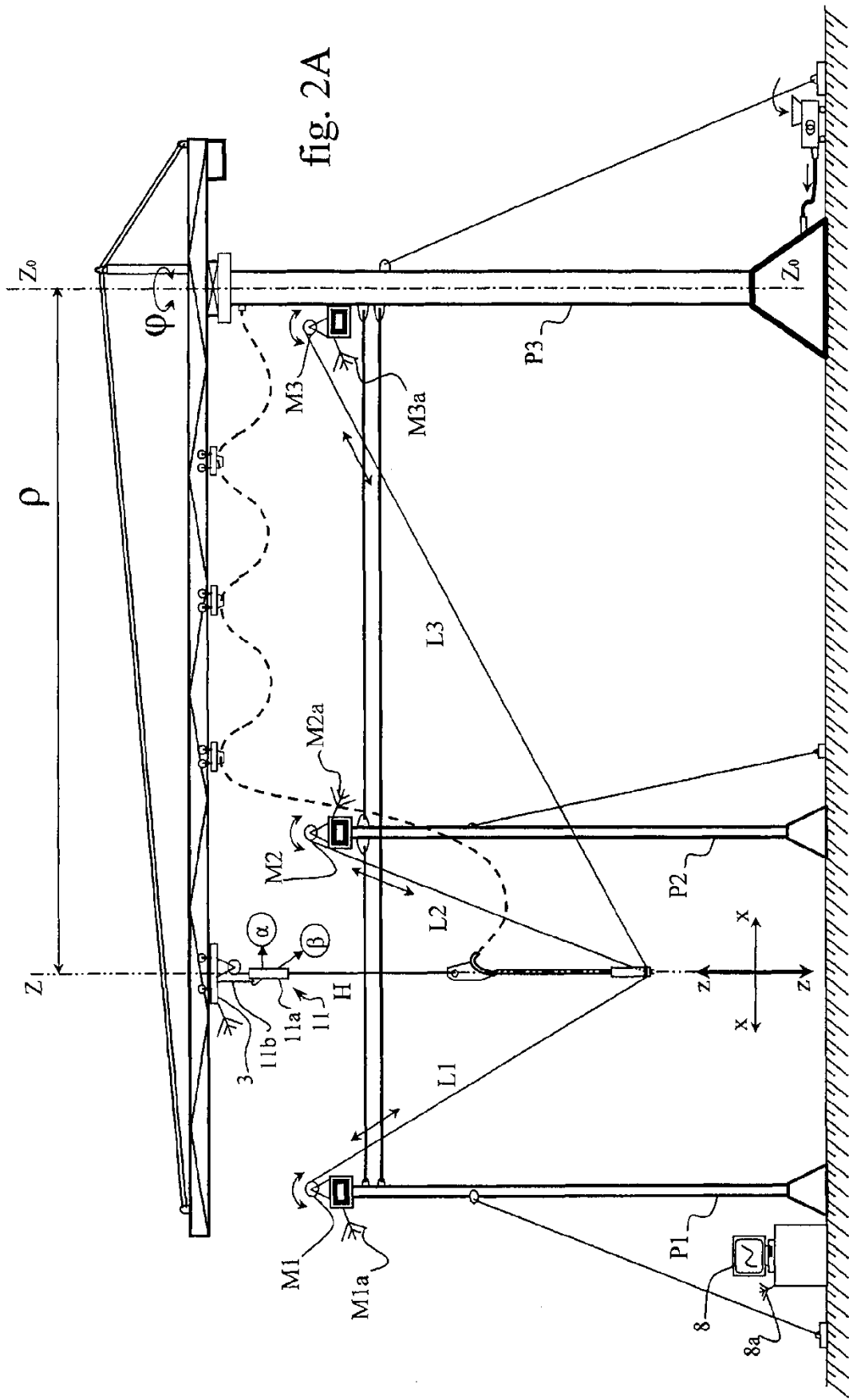
15 12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que el conducto de suministro (2b1) rodea el soporte de guía (6-6a), presentando este último un orificio axial de pequeño diámetro (6a1) en el que converge el conjunto de los cables de posicionamiento (7).

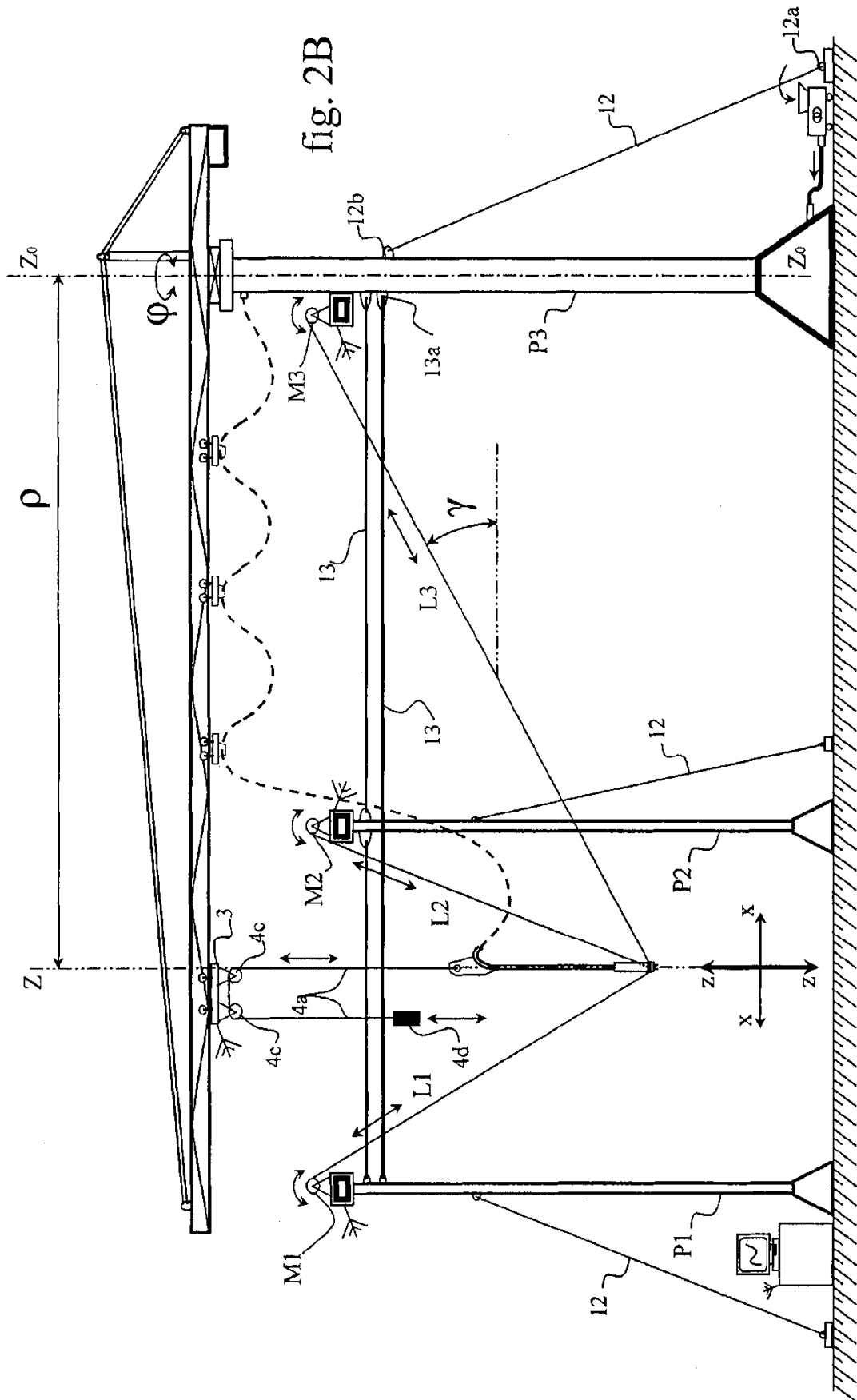
20 13. Procedimiento de fabricación de una estructura tridimensional a partir de productos pastosos depositados con la ayuda de un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que se fabrica dicha estructura mediante deposición de dicho material pastoso en capas delgadas sucesivas, preferentemente en capas horizontales superpuestas desplazando dicho cabezal de deposición, preferentemente mediante extrusión, estando dichos tres cables de posicionamiento tensados con unas longitudes (L1, L2, L3) ajustadas mediante accionamiento diferenciado de los tres primeros dispositivos de tensionado (M1, M2, M3) de manera que se defina una pirámide invertida, de base triangular, definiendo el vértice de dicha pirámide un punto de referencia
25 en el espacio situado sustancialmente a nivel del cabezal de deposición, en el extremo inferior del conducto de suministro de material, desplazándose dicho punto de deposición en las tres dimensiones XYZ en el espacio delimitado por los tres primeros soportes (P1, P2, P3), mediante accionamiento diferenciado de por lo menos uno de los tres primeros dispositivos de tensionado (M1, M2, M3) y preferentemente desplazamiento del primer carro (3) que soporta el cabezal de deposición (2a) y manteniendo en una posición sustancialmente vertical el conducto de suministro de material (2b).
30

35 14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que se realiza la fabricación de estructuras de dimensiones más pequeñas en un plano horizontal de por lo menos 5 m, preferentemente por lo menos 10 m, para la construcción de edificaciones permanentes.

40 15. Procedimiento según las reivindicaciones 13 y 14, caracterizado por que dicho material pastoso es una mezcla de productos inertes tales como arcilla, arena, paja, fibras de refuerzo, de plástico o de acero, y que comprende preferentemente un aglutinante hidráulico, tal como un cemento para formar un mortero resistente, aligerado o no, y preferentemente aislante.







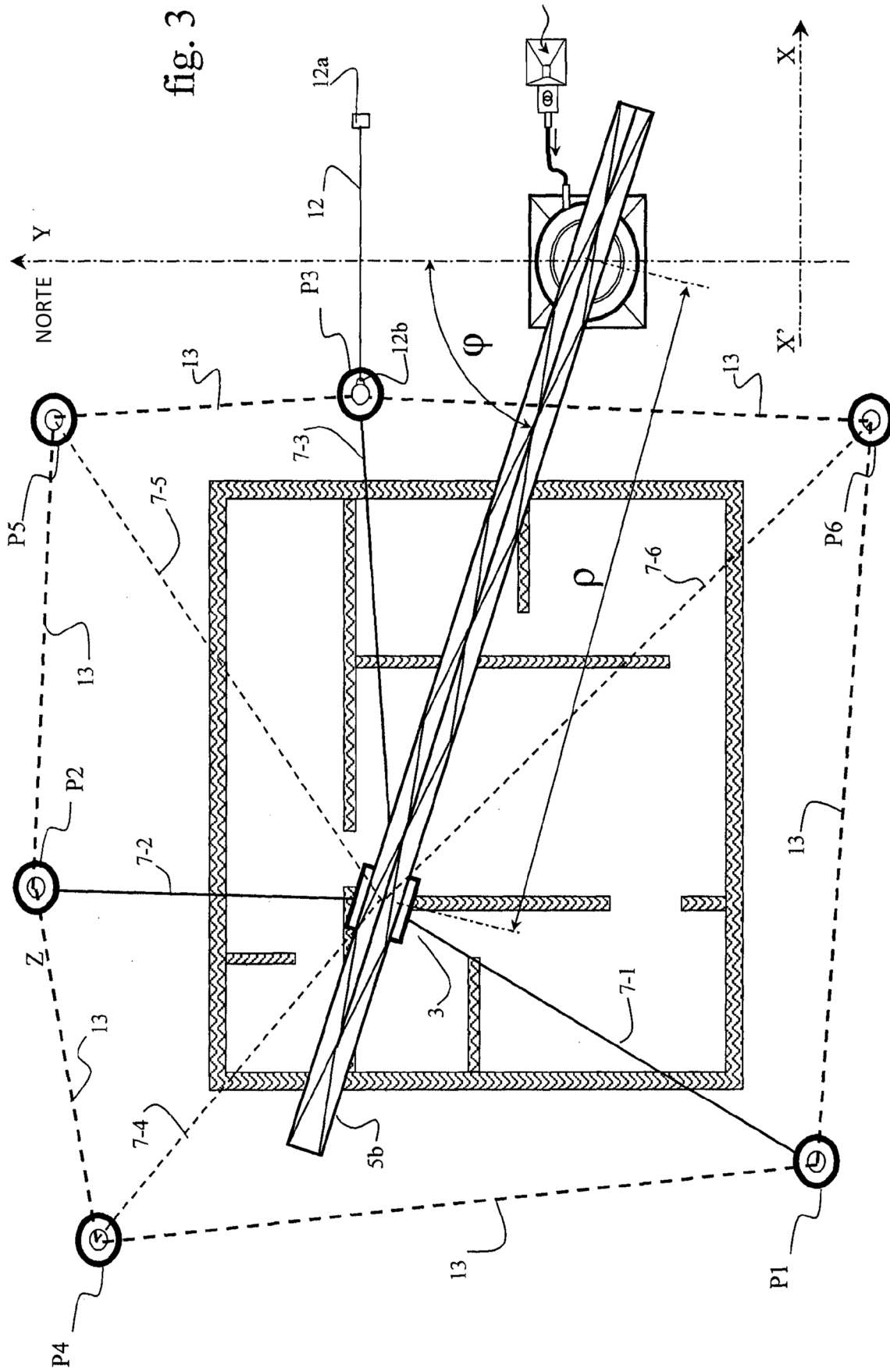


fig. 4

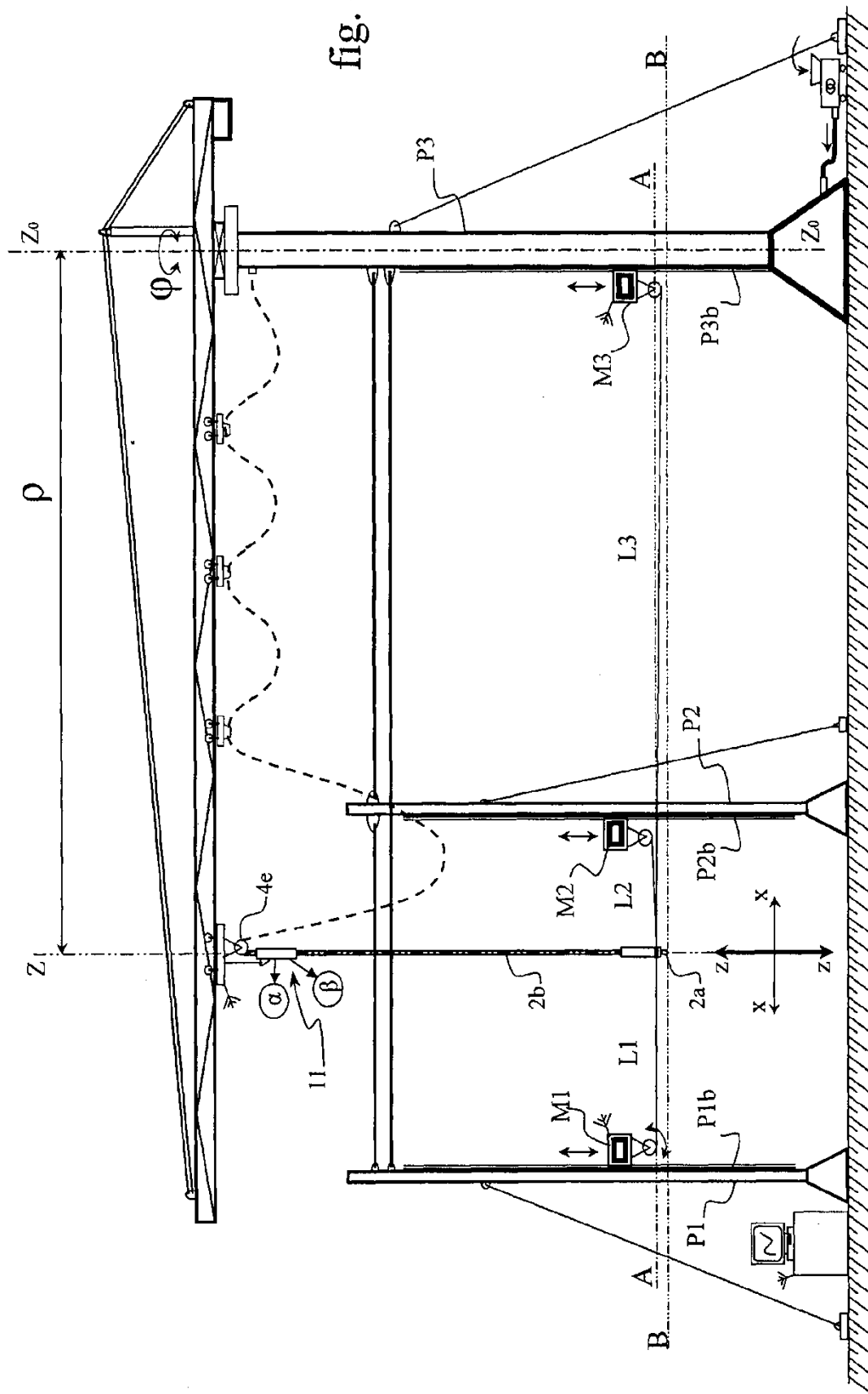


fig. 5

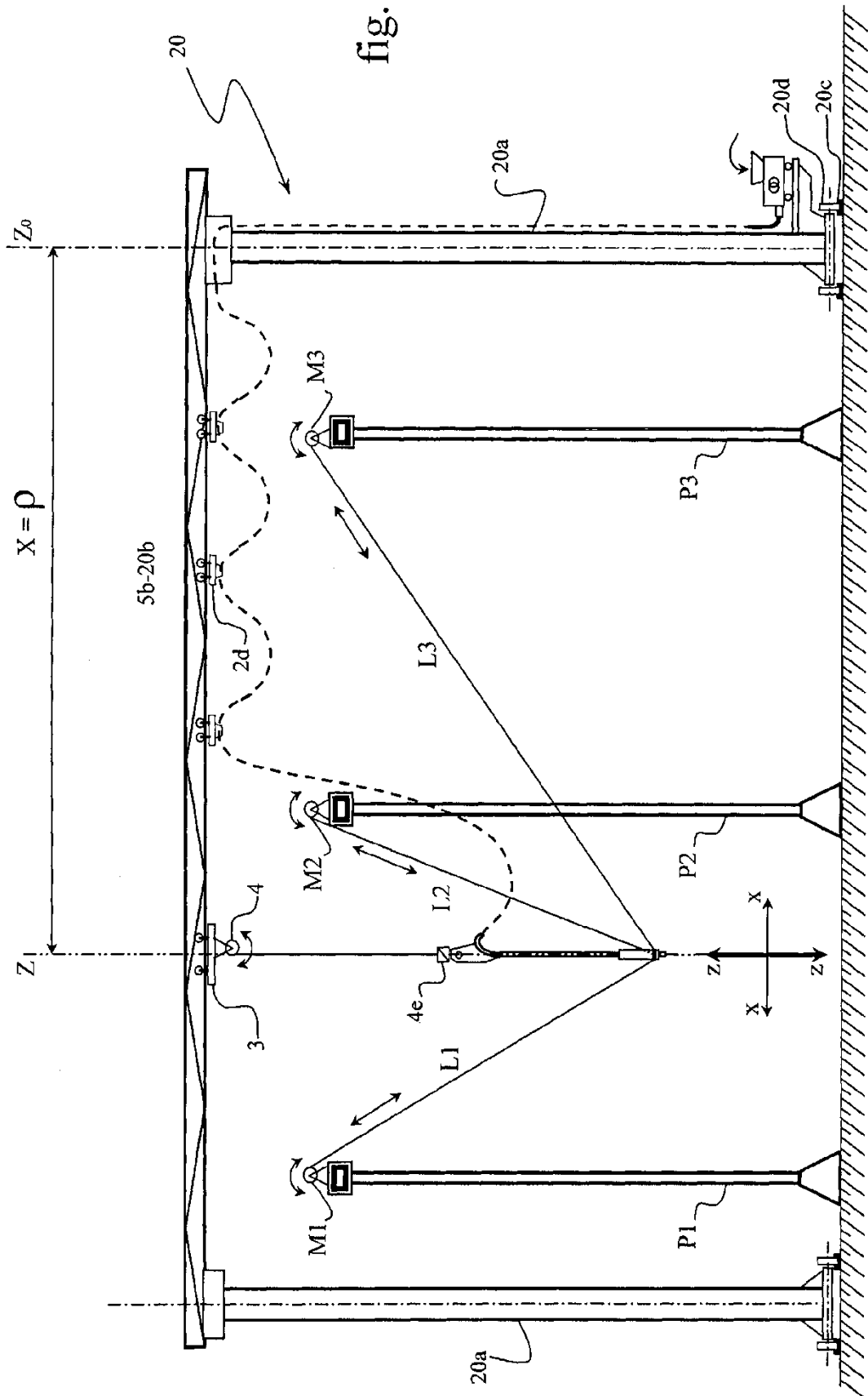


fig. 6

