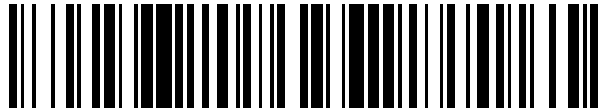


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 518**

21 Número de solicitud: 201431348

51 Int. Cl.:

**E04H 12/34** (2006.01)  
**E04H 12/12** (2006.01)  
**B28B 1/00** (2006.01)  
**B28B 13/02** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**17.09.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**05.04.2016**

Fecha de la concesión:

**19.12.2016**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**27.12.2016**

73 Titular/es:

**PACADAR S.A. (100.0%)**  
**Torre Espacio, Pº de la Castellana, 259 D**  
**28046 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**MARTÍNEZ DE CASTAÑEDA, Francisco Javier y**  
**CIDONCHA ESCOBAR, Manuel**

74 Agente/Representante:

**SALIS, Eli**

54 Título: **Método para la fabricación de segmentos tubulares de hormigón y para la erección de torres mediante dichos segmentos tubulares**

57 Resumen:

Método para la fabricación de segmentos tubulares de hormigón y para la erección de torres mediante la unión de dichos segmentos tubulares.

El método incluye construir unos cimientos, obtener al menos un segmento tubular (20) de hormigón, con un ancho de al menos 5 metros, trasladar dicho segmento tubular hasta su posición definitiva en la torre, en la que su eje longitudinal (E) se encuentra en posición vertical, y fijar dicho segmento tubular (20), caracterizado porque también incluye:

fabricar dicho al menos un segmento tubular en una única pieza tubular de hormigón armado, siendo su altura igual o superior a su anchura y obtenida mediante el hormigonado y fraguado de hormigón en una cámara de encofrado (30) tubular cerrada por la base estando el eje longitudinal (E) de dicha cámara de encofrado en posición vertical durante dicha fabricación.

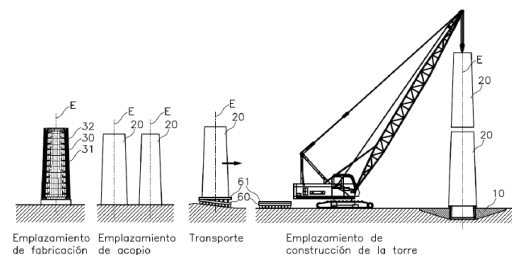


Fig. 1

ES 2 565 518 B1

## DESCRIPCIÓN

### MÉTODO PARA LA FABRICACIÓN DE SEGMENTOS TUBULARES DE HORMIGÓN Y PARA LA ERECCIÓN DE TORRES MEDIANTE DICHOS SEGMENTOS TUBULARES

#### 5 Campo de la técnica

La presente invención concierne al campo de la fabricación de segmentos tubulares de hormigón y a la erección de torres mediante la unión de dichos segmentos tubulares, especialmente para la sustentación de aerogeneradores de gran tamaño a alturas del orden de los 80, 120 o 160 metros sobre el nivel del suelo o del agua.

10

#### Estado de la técnica

La construcción de torres para aerogeneradores, compuestas de segmentos tubulares de hormigón prefabricado es conocida.

Por ejemplo, el documento WO2011029965 describe un método para la erección de torres mediante el apilado de segmentos tubulares prefabricados de hormigón, pero dicho método prevé prefabricar dovelas en una fábrica, transportar dichas dovelas hasta el emplazamiento de erección de la torre, unir las dovelas formando un segmento tubular con su eje longitudinal en posición horizontal, y posteriormente elevar desde dicha posición horizontal e inclinar cada segmento tubular para poner su eje longitudinal en posición vertical, y proceder al apilado conformando la torre.

El documento EP1889988 describe una estructura de soporte que permite ensamblar unas dovelas directamente en posición vertical, obteniendo así un segmento tubular ya con su eje longitudinal dispuesto verticalmente, en una posición adyacente al emplazamiento de la torre, para su posterior izado y apilado, conformando el cuerpo de la torre.

También el documento WO2011135172 describe un método para erigir torres, en el que segmentos tubulares de hormigón son ensamblados verticalmente, a partir de dovelas prefabricadas, y en el que los segmentos tubulares son apilados de arriba hacia abajo, empezando por los segmentos superiores e introduciendo los segmentos inferiores por abajo mediante un dispositivo elevador de los segmentos superiores.

Las soluciones técnicas expuestas en estos documentos requieren siempre del transporte de dovelas de gran tamaño por carretera, con las dificultades logísticas y legales, costes y limitaciones de tamaño que ello implica. Además en estos casos las dovelas y/o el elemento

tubular deben ser inclinados desde la posición horizontal inicial, necesaria para el transporte de las dovelas por carretera o para su fabricación, hasta la posición vertical final, con la consiguiente necesidad de operaciones y equipos, y también sometiendo las dovelas y los elementos (segmento tubular) a esfuerzos y tensiones, durante dichas operaciones, que  
5 requerirán de refuerzos estructurales de las piezas que no resultarán necesarios en su posición definitiva, y que incrementarán su coste y peso.

Otro inconveniente adicional es el hecho de tener la necesidad de unir lateralmente las dovelas entre sí, lo que nuevamente requerirá de refuerzos estructurales e incrementos de peso y coste.

10 Por otro lado, el documento ES2371960 describe una fábrica para la producción de dovelas de gran tamaño que está concebida para transportar toda la fábrica y ser instalada en una emplazamiento próximo al emplazamiento de erección de las torres, evitando así los problemas anteriormente mencionados relacionados con el transporte por carretera de dovelas de gran tamaño, pero los problemas inherentes a la necesidad de unir las dovelas  
15 entre sí siguen existiendo, así como la necesidad de inclinar las piezas antes de su colocación, ya que la fábrica propuesta produce las citadas dovelas en posición horizontal.

En el documento DE10240708 utilizan segmentos que han sido fabricados con su eje longitudinal en posición vertical, pero para permitir un fácil transporte por carretera dichos segmentos no superan los 4 metros de altura, que es la altura máxima que puede ser  
20 transportada por carretera, con lo que la torre fabricada con dichos segmentos tiene gran cantidad de uniones horizontales, lo que repercute negativamente en su resistencia, en el peso de la torre (al requerir de más zonas reforzadas para acoplar los segmentos contiguos), en los plazos del montaje y por ende en el coste total. Esta solución tampoco permite fabricar segmentos anulares de más de 4 o 5 metros de diámetro, pues tampoco se  
25 permite un transporte por carretera de tanta anchura, por lo que los segmentos de ese diámetro o superiores deben fabricarse por partes, mediante dovelas que se transportan separadamente y se unen en el emplazamiento de construcción de la torre, dando lugar a juntas verticales.

El documento DE2011087025 describe una torre formada por segmentos anulares y más  
30 particularmente un dispositivo que permite obtener una superficie superior de acople totalmente horizontal y lisa, en dichos segmentos anulares de hormigón prefabricados, hechos de una sola pieza y fabricados a partir de un encofrado exterior y un encofrado interior, con su eje longitudinal dispuesto verticalmente.

En este documento no se menciona en ningún punto que dichos segmentos puedan ser de hormigón pretensado o postensado, destacando el hecho que el dispositivo reivindicado para nivelar dicha cara superior del segmento anular dificultaría sobremanera la posibilidad de implementar dichas armaduras postensadas o pretensadas que precisarían en dichas zonas extremas de unos anclajes para las armaduras activas.

Tampoco se hace mención alguna al emplazamiento de la fabricación, o al posible transporte de los segmentos anulares, así como tampoco se hace referencia al tamaño que podrían tener dichos segmentos. La única referencia proviene de las figuras adjuntas, en las que queda claro que se trata de segmentos anulares de escasa altura. La fabricación de segmentos de gran altura implica unas dificultades añadidas como las presiones hidrostáticas, u otros problemas como el impacto que produciría la caída del hormigón si se vertiera desde el borde superior en caso de ser piezas unitarias de gran altura, problemas de control del calor del fraguado, o el acceso de los operarios de forma segura.

Ninguno de los documentos anteriormente citados hace referencia a que el sistema de encofrados pueda ser modular y reutilizable, permitiendo su combinación y adaptación para la producción de segmentos tubulares o torres de diferentes alturas, diámetros, o grosores de pared.

#### Breve descripción de la invención

La presente invención solventa los anteriores y otros problemas mediante un método para la fabricación de segmentos tubulares de hormigón y para la erección de torres mediante dichos segmentos tubulares, que incluye las etapas, ya conocidas, de:

- construir unos cimientos para la torre con una base dotada de una configuración de acople en su cara superior;
- obtener al menos un segmento tubular de hormigón, de sección transversal circular o poligonal, con un ancho de al menos 4 metros, dotado de unas configuraciones de acople en una posición adyacente a al menos uno de sus dos extremos abiertos;
- trasladar dicho al menos un segmento tubular hasta su posición definitiva en la torre, en la que su eje longitudinal se encuentra en posición vertical, y en la que su o sus configuraciones de acople quedan acopladas a configuraciones de acople de segmentos tubulares colindantes, previamente dispuestos en la torre, y/o a la configuración de acople de la base;

- fijar dicho al menos un segmento tubular con la base y/o con los cimientos y/o con otros segmentos tubulares previamente dispuestos en la torre;

Los cimientos se construirán o dispondrán en el emplazamiento definitivo de la torre, mediante las técnicas conocidas habituales en el sector, y en función de las características  
5 del suelo y de la torre a erigir. Encima de dichos cimientos se habrá previsto una base dotada de una configuración de acople de un tamaño y forma complementario con una configuración de acople prevista en una cara inferior de un segmento tubular, el cual debe formar el segmento inferior de la torre, permitiendo de este modo el correcto asiento de dicho segmento tubular inferior en su posición definitiva sobre los cimientos, y la correcta  
10 transmisión de las cargas de la torre hacia dichos cimientos. La base puede estar enrasada con los citados cimientos, o sobresalir conformando un tramo más de la torre, o incluso quedar por debajo del nivel superior de los cimientos.

También se plantea, como posibilidad alternativa, que dichos cimientos se encuentren sumergidos, y que se construyen en dicho emplazamiento sumergido, o que se construyan  
15 en otro emplazamiento y posteriormente sean trasladados, sumergidos y dispuestos en su emplazamiento definitivo.

El citado al menos un segmento tubular de hormigón es construido de modo que disponga de dos extremos abiertos que comunican el interior hueco del segmento tubular con el exterior, y disponiendo al menos uno de dichos extremos abiertos, de una configuración de  
20 acople que permite ser acopladas sobre la configuración de acople de la base de la torre, o sobre la configuración de acople de otros segmentos tubulares contiguos superiores o inferiores, o con el aerogenerador.

Dichos segmentos tubulares son trasladados, y se disponen verticalmente alineados sobre la base de la torre, quedando el eje longitudinal del segmento tubular en orientación vertical,  
25 y quedando al menos una de sus configuraciones de acople acoplada a la configuración de acople de un segmento tubular previamente dispuesto en la torre, o en la configuración de acople de la base de la torre.

Se entiende por eje longitudinal del segmento tubular el eje imaginario que discurre por el interior hueco del segmento tubular, por el centro de las secciones transversales de dicho  
30 segmento tubular.

El al menos un segmento tubular dispuesto en la torre debe ser anclado, ya sea a otros segmentos tubulares dispuestos por encima o por debajo del citado segmento tubular, ya

sea a la base o a los cimientos. Ello conferirá la rigidez y estabilidad necesaria a la torre para soportar las cargas requeridas.

La torre pues puede componerse de una pluralidad de segmentos tubulares apilados y unidos entre ellos o con la base o con los cimientos, o estar compuesta de un único  
5 segmento tubular. También se contempla como opción que alguno de los segmentos tenga unas características diferentes a las del segmento tubular de hormigón descrito.

Además el método propuesto incluye las siguientes etapas, no conocidas anteriormente en el estado de la técnica existente:

Fabricar dicho al menos un segmento tubular en una única pieza tubular de hormigón  
10 armado, siendo su altura igual o superior a su anchura, siendo la altura preferiblemente superior a 10 metros, y obtenida mediante el hormigonado y fraguado de hormigón en una cámara de encofrado tubular cerrada por la base formada por un encofrado exterior, modular y reutilizable, que define la geometría de la cara exterior del segmento tubular y por un encofrado interior tubular, modular y reutilizable, que define la geometría de la cara interior  
15 del segmento tubular, estando el encofrado interior dispuesto dentro del encofrado exterior y determinando la separación entre ambos el grosor de la pared del segmento tubular, y estando el eje longitudinal de dichos encofrados exterior, interior y de dicha cámara de encofrado en posición vertical durante dicha fabricación.

Así pues cada segmento tubular es monolítico, compuesto de una única pieza anular de  
20 hormigón, de sección transversal cerrada que conforma el segmento tubular. Cada segmento tubular es obtenido de un encofrado compuesto de un encofrado exterior y un encofrado interior concéntricos, dejando entre sí una cámara de encofrado cerrada por su base que contiene las armaduras y que puede ser rellenada con hormigón fluido.

Dicho segmento tubular de hormigón puede estar armado con armaduras pasivas, con  
25 armaduras activas o con fibras, u otro método de refuerzo equivalente o alternativo.

Dicho segmento tubular se fabrica, según el método propuesto, con su eje longitudinal dispuesto verticalmente, gracias a que los moldes interior y exterior tienen esta misma orientación. Esta característica, junto con el gran tamaño de los segmentos tubulares, cuya altura se ha definido como igual o superior a su anchura, siendo su anchura de al menos 4  
30 metros, significa que los segmentos tubulares fabricados tendrán un tamaño que dificulta o impide un largo transporte por carretera u otras vías públicas, pues su altura es superior a la de la mayoría de puentes, y su ancho también impide un transporte normal por carretera.

Los encofrados exterior e interior se encuentran dispuestos con su eje longitudinal dispuesto en posición vertical durante las operaciones de vertido y fraguado del hormigón, esto significa que el segmento tubular se fabrica con su eje longitudinal vertical, la misma orientación en la que dicho segmento tubular será instalado en la torre.

- 5 El hecho de que cada segmento tubular sea fabricado con forma anular cerrada, y en posición vertical acarrea ventajas técnicas, pues permite obtener piezas con mayor resistencia y de paredes más delgadas, con el consiguiente ahorro de material y peso. Dicho ahorro de peso también permite fabricar segmentos tubulares de mayor tamaño con igual o menor peso, pudiendo utilizar los mismos medios de elevación o grúas habitualmente
- 10 utilizadas en estas operaciones, a pesar de manejar piezas de mayor tamaño. La fabricación de piezas de mayor tamaño también permite eliminar todas las juntas verticales en la torre, pues cada segmento carece de ellas, y los segmentos tubulares se unen entre sí mediante un menor número de juntas horizontales, repercutiendo en un montaje más rápido, y en una construcción más robusta.
- 15 Otras opciones también se contemplan, como la utilización de los segmentos tubulares descritos mezclados en una misma torre con otros segmentos diferentes, por ejemplo segmentos tubulares obtenidos de la unión de dovelas de hormigón, o segmentos de otros materiales como el acero, o fabricados con procedimientos diferentes al descrito.

Adicionalmente, el traslado del citado al menos un segmento tubular desde el

20 emplazamiento de su fabricación hasta su emplazamiento definitivo en la torre se realiza manteniendo en todo momento su eje longitudinal en posición vertical, de modo que tanto durante su fabricación, como durante su transporte y colocación el segmento tubular se mantiene con una misma orientación igual a su orientación definitiva, con su eje longitudinal en orientación vertical.

- 25 Esta característica aporta numerosas ventajas, pues en todo momento la pieza está sometida a cargas con la misma dirección que las que tendrá que soportar en la torre durante su vida útil, y por lo tanto, al no estar sometida a otras cargas durante su manipulación, por ejemplo cargas flectoras en su longitud al girar el segmento tubular desde una orientación tumbada hasta una posición erguida, el armado y grosor de las paredes del
- 30 segmento tubular se puede optimizar para las cargas a resistir en su vida útil, reduciéndose así dicha armadura y dicho grosor de las paredes, con el consiguiente ahorro de material, peso y dinero.

El transporte de dicho segmento tubular, manteniendo la orientación vertical de su eje longitudinal, debido a su gran tamaño, requiere de un transporte especial, pues dicho segmento muy difícilmente podría ser trasladado por carretera desde una fábrica hasta el emplazamiento de construcción de la torre, y por ello sería recomendable que el  
5 emplazamiento de fabricación de los segmentos tubulares, o sea el emplazamiento en el que se vierte el hormigón dentro de los encofrados exterior e interior, sea próximo o anexo a dicho emplazamiento de construcción de la torre, y preferiblemente encontrarse dentro del terreno que contendrá la torre a construir.

Según una realización preferida el segmento tubular se fabrica en una posición adyacente a  
10 la base de la torre, de modo que una grúa pueda elevar el segmento tubular fabricado, y emplazarlo en su posición en la torre, sin que la base de dicha grúa tenga que desplazarse, solamente trabajando dentro de su radio de acción.

Según una realización alternativa el segmento tubular se traslada desde su emplazamiento de fabricación hasta dicha posición adyacente a la base de la torre, o hasta una posición  
15 superpuesta con la base de la torre, mediante unos medios de traslación rodados, sustentados en una plataforma, que permitan mantener la orientación vertical del eje longitudinal del segmento tubular durante dicho traslado, ya sea gracias a la planicidad del terreno existente entre dichos dos puntos de traslado, o ya sea gracias a que los medios de traslación rodados están dotados de unos medios de nivelación que permiten a dichos  
20 medios de traslación rodados circular por terrenos con cierta inclinación, ya sea transversal o longitudinal, manteniendo el eje longitudinal del segmento tubular que cargan en posición vertical.

En ese caso el segmento tubular fabricado sería dispuesto sobre dichos medios de traslación rodados, luego trasladado hasta el emplazamiento adyacente a la base de la torre  
25 o coincidente con la base de la torre, y finalmente emplazado en su posición definitiva en la torre.

Los medios de traslación rodados pueden ser, a modo de ejemplo no limitativo, una plataforma rodada dispuesta sobre raíles, un vehículo, o un sistema modular de plataformas rodadas coordinables para conseguir su desplazamiento unitario.

30 Dichos medios de nivelación podrían ser, a modo de ejemplo no limitativo, una suspensión regulable individualmente para cada rueda o grupo de ruedas de los medios de traslación rodados, o también podría ser una plataforma superpuesta al chasis que contiene las ruedas, estando dicha plataforma unida a dicho chasis mediante un sistema de pistones que



permiten regular la posición relativa entre ambos, permitiendo separar o acercarlos o alterar su inclinación relativa. Estos sistemas permitirían mantener la plataforma sobre la que se traslada el segmento tubular horizontal mientras las ruedas se desplazan por un terreno no horizontal.

- 5 El segmento tubular a trasladar puede ser dispuesto sobre los medios de traslación rodados, o retirados de los mismos, por ejemplo mediante una grúa, o alternativamente disponiendo y fijando dichos medios de traslación rodados alrededor del segmento tubular, y elevándolo mediante unos medios elevadores integrados en dichos medios de traslación rodados.

Los medios elevadores podría ser un sistema de pistones que elevaran las fijaciones del  
10 segmento tubular respecto a los medios de traslación rodados. Dichos medios elevadores podrían también hacer las funciones de los anteriormente citados medios de nivelación.

Esta última realización permitiría que el segmento tubular que forma el tramo inferior de la torre, sea dispuesto sobre la base sin la intervención de ninguna grúa, simplemente mediante el uso de dichos medios de traslación rodados.

- 15 Según otras realizaciones opcionales, la altura de dicho al menos un segmento tubular está comprendida entre 10 y 40 metros. Segmentos de tan gran tamaño permiten que con muy pocos segmentos se pueda completar la torre, minimizando el número de uniones en la torre, lo que reduce las operaciones de montaje, los puntos débiles de la estructura de la torre, y permite ahorrar material y peso, al requerir menos zonas reforzadas.

- 20 Todo ahorro de peso repercute en una reducción de las cargas a soportar por los segmentos inferiores de la torre, con lo que estos pueden ser más esbeltos o tener menor sección o grosor de pared.

Segmentos tubulares de más de 40 metros de altura también entran dentro del alcance de la presente invención, pero la presión del hormigón fluido en la base del encofrado serían muy  
25 elevadas y requerirían de unos encofrados muy reforzados, o de un vertido y fraguado por etapas, a fin de reducir la presión en la base del encofrado durante el vertido y fraguado.

Cada segmento tubular fabricado dispone de unas armaduras dispuestas dentro del hormigón de sus paredes. Dichas armaduras constan, según una realización, de armaduras horizontales que rodean dicho segmento tubular, y de armaduras verticales. En una  
30 realización alternativa o complementaria dichas armaduras pueden ser sustituidas por fibras mezcladas en el hormigón antes de su fraguado.

Dichas armaduras verticales pueden ser armaduras pasivas, pueden ser armaduras activas pretensadas, por ejemplo cables que han sido sometidos a tensión durante el fraguado del

hormigón, quedando por lo tanto el hormigón pretensado tras su fraguado, pueden ser armaduras activas de postensado, fijadas en los extremos superior e inferior del segmento tubular, pudiendo dichas armaduras activas de postensado estar dispuestas a través de fundas que han quedado embebidas en el hormigón, y que han sido tensadas y fijadas en  
5 tensión tras el fraguado del hormigón, o también se contempla que dichas armaduras activas postensadas se encuentren por el exterior de la pared del segmento tubular.

Las armaduras verticales pueden ser una combinación de armaduras pasivas y/o pretensadas y/o postensadas.

Según otra realización alternativa, el conjunto de los segmentos tubulares de hormigón que  
10 conforman la torre está armado con armaduras activas verticales ancladas en la base o en los cimientos, estando dichas armaduras activas verticales formadas por cables postensados dispuestos a través de fundas verticales embebidas en las paredes de hormigón de todos los segmentos tubulares, estando las fundas de los diferentes segmentos tubulares alineadas. Según esta realización, el conjunto de segmentos tubulares de la torre  
15 estarían postensados conjuntamente respecto a la base, consiguiendo simultáneamente incrementar la resistencia de dichos segmentos, y su unión entre ellos y respecto a la base.

Existen multitud de otros métodos conocidos que permiten la unión de los segmentos entre sí o con la base o cimientos de la torre, por ejemplo mediante simples tornillos, o por ejemplo la solución descrita en el documento EP2253782, según la cual cada segmento  
20 tubular está postensado o pretensado, y las porciones de dos segmentos tubulares contiguas se unen y se refuerzan con tramos de armaduras activas postensadas dispuestas a través de fundas, que refuerzan los extremos de los segmentos tubulares contiguos, siendo normalmente dichos extremos las partes donde el pretensado o postensado del segmento tubular es más débil. Esta configuración permite dar continuidad en toda la altura  
25 de la torre al pretensado o postensado de cada segmento tubular, mediante esos tramos intermedios de postensados.

En lo referente al método para la obtención de los segmentos tubulares mediante hormigonado y fraguado de hormigón fluido en una cámara de encofrado, según una realización dicho método incluye las siguientes etapas:

- 30
- ensamblar el encofrado interior, formado por una pluralidad de paneles de encofrado unidos entre sí;
  - disponer las armaduras sobre la cara exterior del encofrado interior con cierta separación respecto a la misma;

- disponer el encofrado exterior alrededor del encofrado interior, siendo dicho encofrado exterior ensamblado a partir de una pluralidad de paneles de encofrado unidos entre sí,
- quedando dichos encofrados exterior e interior distanciados entre sí una distancia igual al grosor de la cámara de encofrado y quedando las armaduras confinadas en dicha cámara de encofrado;
- verter hormigón fluido en el interior de la cámara de encofrado;
- dejar reposar el hormigón hasta su fraguado;
- desencofrar
- extraer el segmento tubular del emplazamiento de fabricación manteniendo su eje longitudinal en posición vertical.

Las citadas armaduras deben disponerse con una separación respecto a la cara exterior del encofrado interior y respecto a una separación respecto a la cara interior del encofrado exterior, de modo que tras el fraguado queden totalmente embebidas en el hormigón, disponiendo de un recubrimiento suficiente para evitar que el agua o humedad exterior penetre en el hormigón y alcance las citadas armaduras durante la vida útil de la torre.

Los encofrados exterior e interior se componen de paneles de encofrado ensamblados entre sí, estando cada panel dotado de una cara lisa que definirá la cámara de encofrado, y una estructura posterior de refuerzo, que permite que dicha cara lisa resista la presión del hormigón fluido antes de su fraguado. Además cada panel de encofrado consta, en su perímetro, de unos anclajes o herrajes que permitan su fijación firme y hermética con otros paneles adyacentes.

Preferiblemente, en la etapa del ensamblado de los encofrados interior y exterior, los paneles de encofrado se ensamblan lateralmente formando segmentos anulares modulares, de altura regular y de una porción de la altura del encofrado interior y exterior, ensambándose dichos segmentos anulares entre sí por superposición, formando dichos encofrados exterior e interior.

Las armaduras pueden ser, de modo opcional, premontadas en un emplazamiento ajeno a los encofrados exterior e interior y, posteriormente, trasladadas y depositadas sobre la cara exterior del encofrado interior, con la separación necesaria para quedar correctamente embebidas dentro del hormigón tras su fraguado.

Ello permite realizar simultáneamente las tareas de armado y las de ensamblado del encofrado interior, ahorrando tiempo.

Dicho premontaje de las armaduras se realiza sobre una guía de armaduras, que proporciona unos apoyos de fijación temporal para la fijación temporal de las armaduras horizontales, siendo dichos apoyos de fijación temporal previstos para conformar unas armaduras horizontales aptas para el armado del sector tubular a fabricar. Es decir que la geometría que adoptan cada una de las armaduras horizontales dispuestas en dichos apoyos de fijación temporal coincide con la geometría de la sección transversal del segmento tubular a fabricar, y las dimensiones que adopta la geometría de cada armadura horizontal es mayor que la sección transversal del encofrado interior y menor que la sección transversal del encofrado exterior, en el emplazamiento que debe adoptar dicha armadura horizontal, quedando así en medio de la cámara de encofrado.

La separación vertical entre las armaduras horizontales temporalmente fijadas en los apoyos de fijación de la guía de armadura es menor que la separación vertical entre dichas armaduras horizontales tras su disposición sobre la cara exterior del encofrado interior. Ello permite que la guía de armaduras tenga una altura menor que la altura de los encofrados exterior e interior, y que por lo tanto sea más accesible a los obreros, mediante escaleras, plataformas integradas en la guía de armaduras, andamiajes o mediante plataformas elevadoras, facilitando su premontaje y pudiendo simultanearse con el ensamblado de los encofrados.

Para poder premontar las armaduras verticales, siendo la separación de las armaduras horizontales dispuestas en la guía de armaduras menor a su distancia definitiva, se propone que la longitud de los tramos de las armaduras activas verticales fijados entre dos armaduras horizontales sucesivas, sea igual a la separación vertical entre dichas armaduras horizontales tras su disposición sobre la cara exterior del encofrado interior, de modo que dichos tramos quedan flexionados estando las armaduras horizontales dispuestas en la guía de armaduras. Para ello es muy recomendable que dichas armaduras verticales sean cables, lo que facilita su flexión y su extensión total.

Así pues, según el método propuesto, la instalación de las armaduras requiere de las siguientes etapas:

- realizar el premontaje de las armaduras horizontales y verticales sobre la guía de armaduras;

- extender, durante el traslado de las armaduras premontadas y antes de su deposición sobre la cara exterior del encofrado interior, la longitud de las armaduras verticales y/o de las fundas, de modo que la altura total de las armaduras activas verticales alcance al menos la altura del encofrado interior.

5 Una vez ensamblado el encofrado interior, depositadas las armaduras a su alrededor, y ensamblado y depositado el encofrado exterior alrededor de dicho encofrado interior y de dichas armaduras, se procede al vertido del hormigón dentro de la cámara de encofrado. Dicho vertido se realiza desde un punto situado por debajo de la abertura superior de la cámara de encofrado, ya que verter el hormigón desde arriba de la cámara de encofrado  
10 produciría un gran impacto de dicho hormigón al llegar a la parte inferior de dicha cámara de encofrado, pudiendo causar daños en los encofrados, fallos en su hermeticidad, o desplazamiento de las armaduras, todos ellos problemas graves de difícil solución teniendo la cámara medio llena de hormigón fluido.

Así pues, a fin de evitar los citados problemas, se recomienda que el vertido de hormigón se  
15 realice desde una altura máxima de 5 metros por encima del nivel de la cámara de encofrado lleno con hormigón fluido.

Para poder acceder al interior de la cámara de encofrado a dicha altura de 5 metros por encima del nivel de llenado, que será variable, e irá ascendiendo por la cámara de encofrado a medida que se complete el vertido, se proponen varias alternativas.

20 Según una primera alternativa propuesta el vertido se realiza a través de unas aberturas sellables dispuestas a diferentes niveles del encofrado interior o exterior, estando dichas aberturas sellables dotadas de compuertas que permiten su sellado hermético y resistente a la presión, cuando el nivel de la cámara de encofrado lleno con hormigón fluido alcanza el nivel de dicha abertura sellable. Dichas compuertas sellables pueden ser, a modo de  
25 ejemplo, unas ventanas que los operarios puedan abrir o cerrar, y a través de las cuales puedan verter hormigón fluido elevado por tandas mediante cubetas o bombeado, o según otra realización alternativa las aberturas son unas válvulas a las que se conectan unos conductos por los que el hormigón se vierte por gravedad o por bombeo, pudiendo dichas válvulas cerrarse.

30 Según otra alternativa, los encofrados carecen de aberturas sellables, y el hormigón se vierte mediante un conducto introducido desde la abertura superior de la cámara de encofrado hasta una profundidad que puede ser inferior o superior a la altura de llenado de hormigón de la cámara de encofrado, a través del cual se bombea o se vierte el hormigón

evitándose la caída libre del hormigón vertido. Las armaduras deben prever un espacio para permitir la introducción de dicho conducto.

Para facilitar la tarea de los operarios, el encofrado interior y/o exterior puede disponer de unas plataformas de trabajo a diferentes alturas, con sus respectivas barandillas, escaleras  
5 de acceso, y otras medidas de seguridad para los operarios, a modo de andamiaje. Dichas plataformas pueden estar integradas en los paneles de encofrado de forma fija, plegable o removible, o ser fácilmente acoplables a los mismos. Ello permite que simultáneamente con el ensamblado de los encofrados, se ensamblen los andamiajes que facilitan su propia construcción, y que servirán para futuras operaciones.

10 Dichos segmentos tubulares también pueden integrar las anteriormente citadas aberturas sellables.

Ello permite que el propio encofrado actúe como planta de fabricación de segmentos tubulares transportable y auto-ensamblable, que además es una planta vertical que requiere de muy poco terreno y de escasa o nula cimentación. El propio encofrado puede además  
15 servir de protección de los operarios en caso de climatología adversa.

Mediante dicho método se pueden producir grandes segmentos tubulares prefabricados mayores que los que permiten las técnicas de fabricación conocidas, y también permite obtener un grado y control de la calidad del fraguado iguales a los realizados en las plantas de prefabricación tradicionales, gracias a que dicho encofrado exterior y/o interior también  
20 permite ser calentado mediante la circulación de un fluido calo-portador.

La reacción química del fraguado libera calor, que se disipa a través de los encofrados. Si la disipación es demasiado veloz, las caras más externas de las paredes de hormigón se enfrían demasiado, generando tensiones internas en el hormigón y problemas de resistencia, lo que puede producir una disminución de la resistencia general del hormigón, u  
25 otras patologías como el craquelado de la cara externa del hormigón, propiciando futuras oxidaciones del armado. Un calentamiento excesivo del hormigón también es perjudicial para la resistencia final del hormigón.

Todos esos problemas se evitan mediante el uso propuesto de un fluido calo-portador conectado a una fuente de calor o de frío. Ello permite mantener calientes, o enfriar, las  
30 caras externas de las paredes de hormigón durante el fraguado sin la necesidad de contener los encofrados dentro de edificios climatizados.

Los paneles de encofrado pueden integrar unos soportes para la fijación de los conductos del fluido calo-portador, o incorporar dichos conductos junto con unas conexiones que permiten su conexión a otros conductos de otros paneles.

El fluido calo-portador será preferiblemente agua, vapor o aire.

- 5 De forma complementaria o alternativa, se puede evitar dicho enfriamiento o calentamiento excesivo mediante la inclusión de aislante térmico integrado en los paneles de encofrado.

Una vez completado el fraguado del hormigón dentro de la cámara de encofrado, hay que proceder al desencofrado. Para facilitar dicha tarea previamente al vertido del hormigón se habrá esparcido líquido desencofrante sobre las paredes de la cámara de encofrado.

- 10 El método para el desencofrado incluye las siguientes etapas:
- abrir el encofrado exterior por al menos una junta vertical, en toda su altura, mediante el desacople de la unión entre paneles de encofrado lateralmente colindantes;
  - separar las dos aristas de dicha al menos una junta vertical;
  - aumentar el tamaño de la sección horizontal del encofrado exterior mediante el desplazamiento relativo de porciones opuestas de dicho encofrado exterior;
  - 15 • abrir el encofrado interior por al menos una junta vertical, en toda su altura, mediante el desacople de la unión entre paneles de encofrado lateralmente colindantes;
  - desplazar hacia el interior del encofrado interior al menos una de las aristas de dicha junta vertical;
  - 20 • reducir el tamaño de la sección horizontal del encofrado interior mediante el desplazamiento relativo de porciones opuestas de dicho encofrado interior.

Para poder extraer el segmento tubular hay que separarlo de los encofrados exterior e interior. Por ello se propone el método descrito, según el cual el encofrado exterior se abre al menos por una junta vertical, agrandando la separación entre los labios de dicha al menos una junta vertical, produciéndose así una separación del encofrado exterior respecto a la pared de hormigón del segmento tubular.

Una operación similar se reproduce para el desencofrado del encofrado interior, pero en este caso se requiere encoger dicho encofrado interior, por lo que se propone que, tras la abertura de dicha al menos una junta vertical, al menos uno de los labios de dicha junta se desplace hacia el interior del hueco del segmento tubular, lo que permite que posteriormente se pueda encoger la sección del encofrado interior mediante un desplazamiento relativo de

acercamiento de porciones opuestas de dicho encofrado interior, consiguiéndose así su encogimiento y su separación de la pared de hormigón.

Una vez conseguida la separación de los encofrados de la pared de hormigón se puede proceder a la extracción del segmento tubular, o de los encofrados interior y exterior,  
5 mediante su elevación. También se contempla su extracción mediante el desensamblado de los anillos o los paneles de encofrado.

Así pues la liberación del segmento tubular fabricado puede conseguirse mediante la extracción del segmento tubular del interior de la cámara de encofrado mediante su elevación, o en según otra realización, mediante una primera etapa de extracción del  
10 encofrado exterior y/o interior por elevación y, una vez extraído dicho encofrado, proceder a retirar el segmento tubular mediante su elevación. Alternativamente también se contempla que el encofrado exterior o interior o ambos se desensamblen para liberar el segmento tubular.

El grosor de las paredes del segmento tubular obtenido se determina mediante la separación  
15 existente entre los encofrados exterior e interior. De modo preferido, el grosor de dichas paredes se encontrará incluido en un rango de entre 9 y 17 cm.

A fin de determinar y regular con precisión dicho grosor de las paredes, adaptándolo a cada caso particular, pero permitiendo la utilización de paneles de encofrado modulares y estandarizados, se prevé que del ensamblado de dichos paneles de encofrado se obtenga  
20 unos encofrados exterior e interior con un tamaño tal que su separación quede incluida en dicho rango. Adicionalmente se pueden incluir una o varias placas distanciadoras en una o varias juntas verticales de dichos encofrados interior o exterior, lo que incrementará el tamaño en sección del encofrado exterior o del encofrado interior o de ambos, consiguiendo así incrementar o disminuir su separación y por lo tanto regulando el grosor de las paredes  
25 del segmento tubular a fabricar.

Como se ha comentado anteriormente, los extremos superior e inferior del segmento tubular fabricado, especialmente sus configuraciones de acople, deben resistir mayores cargas que el resto de la sección, por ello se propone que en dichos extremos exista un engrosamiento de la pared de hormigón que permita repartir mejor dichas cargas, y proporcione mayor  
30 superficie para el anclaje. El labio de hormigón fruto de dicho engrosamiento tendrá preferiblemente un grosor igual o superior a los 17 centímetros.



Para conseguir dichos engrosamientos, los anillos superior e inferior del encofrado interior y/o exterior deben ser piezas de encofrado especiales que conformen dicho engrosamiento en la cámara de encofrado.

Una vez desencofrado el segmento tubular se puede proceder a su traslado y  
5 emplazamiento en su posición definitiva en la torre, y se puede proceder a su fijación al resto de segmentos tubulares o a la base o a los cimientos.

La geometría que permite obtener una mayor resistencia de los segmentos tubulares con una menor cantidad de material es la geometría de sección circular, pudiendo ser dichos segmentos tubulares cilíndricos o troncocónico, consiguiendo así además una reducción de  
10 la sección y del peso y del material en la parte superior de la torre, donde las cargas son menores.

De modo preferido, la torre estará constituida por no más de siete segmentos tubulares, siendo más preferible una torre constituida de cuatro o menos segmentos tubulares.

Además del método descrito, el producto obtenido mediante dicho método también entra  
15 dentro del alcance de la invención propuesta.

Se entenderá que las referencias a posición geométricas, como por ejemplo paralelo, perpendicular, vertical, horizontal, etc. admiten desviaciones de hasta  $\pm 5^\circ$  respecto a la posición teórica definida por dicha nomenclatura.

Otras características de la invención aparecerán en la siguiente descripción detallada de un  
20 ejemplo de realización.

#### Breve descripción de las figuras

Las anteriores y otras ventajas y características se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización con referencia a los  
25 dibujos adjuntos, que deben tomarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

la Fig. 1 muestra una vista de alzado esquemática, en la que se muestran los encofrados exterior e interior ensamblados en el emplazamiento de fabricación de los segmentos tubulares, un par de segmentos tubulares ya fabricados, de diferente tamaño, almacenados en un emplazamiento de acopio, un segmento tubular siendo transportado mediante unos  
30 medios de traslación, manteniendo su eje longitudinal vertical a pesar de ser un terreno inclinado gracias a unos medios de nivelación integrados en los medios de traslación, y un emplazamiento de construcción de una torre en la que unos medios de elevación, como una

grúa, pueden elevar y apilar los segmentos tubulares sobre unos cimientos dotados de una base;

la Fig. 2A muestra un primer ejemplo de realización de torre, compuesta de tres segmentos tubulares superpuestos, estando cada segmento tubular dotado de un labio de hormigón superior e inferior recrecido hacia el interior hueco de dichos segmentos tubulares, proporcionando dichos labios de hormigón unas configuraciones de acople complementarias con las de los otros segmentos sucesivos, y mostrando dos detalles ampliados en sección de un ejemplo de realización de la unión entre dos segmentos superpuestos, en este caso mediante un segmento de cable postensado introducido a través de fundas embebidas en el hormigón, y del anclaje de los medios de elevación al segmento tubular, para permitir su elevación y transporte;

la Fig. 2B muestra un segundo ejemplo de realización de torre, compuesto de tres segmentos tubulares superpuestos, estando cada segmento tubular dotado de un labio de hormigón superior recrecido hacia el interior hueco del segmento tubular, y un labio de hormigón inferior recrecido hacia el exterior del segmento tubular, proporcionando dichos labios de hormigón unas configuraciones de acople complementarias con las de los otros segmentos sucesivos, y mostrando dos detalles ampliados en sección de un ejemplo de realización de la unión entre dos segmentos superpuestos, en este caso mediante un segmento de cable postensado introducido a través de fundas embebidas en el hormigón, y del anclaje de los medios de elevación al segmento tubular, para permitir su elevación y transporte;

la Fig. 3 muestra una vista esquemática lateral en sección de una etapa inicial del método propuesto, en la que se muestra unos cimientos preparados en el emplazamiento de erección de la torre, un encofrado interior ensamblado, una guía de armaduras sobre la que se han premontado unas armaduras, y un encofrado exterior ensamblado en un emplazamiento anexo al encofrado interior;

la Fig. 4 muestra una vista esquemática lateral en sección de una etapa posterior del método propuesto, en la que se muestra lo mismo que en la Fig. 3, pero en la que la armadura premontada ha sido izada de la guía de armaduras, quedando entonces extendida en toda su longitud y suspendida de los medios de elevación;

la Fig. 5 muestra una vista esquemática lateral en sección de una etapa ulterior del método propuesto, en la que dichas armaduras premontadas y extendidas se superponen al encofrado interior premontado;

la Fig. 6 muestra una vista esquemática lateral en sección de una etapa aún más posterior del método propuesto, en la que se muestra como el encofrado exterior ha sido izado y se ensarta en el encofrado interior sobre el que se han colocado las armaduras premontadas;

la Fig. 7 muestra una vista esquemática lateral en sección de una etapa siguiente del método propuesto, en la que se muestran el encofrado exterior e interior unidos y sellados por su base, conformando la cámara de encofrado, en la que se ha iniciado el proceso de vertido de hormigón.

la Fig. 8a muestra un primer método de vertido de hormigón propuesto, según el cual el hormigón se eleva en cubetas y se vierte al interior de la cámara de encofrado a través de aberturas sellables, en forma de ventanas, dotadas de compuertas que permiten su cierre hermético, dispuestas a diferentes alturas o niveles del encofrado interior, permitiendo un vertido desde escasa altura por encima del nivel máximo de llenado de la cámara de encofrado, pudiendo disponerse dichas aberturas sellables en diferentes posiciones radiales del encofrado para permitir un vertido repartido y homogéneo;

la Fig. 8b muestra un segundo método de vertido de hormigón propuesto, según el cual el hormigón se bombea desde la base a través de unos conductos verticales que se conectan con la cámara de encofrado a diferentes niveles, a través de unas aberturas sellables a las que dichos conductos están conectadas, y que permiten un cierre hermético mediante unas compuertas o válvulas, lo que permite controlar desde que altura se vierte el hormigón mediante la abertura y cierre de las compuertas o válvulas de los diferentes niveles;

la Fig. 8c muestra un tercer método de vertido de hormigón propuesto, según el cual el hormigón se bombea desde la base a través de unos conductos verticales hasta el extremo superior de la cámara de encofrado, en donde dichos montantes verticales se conectan a unos conductos flexibles que pueden introducirse dentro de la cámara de encofrado por su abertura superior, y descender por su interior hasta el nivel máximo de llenado del hormigón fluido, lo que permite verter el hormigón evitando la caída desde gran altura, y permitiendo a la vez ir extrayendo los conductos flexibles del interior de la cámara de encofrado, por ejemplo mediante su enrollado, para elevar su extremo inferior manteniéndolo ligeramente por encima de dicho nivel de llenado máximo, que irá elevándose durante el vertido;

la Fig. 9a es una sección horizontal del segmento tubular y muestra el proceso de desencofrado tanto del encofrado exterior como del interior tras el fraguado del hormigón, siendo en este ejemplo el encofrado exterior abierto por tres juntas verticales, separándolo en tres segmentos que pueden separarse mutuamente distanciándose del segmento tubular,

y siendo el encofrado interior abierto por seis juntas verticales, separándolo en seis segmentos que permiten introducir tres de dichos segmentos hacia el interior hueco del segmento tubular, liberando así unos espacios que permiten a los otros tres segmentos del encofrado interior acercarse entre sí, separándose del segmento tubular y produciendo su  
5 desencofrado;

la Fig. 9b muestra una solución de desencofrado equivalente a la descrita en la Fig. 9a, pero abriendo únicamente una junta vertical del encofrado exterior, y dos juntas verticales del encofrado interior;

la Fig. 10 muestra una vista esquemática lateral en sección de una etapa de extracción del  
10 segmento tubular del interior de la cámara de encofrado del método propuesto, en la que se muestra el encofrado exterior e interior separados de la pared del segmento tubular, mediante las técnicas de desencofrado expuestas en las Fig. 9a o 9b, y en la que el encofrado exterior es desensartado del encofrado interior mediante su elevación, para su posterior almacenaje en una posición adyacente mostrada en línea discontinua;

15 la Fig. 11 muestra una etapa posterior a la mostrada en la Fig. precedente, en la que una vez retirado el encofrado exterior, se procede a extraer el segmento tubular fabricado mediante su elevación, para su posterior deposición en una zona de acopio, mostrado en línea discontinua;

la Fig. 12 muestra una etapa posterior a la mostrada en la Fig. precedente, en la que una  
20 vez retirado el encofrado exterior y tras el almacenaje del segmento tubular en la zona de acopio, este es trasladado hasta una posición adyacente al emplazamiento de construcción de la torre mediante unos medios de translación rodados, para posteriormente proceder a su deposición en su emplazamiento definitivo en la torre;

la Fig. 10b muestra un procedimiento de extracción del segmento tubular del interior de la  
25 cámara de encofrado alternativa a la mostrada en la Fig. 10, según la cual tras la abertura de los encofrados exterior e interior mediante el proceso descrito en las Fig. 9a o 9b, se procede a extraer el segmento tubular del interior de la cámara de encofrado mediante su elevación, sin efectuar la retirada previa de los encofrados exterior e interior, lo que permitiría producir un nuevo segmento tubular idéntico con los mismos encofrados en un  
30 plazo menor, tras la extracción del segmento tubular, este puede ser almacenado en una zona de acopio o dispuesto directamente en su emplazamiento definitivo en la torre, del modo mostrado con líneas discontinuas.

Descripción detallada de un ejemplo de realización

Según una realización preferida con carácter no limitativo mostrado en la Fig. 1 adjunta, la presente invención propone un método para la fabricación de segmentos tubulares de hormigón y para la erección de torres mediante la unión de dichos segmentos, especialmente para la erección de torres de gran altura, por ejemplo de más de 80 metros, destinadas a sostener aerogeneradores.

En los ejemplos de realización ilustrados, los segmentos tubulares disponen de una sección circular, que resulta una geometría óptima, pero otras geometrías poligonales u ovales, u otras son admisibles.

10 En dicha Fig. 1 se muestra un emplazamiento de fabricación de segmentos tubulares 20 mediante el vertido y fraguado de hormigón en una cámara de encofrado 30 de eje vertical definida por un encofrado exterior 32 y un encofrado interior 31, estando dicho emplazamiento de fabricación en las cercanías del emplazamiento de erección de la torre en el que se han previsto unos cimientos.

15 Al estar los encofrados exterior e interior 32 y 31 y la cámara de encofrado 30 dispuestos con su eje longitudinal E en posición vertical, el segmento tubular es fabricado con su eje longitudinal E en orientación vertical, que es la misma orientación que tendrá una vez situado en su ubicación definitiva en la torre.

Unos medios de traslación 60 rodados se encargan de trasladar los segmentos tubulares 20 desde el emplazamiento de fabricación hasta el emplazamiento de erección de la torre, manteniendo en todo momento el eje longitudinal de dicho segmento tubular fabricado en orientación vertical durante dicho transporte. Dichos medios de traslación 60 son, en este ejemplo de realización, unas plataformas rodadas móviles coordinables, que permiten ser agrupadas y cuyo desplazamiento se puede controlar conjuntamente para conseguir que se desplacen unitariamente, pudiendo así transportar conjuntamente una carga de gran tamaño.

Para conseguir mantener la orientación vertical de la carga transportada salvando las posibles irregularidades del terreno o pendientes, los medios de traslación 60 están dotados de unos medios de nivelación 61, en el ejemplo mostrado en las Fig. adjuntas dichos medios de nivelación 61 constan de unas plataformas dotadas de una fijación móvil accionada mediante pistones hidráulicos, que se encuentran montadas sobre los medios de traslación 60. Dichas plataformas pueden regular su separación y su inclinación con respecto a dichos

medios de traslación 60, consiguiendo así mantener una superficie de carga horizontal a pesar de que el terreno no lo sea.

Una vez trasladada la carga hasta el emplazamiento de erección de la torre 1, una grúa procede a elevar el segmento tubular 20 transportado y sobreponerlo a los segmentos tubulares 20 inferiores de la torre 1. Esta operación debe repetirse tantas veces como  
5 segmentos tubulares de hormigón formen la torre 1.

En las Fig. 2A y 2B se muestran dos configuraciones alternativas de la geometría de los segmentos tubulares 20, y de cómo eso afecta a la geometría general de la torre 1. En el primer ejemplo mostrado en la Fig. 2A, cada segmento tubular 20 dispone de unos labios de  
10 hormigón 25 formados por un engrosamiento de sus paredes en los extremos superior e inferior, siendo dicho engrosamiento hacia el interior hueco del segmento tubular 20 en dichos dos extremos, de modo que la cara exterior visible de la torre 1 no se ve afectada por dichos labios de hormigón 25. Estos labios de hormigón 25 permiten alojar unas configuraciones de acople 24 que facilitan el ensamblado de la torre 1, a la vez que  
15 proporcionan un refuerzo estructural en esa parte de cada segmento tubular 20.

En el segundo ejemplo mostrado en la Fig. 2B, el labio de hormigón 25 superior se produce por un engrosamiento de las paredes 23 hacia el interior hueco del segmento tubular 20, mientras que el labio de hormigón 25 inferior se produce por un engrosamiento de las paredes 23 hacia el exterior del segmento tubular 20, produciendo un resalte en la cara  
20 exterior de dicho segmento tubular, y produciendo una torre 1 de perfil escalonado como el mostrado en dicha Fig. 2B.

Otras configuraciones de los labios de hormigón 23 son posibles, produciendo diferentes geometrías de torre 1. También se plantea que los segmentos tubulares 20 tengan paredes verticales, aunque no se ha mostrado en ninguna de las Fig. adjuntas.

25 En la Fig. 3 se muestra una etapa inicial del proceso de fabricación de un segmento tubular 20 en una posición adyacente a los cimientos 10 de la torre 1. En esta etapa ya se han construido unos cimientos suficientes para sostener toda la torre 1 prevista en su emplazamiento definitivo, y se ha dotado a dichos cimientos 10 de una base 11 con una configuración de acople 12 prevista para facilitar el acople y fijación de los segmentos  
30 tubulares 20. Evidentemente dichos cimientos 10 podrían ser construidos en momentos posteriores, simultaneando su construcción con algunas de las etapas de construcción que se expondrán a continuación, acortando así los plazos de ejecución.

En un emplazamiento cercano se ha ensamblado un encofrado interior 31, a partir de la unión de una pluralidad de segmentos anulares modulares, de altura regular y de una porción de la altura del encofrado interior 31, estando además cada segmento anular formado por la unión de una pluralidad de paneles de encofrado 40 modulares y reutilizables.

Dicho encofrado interior está dotado de una cara exterior lisa prevista para definir la geometría interior del segmento tubular 20 y sobre la que se puede extender un producto desencofrante antes del vertido del hormigón.

Dicho encofrado interior puede incluir en su extremo superior y/o inferior un segmento de encofrado anular de labio 35, que permite que la cámara de encofrado 30, y el segmento tubular 20 a fabricar tengan un engrosamiento en dicho extremo superior y/o inferior, o labio de hormigón 25, que sirve para reforzar esa zona y para albergar una configuración de acople 24 que facilite el acople y fijación de unos segmentos tubulares 20 con otros, o con la configuración de acople 12 de la base 11.

Dicho segmento de encofrado anular de labio 35, tanto del extremo inferior como del extremo superior, puede adicionalmente o alternativamente disponerse en el encofrado exterior 32.

Dicho encofrado interior 31 también puede incluir unas plataformas de trabajo 36 alojadas en su interior, permitiendo a los operarios acceder de forma segura a toda la altura del encofrado interior 31 para realizar las tareas necesarias. En esta realización dichas plataformas de trabajo 36, y sus respectivas escaleras y barandillas, están unidas a los paneles de encofrado 40 mediante articulaciones, o herrajes que permitan su fácil y rápido plegado o montaje, facilitando así las tareas de ensamblado del encofrado interior.

Dichas plataformas de trabajo 36 permiten que el encofrado interior 31 actúe como una planta de fabricación de segmentos tubulares desmontable, ya que su ensamblaje proporciona no solo en molde de dicho segmento tubular 20, sino también el espacio de trabajo seguro y protegido para los operarios, con la ventaja de que dicha planta ocupa poca superficie, pues su desarrollo es vertical.

En la presente realización que ha previsto una guía de armado 54, en forma de armazón, en una posición cercana al encofrado interior. Dicha guía de armado 54 sirve de soporte para el premontaje de las armaduras 50 que reforzarán las paredes 23 de hormigón del segmento tubular 20. Dichas armaduras 50 podrían ser montadas directamente sobre la cara exterior del encofrado interior 31, utilizándolo de soporte y prescindiendo de la guía de encofrado 54,

pero debido a la gran altura del segmento tubular 20, ello requeriría de andamiajes caros que habría que transportar y montar tras el ensamblado del encofrado interior 31 para permitir dicho montaje de las armaduras 50 sobre el encofrado interior 31, y desmontar para permitir la instalación del encofrado exterior 32, lo que consumiría muchos recursos y tiempo. Otra opción sería el uso de plataformas elevadoras rodadas, pero sería un trabajo lento y tedioso, o requeriría del uso de muchas de dichas plataformas elevadoras.

El uso de la guía de armado 54 permite premontar las armaduras 50 antes o durante las tareas de ensamblado del encofrado interior 31, ganando tiempo. Además se ha previsto que la altura total de la guía de armado 54 sea solo una fracción de la altura total que deberá tener la armadura 50 para armar todo el segmento tubular 20 a fabricar, permitiendo un acceso mucho más fácil y seguro a los operarios, lo que repercute en un premontaje de las armaduras mucho más rápido y económico.

En el presente ejemplo de realización, los segmentos tubulares 20, y por consiguiente la torre 1, tienen una sección circular y una geometría troncocónica. Por lo tanto en este caso la guía de armado 54 también es un troncocono, de diámetros mínimo y máximo aproximadamente iguales a los que tendrá el segmento tubular 20 (considerando que el armado debe quedar en la mitad del grosor de las paredes 23 del segmento tubular 20), pero de una altura mucho menor. Incluso se plantea que la altura sea cero.

Esta construcción de la guía de armado 54 permite que las armaduras horizontales 51 del armado 50 puedan premontarse con el tamaño y forma que deberán tener una vez colocados en su ubicación definitiva, listas para el vertido de hormigón, pero la distancia vertical que las separa será mucho menor. Las armaduras verticales 52 en cambio, no podrán ser premontadas con su geometría definitiva, por ello se prevén diferentes soluciones.

Una primera solución consiste en que las armaduras verticales 52 se compongan de cables, y que dichos cables se fijen en las armaduras horizontales sucesivas en tramos de una longitud igual a la separación que las armaduras horizontales 51 deben tener en su posición final. Al ser la separación de premontaje de las armaduras horizontales 51 menor que la separación final, dichos cables que forman las armaduras verticales 52 quedarán flexionados estando la armadura 50 premontada en la guía de armaduras 54, o deberán ser enrolladas en espiral alrededor de la guía de armaduras 54. Dicha armadura 50 premontada podrá ser elevada por medio de una grúa, consiguiéndose entonces que alcance su extensión total, y pudiendo entonces sobreponerla al encofrado interior 31, tal y como se muestra en las Fig. 4 y 5.



También se plantea que las armaduras verticales 52 sean sustituidas por fundas huecas flexibles, realizándose el premontaje de las armaduras 50 del modo antes expuesto, y tras el fraguado del hormigón con dichas fundas embebidas, utilizarlas para el paso de armaduras verticales 52, preferiblemente cables de postensado.

- 5 Otras opciones de premontaje de las armaduras 50 también son factibles, como por ejemplo premontar sobre la guía de armaduras 54 las armaduras horizontales 51, y unir las armaduras verticales 52 únicamente a la armadura horizontal 51 superior. Posteriormente, durante el izado de las armaduras 50 premontadas, se irían extendiendo las armaduras verticales 52 y se irían uniendo a las armaduras horizontales 51 a medida que se produjera  
10 la elevación, que se realizaría por etapas. Al completarse la elevación todas las armaduras horizontales habrían sido unidas a las armaduras verticales 52, con su separación correcta definitiva.

En una posición también adyacente al encofrado interior 31, se ensambla un encofrado exterior 32, cuya cara interior define la geometría exterior del segmento tubular a fabricar, a  
15 partir de la unión de una pluralidad de segmentos anulares modulares, de altura regular y de una porción de la altura del encofrado exterior 32, estando además cada segmento anular formado por la unión de una pluralidad de paneles de encofrado 40 modulares y reutilizables.

Una vez completado el ensamblado del encofrado interior 31, el premontaje de las  
20 armaduras (Fig. 3), y dichas armaduras 50 premontadas hayan sido extendidas y superpuestas a la cara exterior del encofrado interior 31 (Fig. 4 y 5) dejando unas separaciones suficientes para asegurar que dichas armaduras queden correctamente posicionadas para el hormigonado posterior, se procede al izado y superposición de dicho encofrado exterior 32 sobre el encofrado interior 31, confinando las armaduras 50 entre  
25 ambos encofrados, y definiendo la cámara de encofrado 30 entre dichos encofrado exterior 32 e interior 31 (Fig. 6).

El grosor de la cámara de encofrado 30, definido por la separación entre el encofrado exterior 32 e interior 31, determina el grosor de las paredes 23 del segmento tubular 20 a fabricar. Como dichos encofrados han sido ensamblados a partir de paneles de encofrado 40  
30 modulares, dicha separación queda definida por el módulo de los paneles de encofrado 40 utilizados. Con el fin de permitir que con un número limitado de paneles de encofrado 40 modulares se pueda fabricar una gran cantidad de segmentos tubulares 20 de tamaños diferentes y con grosores de paredes 23 diferentes, se ha previsto que el añadido de unas placas distanciadoras, de escasa anchura, entre paneles de encofrado 40 lateralmente

adyacentes en toda la altura del encofrado exterior y/o interior. Dichas placas distanciadoras permiten aumentar el perímetro del encofrado ya sea interior 31 como exterior 32, consiguiendo así regular su mutua separación y con ello el grosor de la cámara de encofrado 30. Esta solución permite conseguir segmentos tubulares 20 con paredes 23 de  
5 diferente grosor empleando los mismos paneles de encofrado 40.

La operación de elevación y superposición del encofrado exterior 32 sobre el encofrado interior 31 puede ser sustituida por el ensamblado del encofrado exterior directamente alrededor del encofrado interior, tras la colocación de las armaduras 50, o simultáneamente a su instalación.

10 Una vez completado el montaje de la cámara de encofrado 30, y se ha procedido al sellado hermético de su base, se puede proceder al vertido del hormigón fluido en su interior para su llenado y posterior fraguado, como se muestra en las Fig. 7, 8a, 8b y 8c.

La operación de llenado tiene ciertas dificultades derivadas de la gran altura de los encofrados. Una es la presión que ejerce el hormigón fluido en la base antes del fraguado,  
15 que obliga a utilizar unos encofrados exterior 32 e interior 31 especialmente diseñados o reforzados a tal efecto. Otra dificultad es que la caída del hormigón fluido desde la abertura superior de la cámara de encofrado podría dañar las armaduras 50 o incluso los encofrados, e incluso repercutir en la calidad y resistencia del hormigón resultante, por lo que es conveniente verter el hormigón desde una altura inferior a la altura de dicha abertura  
20 superior.

Para conseguir ese vertido se proponen tres métodos alternativos. Un primer método, mostrado en la Fig. 8A, consiste en proporcionar una serie de aberturas sellables 33, en forma de ventanas, dotadas de compuertas 34 que permiten un sellado hermético y resistente a la presión de dichas aberturas sellables 33. Dichas ventanas se disponen en el  
25 encofrado interior, y a diferentes niveles, dando acceso a los operarios al interior de la cámara de encofrado 30 desde las plataformas de trabajo 36 previstas en dicho encofrado interior, tal y como se muestra en la Fig. 8A. Los operarios utilizan las ventanas inferiores que aún se encuentran por encima del nivel de llenado de la cámara de encofrado 30 para verter el hormigón fluido al interior de dicha cámara, desde una altura escasamente superior  
30 al nivel de llenado de dicha cámara de hormigón, preferiblemente desde menos de 5 metros. El vertido puede efectuarse mediante bombeo, o mediante cubas llenas de hormigón que han sido elevadas hasta dicho nivel de la ventana por medio de grúas. Una vez el nivel de llenado alcanza este nivel de trabajo, se cierra la compuerta 34 de forma hermética, pasando a actuar dicha compuerta 34 como un nuevo trozo del encofrado, y se continúa el

vertido desde el siguiente nivel dotado de aberturas sellables 33 hasta completar el llenado de toda la cámara de encofrado 30. Esta opción también facilita las tareas de control y vibrado por parte de los operarios.

5 En otra solución equivalente mostrada en la Fig. 8B, las aberturas sellables 33 y las compuertas 34 se componen de unas válvulas comunicadas con la cámara de encofrado 30, y que permiten su conexión con unos conductos de bombeo de hormigón fluido. Esta realización permite que los operarios puedan llenar la cámara de encofrado simplemente conectando unos conductos desde unas bombas de hormigón fluido a dichas válvulas, y procedan a la abertura y cierre progresivo de dichas válvulas a medida que la cámara de  
10 encofrado 30 se va llenando. En este caso, las tareas de vibrado deben realizarse con vibradores introducidos desde la abertura superior de la cámara de encofrado, o transmitiendo la vibración a través de los paneles de encofrado, aplicando los vibradores sobre estos.

15 Como resulta evidente a un experto, dichas aberturas sellables 33 y sus compuertas 34 o válvulas podrían estar practicadas en el encofrado exterior 32, y resulta recomendable tener varias de dichas aberturas sellables 33 dispuestas con una separación angular predeterminada en cada nivel, por ejemplo disponiendo de tres aberturas sellables 33 distanciadas  $120^\circ$  en cada nivel dotado de dichas aberturas sellables 33, para conseguir un vertido homogéneo.

20 Una tercera realización de esta parte del método, mostrada en la Fig. 8C, consiste en la introducción de un conducto a través de la abertura superior de la cámara de encofrado 30, descendiendo dicho conducto hasta una posición escasamente por encima del nivel de llenado de la cámara de encofrado. A través de ese conducto se podría bombear el hormigón fluido, y se evitaría una caída descontrolada del mismo hasta el nivel de llenado.

25 El conducto sería preferiblemente flexible, permitiendo su extracción del interior de la cámara de encofrado 30 mediante su enrollado, consiguiendo así mantener su abertura inferior ligeramente por encima del nivel máximo de llenado en todo momento. Esta solución requeriría prever las armaduras 50 para dejar un espacio suficiente para la introducción de dicho conducto, pero por el contrario, no requeriría de las citadas aberturas sellables 33 ni  
30 compuertas 34 practicadas en los encofrados.

Es muy recomendable que a la vez que se va realizando el llenado se vaya efectuando un vibrado del hormigón vertido, para conseguir una correcta penetración del hormigón y evitar la aparición de coqueras.

En el caso de que las armaduras verticales 52 sean armaduras activas de pretensado, se deberá someter dichas armaduras a tensión antes de que se produzca el fraguado del hormigón.

Una vez completado el llenado, se produce el fraguado del hormigón. Durante dicho proceso es importante controlar un fraguado homogéneo, por lo que conviene evitar un enfriamiento excesivamente rápido de las caras externas de las paredes 23 del segmento tubular 20 que se está fabricando. Para evitar dicho enfriamiento se puede utilizar un aislamiento térmico integrado en los paneles de encofrado 40, o se puede proporcionar un calentamiento adicional de los encofrados para conseguir mantener la temperatura de dichas caras externas. El calentamiento adicional puede lograrse, por ejemplo, mediante unos conductos que transporten un fluido calo-portador previamente calentado en una caldera o calefactor. Dicho fluido calo-portador podría ser aire que por ejemplo calentara todo el recinto interior del encofrado interior 31, o que fuera impulsado contra la cara interior de los paneles de encofrado 40 del encofrado interior 31. También se podría emplear agua como fluido, que circularía por unas conducciones adosadas a dichos paneles de encofrado 40, transmitiéndoles el calor del fluido calo-portador.

Dichas conducciones podrían ser añadidas y fijadas mediante un sistema de herrajes de fácil colocación previstos en los paneles de encofrado 40, o dichos paneles podrían ya incluir dichos conductos que quedarían ensamblados tras el ensamblado de los encofrados exterior 32 y/o interior 31.

Una vez completado el fraguado se podría proceder a un postensado de unas armaduras activas postensadas que discurrieran a través de unas fundas embebidas en el hormigón fraguado, consiguiendo postensar cada segmento tubular 20 fabricado. Dichas armaduras activas postensadas también se contempla que discurran por fuera de la pared 23 del segmento tubular 20, preferiblemente por su cara interior, teniendo sus extremos fijados, por ejemplo en los labios de hormigón 25.

A continuación se procede al desencofrado del segmento tubular 20 fabricado. Según una realización propuesta en la Fig. 9A, el desencofrado se logra abriendo el encofrado exterior 32 por tres juntas verticales, en toda su longitud, para posteriormente separar los tres segmentos de encofrado exterior 32 obtenidos hacia fuera, separándolos del segmento tubular 20.

Del mismo modo, el encofrado exterior se abre por seis juntas verticales en toda su altura, y se procede desplazando tres segmentos alternos de dicho encofrado interior 31 hacia el

interior hueco del segmento tubular 20, liberando así el espacio necesario para poder desplazar los otros tres segmentos alternos también hacia el interior y separándose del segmento tubular 20 fabricado.

En una solución alternativa ilustrada en la Fig. 9B el encofrado exterior 32 se abre por una  
5 única junta vertical, y el encofrado interior 31 por solamente dos juntas verticales, pero el procedimiento resulta equivalente.

Tras el desencofrado del segmento tubular 20 mediante las técnicas descritas en las Fig. 9a o 9b, se puede proceder a liberar el segmento tubular 20 fabricado de los encofrados exterior 32 e interior 31.

10 Según una realización preferida mostrada en las Fig. 10, 11 y 12, dicha liberación se produce mediante una primera etapa en la que el encofrado exterior 32 es extraído del encofrado interior 31, elevándolo mediante unos medios de elevación como por ejemplo una grúa. El encofrado exterior 32 extraído puede almacenarse en una ubicación anexa para proceder a su desmontaje o a su reutilización en la fabricación de otro segmento tubular 20.  
15 También se contempla que dicho encofrado exterior sea retirado mediante su desensamblado.

Tras la retirada del encofrado exterior 32 se procede a extraer el segmento tubular 20 fabricado, mediante su elevación con unos medios de elevación. Dicho segmento tubular 20 extraído puede entonces almacenarse en una zona de acopio (ver Fig. 11), o podría  
20 instalarse directamente en su ubicación definitiva en la torre 1.

Si se almacena en la zona de acopio y esta está alejada del emplazamiento de la torre 1, unos medios de traslación se encargan del transporte del segmento tubular 20 hasta una posición adyacente a la base de la torre 1, manteniendo en todo momento el eje longitudinal E del segmento tubular 20 en posición vertical. Una vez alcanzada una posición adyacente a  
25 la torre 1, se puede proceder a trasladar dicho segmento tubular 20 hasta su posición definitiva en la torre 1.

Evidentemente se podría proceder al desencofrado mediante técnicas más habituales, como por ejemplo mediante el desensamblado y retirada de los paneles de encofrado 40 que conforman los encofrados, pero estas técnicas son más lentas y encarecen el coste.

30 En una realización alternativa mostrada en la Fig. 10a, tras el desencofrado del segmento tubular, este es extraído del interior de la cámara de encofrado mediante su elevación, sin requerir la retirada previa del encofrado exterior 32.

Una vez acoplado uno o varios segmento tubular 20 en su posición definitiva en la torre 1, con su eje longitudinal E vertical y alineado con la base 11, se procede a su fijación, que puede realizarse por medio de pernos, tornillos, o similares uniones que fijen unas piezas con las otras, o por medio de unos cables que recorran todos los segmentos tubulares 20 de la torre 1, y que permitan realizar un postensado del conjunto de la torre, respecto a la base o a los cimientos mediante el tensado de dichos cables. También se contempla unir, mediante sistemas de acoplado, segmentos de cable alineados de cada segmento tubular con segmentos de cables de segmentos tubulares 20 sucesivos, obteniendo en conjunto cables con continuidad en toda la altura de la torre 1 para realizar un postensado.

10 En una realización preferida mostrada en las Fig. 2A y 2B, se introducen unos segmentos de cables que unen una porción extrema de un segmento tubular 20, con una sección extrema colindante de un segmento tubular 20 colindante, utilizándose dichos segmentos de cable para producir un postensado local que afecte a dichas dos porciones extremas colindantes. Ello unido con el pretensado o postensado de cada uno de los segmentos tubulares 20  
15 proporcionará un armado activo con continuidad en toda la longitud de la torre 1, sin requerir la utilización de cables continuos que recorran toda la torre 1.

Otras soluciones similares utilizan segmentos de los cables de pretensado o postensado utilizados en el pretensado de un segmento tubular, y que sobresalen de sus extremos, para introducirlos a través de fundas previstas en las porciones extremas de segmentos tubulares  
20 colindantes, permitiendo utilizar dichos segmentos de cables para el postensado de dichas porciones extremas de los segmentos tubulares 20 colindantes, consiguiendo así dicho efecto de armado activo con continuidad.

## REIVINDICACIONES

1.- Método para la fabricación de segmentos tubulares de hormigón y para la erección de torres mediante la unión de dichos segmentos tubulares, que incluye las etapas de:

- 5
- construir unos cimientos (10) para la torre con una base (11) dotada de una configuración de acople (12) en su cara superior;
  - obtener al menos un segmento tubular (20) de hormigón, de sección transversal circular o poligonal, dotado de un eje longitudinal (E) que discurre por el interior hueco del segmento tubular (20), por el centro de las secciones transversales,

10

  - teniendo dicho segmento tubular (20) un ancho de al menos 4 metros, y estando dotado de unas configuraciones de acople (24) dispuestas en una posición adyacente a al menos uno de sus dos extremos abiertos;
  - trasladar dicho al menos un segmento tubular (20) hasta su posición definitiva en la torre, en la que su eje longitudinal (E) se encuentra en posición vertical, y en la que

15

  - su o sus configuraciones de acople quedan acopladas a configuraciones de acople de segmentos tubulares (20) colindantes, previamente dispuestos en la torre (1), y/o a la configuración de acople de la base (11);
  - fijar dicho al menos un segmento tubular (20) con la base (11) y/o con los cimientos y/o con otros segmentos tubulares (20) previamente dispuestos en la torre (1);

20 caracterizado por que incluye además:

fabricar dicho al menos un segmento tubular (20) en una única pieza tubular de hormigón armado, siendo su altura igual o superior a su anchura, y preferiblemente igual o superior a los 10 metros, y siendo dicho segmento tubular (20) obtenido mediante el hormigonado y fraguado de hormigón en una cámara de encofrado (30) tubular cerrada por la base formada

25

por un encofrado exterior (32), modular y reutilizable, que define la geometría de una cara exterior del segmento tubular (20) y por un encofrado interior (31) tubular, modular y reutilizable, que define la geometría de una cara interior del segmento tubular (20), estando el encofrado interior (31) dispuesto dentro del encofrado exterior (32) y determinando la separación entre ambos un grosor de la pared (23) del segmento tubular (20), y estando el

30

eje longitudinal (E) de dichos encofrados exterior (32), interior (31) y de dicha cámara de encofrado (30) en posición vertical durante dicha fabricación.

2.- Método según reivindicación 1 caracterizado por que el traslado del citado al menos un segmento tubular (20) desde el emplazamiento de su fabricación hasta su emplazamiento definitivo en la torre se realiza manteniendo en todo momento su eje longitudinal (E) en posición vertical.

5 3.- Método según reivindicación 1 o 2 caracterizado por que la altura de dicho al menos un segmento tubular (20) está comprendida entre 10 y 25 metros.

4.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las armaduras (50) de cada segmento tubular (20) de hormigón constan de armaduras horizontales que rodean dicho segmento tubular (20), y de armaduras activas verticales  
10 seleccionadas entre cables pretensados, o cables de postensado dispuestos a través de fundas huecas verticales embebidas en el hormigón; o cables de postensado dispuestos por el exterior de las paredes (23) del segmento tubular (20).

5.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el conjunto de los segmentos tubulares (20) de hormigón que conforman la torre (1) está  
15 armado con armaduras activas verticales ancladas por un extremo en la base (11) o en los cimientos (10), y ancladas por el otro extremo en el segmento tubular (20) superior de la torre (1) estando dichas armaduras activas verticales formadas por cables postensados.

6.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la fabricación de dicho al menos un segmento tubular (20) incluye las siguientes etapas:

- 20 • ensamblar el encofrado interior (31), formado por una pluralidad de paneles de encofrado (40) unidos entre sí;
- disponer las armaduras (50) sobre la cara exterior del encofrado interior (31) con cierta separación respecto a la misma;
- disponer el encofrado exterior (32) alrededor del encofrado interior (31), siendo dicho  
25 encofrado exterior (32) ensamblado a partir de una pluralidad de paneles de encofrado (40) unidos entre sí,
- quedando dichos encofrados exterior (32) e interior (31) distanciados entre sí una distancia igual al grosor de la cámara de encofrado (30) y quedando las armaduras (50) confinadas en dicha cámara de encofrado (30);
- 30 • verter hormigón fluido en el interior de la cámara de encofrado (30);
- dejar reposar el hormigón hasta su fraguado;
- desencofrar



- extraer el segmento tubular (20) del emplazamiento de fabricación manteniendo su eje longitudinal (E) en posición vertical.

7.- Método según reivindicación 6 caracterizado por que el encofrado exterior (32) se ensambla en un emplazamiento adyacente al emplazamiento de ensamblado del encofrado interior (31), y posteriormente el encofrado exterior (32) se transporta y ensarta en el encofrado interior (31), quedando el encofrado exterior (32) envolviendo el encofrado interior (31).

8.- Método según reivindicación 6 o 7 caracterizado por que las armaduras (50) son premontadas en un emplazamiento ajeno a los encofrados exterior (32) e interior (31), y posteriormente trasladadas y depositadas sobre dicha cara exterior del encofrado interior (31).

9.- Método según reivindicación 8 caracterizado por que las armaduras (50) son premontadas sobre una guía de armaduras (54), que proporciona unos apoyos de fijación temporal para la fijación temporal de las armaduras horizontales, siendo dichos apoyos de fijación temporal previstos para conformar unas armaduras horizontales aptas para el armado del segmento tubular (20) a fabricar; porque la separación vertical entre las armaduras horizontales temporalmente fijadas en los apoyos de fijación de la guía de armadura (54), es menor que la separación vertical entre dichas armaduras horizontales tras su disposición sobre la cara exterior del encofrado interior; porque la longitud de los tramos de las armaduras activas verticales fijados entre dos armaduras horizontales sucesivas, es igual a la separación vertical entre dichas armaduras horizontales tras su disposición sobre la cara exterior del encofrado interior, quedando dichos tramos flexionados estando las armaduras horizontales dispuestas en la guía de armaduras (54); y porque, durante el traslado de las armaduras (50) premontadas desde la guía de armaduras (54) hasta el encofrado interior (31), la longitud de las armaduras verticales (52) y/o de las fundas (53) se extienden, de modo que la altura total de las armaduras activas verticales alcance al menos la altura del encofrado interior (31).

10.- Método según reivindicación 6 caracterizado por que el vertido del hormigón dentro de la cámara de encofrado (30) se realiza desde un punto situado por debajo de la abertura superior de la cámara de encofrado (30), y preferiblemente el vertido del hormigón se realiza desde una altura máxima de 5 metros por encima del nivel de llenado con hormigón fluido de la cámara de encofrado (30).

- 11.- Método según reivindicación 10 caracterizado por que el vertido se realiza a través de unas aberturas sellables (33) dispuestas a diferentes niveles del encofrado interior (31) o exterior (32), estando dichas aberturas sellables (33) dotadas de compuertas (34) o válvulas que permiten su sellado hermético y resistente a la presión, cuando el nivel de la cámara de encofrado lleno con hormigón fluido alcanza el nivel de dicha abertura sellable (33).
- 12.- Método según reivindicación 10 caracterizado por que el vertido se realiza a través de conductos introducidos dentro de la cámara de encofrado (30) a través de la abertura superior de dicha cámara de encofrado (30) teniendo dichos conductos su abertura de vertido por encima del nivel de llenado con hormigón fluido de la cámara de vertido (30).
- 13.- Método según reivindicación 6 caracterizado por que durante el fraguado del hormigón se calienta o enfría el encofrado interior (31) y/o exterior (32) mediante la circulación de un fluido calo-portador.
- 14.- Método según reivindicación 6 caracterizado por que el desencofrado incluye:
- abrir el encofrado exterior (32) por al menos una junta vertical, en toda su altura, mediante el desacople de la unión entre paneles de encofrado (40) lateralmente colindantes;
  - separar las dos aristas de dicha al menos una junta vertical;
  - aumentar el tamaño de la sección horizontal del encofrado exterior (32) mediante el distanciamiento relativo de porciones de encofrado opuestas del mismo;
  - abrir el encofrado interior por al menos una junta vertical, en toda su altura, mediante el desacople de la unión entre paneles de encofrado lateralmente colindantes;
  - desplazar hacia el interior del encofrado interior al menos una de las aristas de dicha junta vertical;
  - reducir el tamaño de la sección horizontal del encofrado interior mediante el desplazamiento relativo de porciones de encofrado opuestas del mismo.
- 15.- Método según reivindicación 6 caracterizado por que la distancia entre los encofrados exterior e interior (32 y 31), y por lo tanto el grosor de la cámara de encofrado (30), se regula mediante la inclusión de al menos una placa distanciadora dispuesta entre paneles de encofrado (40) lateralmente colindantes en toda la altura del encofrado interior o exterior (31 o 32), consiguiendo así aumentar, en sección transversal, el perímetro del encofrado portador de dicha al menos una placa distanciadora, regulando así la distancia entre el

encofrado interior y exterior (31 y 32), estando dicha distancia comprendida en un rango de 9 a 17 cm.

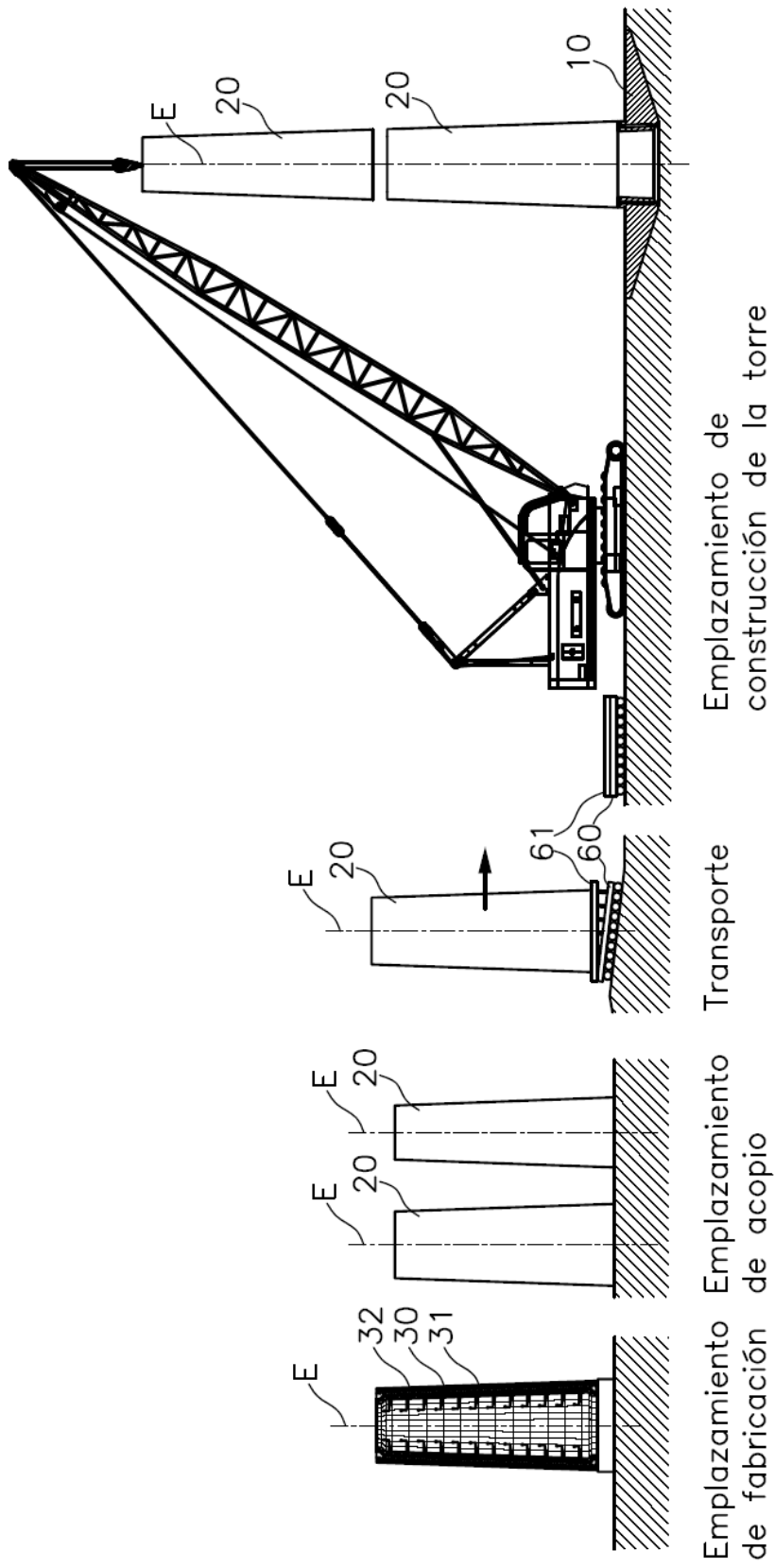
16.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el extremo superior y/o inferior del encofrado exterior y/o interior se ha provisto un  
5 segmento anular de labio (35), que permite que en dicho extremo superior y/o inferior el grosor de la cámara de encofrado sea superior a los 17 cm, permitiendo obtener un labio de hormigón (25) en los extremos superior y/o inferior del segmento tubular (20) a fabricar, que facilita la unión entre segmentos tubulares (20) colindantes.

17.- Método según reivindicación 8 caracterizado por que comprende integrar en los paneles  
10 de encofrado interior uno o más elementos seleccionados entre: plataformas de trabajo plegables; aberturas sellables (33) dotadas de compuertas (34) o válvulas; soportes para la fijación de conductos de conducción del fluido calo-portador; o segmentos de dichos conductos de conducción del fluido calo-portador conectables con otros conductos situados en paneles adyacentes.

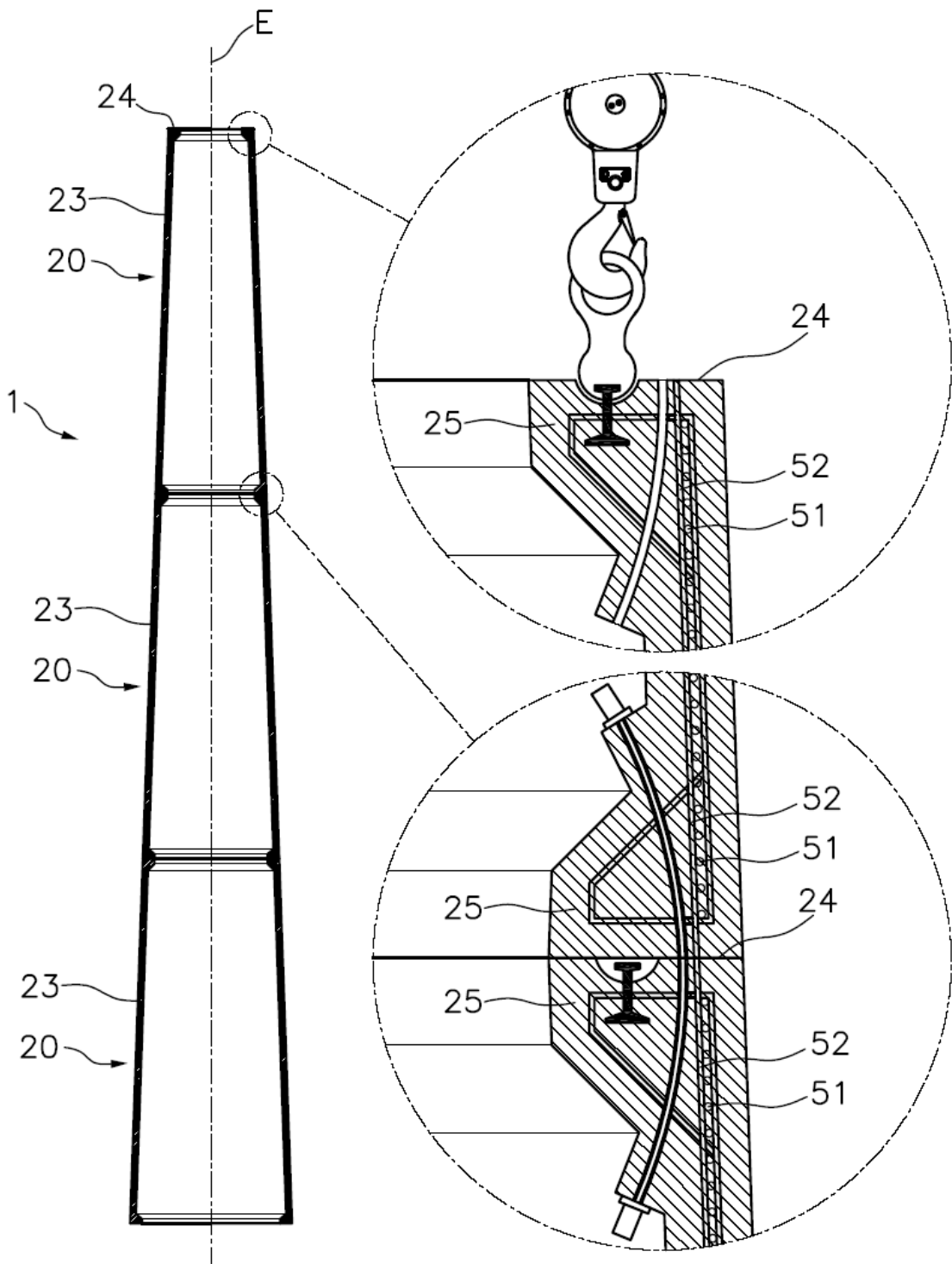
18.- Método según reivindicación 2 caracterizado por que tras la fabricación del segmento  
15 tubular (20), éste es trasladado hasta una posición adyacente o coincidente con la base (11) de la torre (1) mediante unos medios de traslación (60) rodados seleccionados de entre una plataforma rodada dispuesta sobre raíles, un vehículo a motor con una plataforma de carga, o un sistema modular de plataformas rodadas coordinadas para conseguir su  
20 desplazamiento unitario.

19.- Método según reivindicación 18 caracterizado por que los medios de traslación (60) rodados disponen de unos medios de nivelación (61) que les permiten circular sobre un terreno inclinado manteniendo el eje longitudinal (E) del segmento tubular cargado en posición vertical.

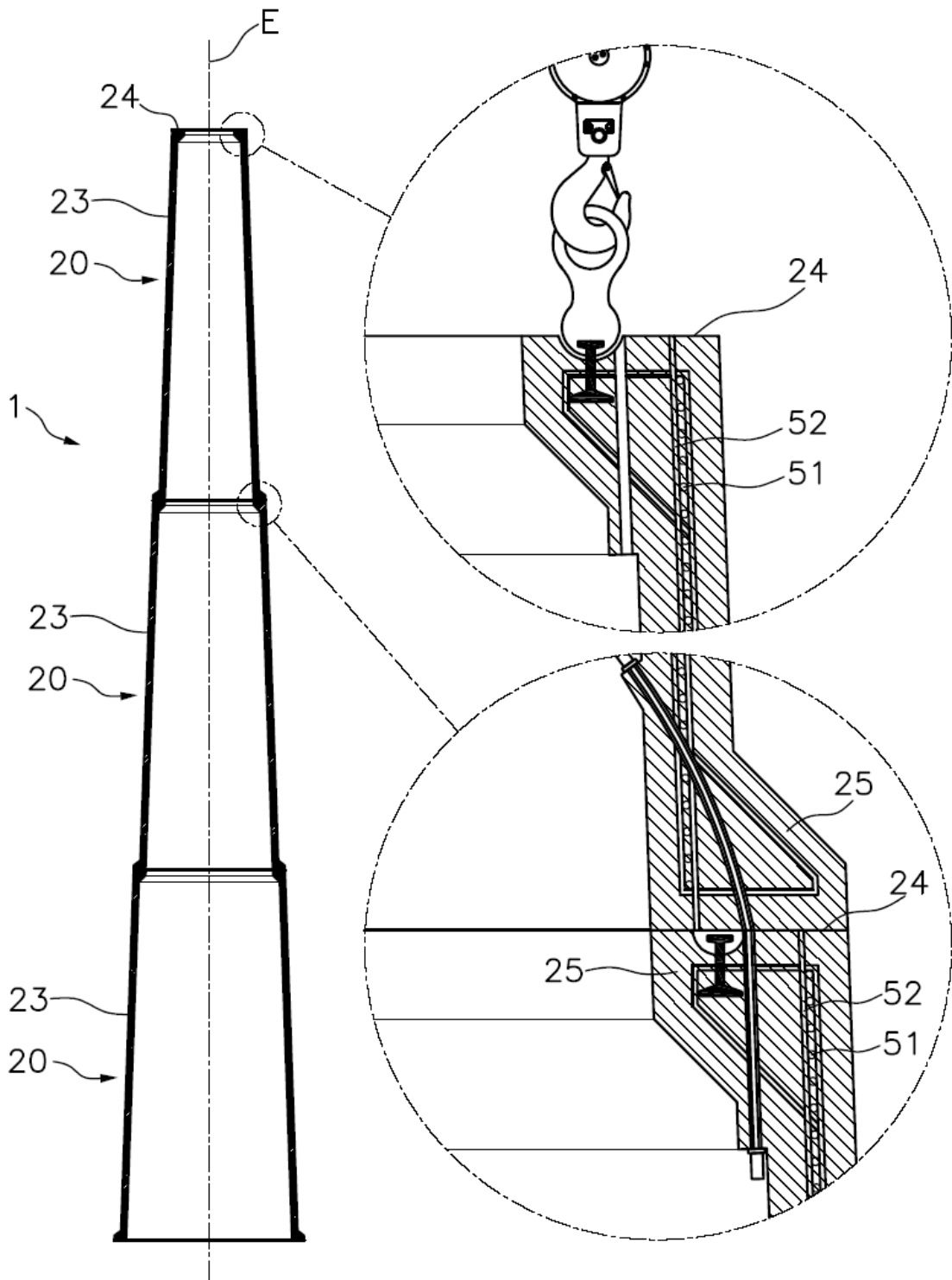
25



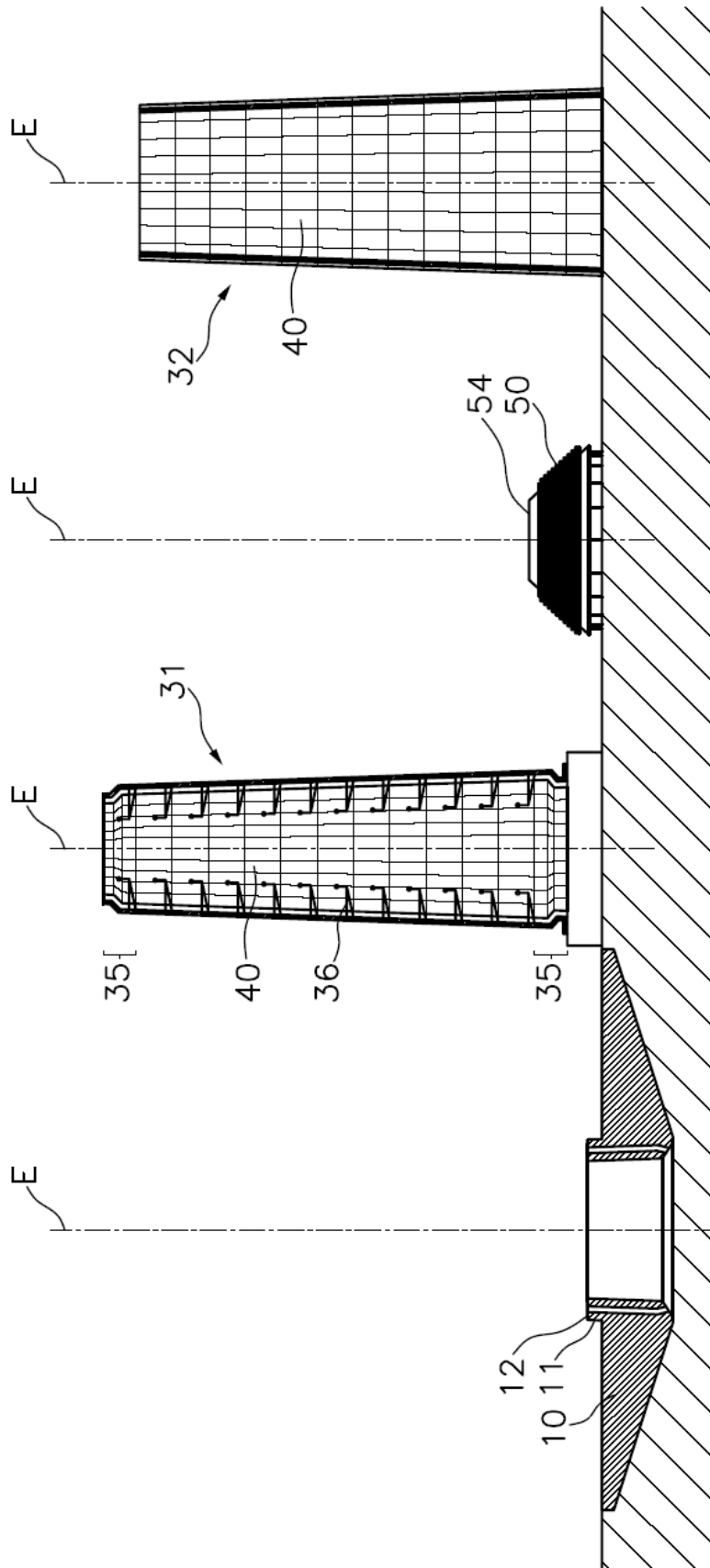
**Fig. 1**



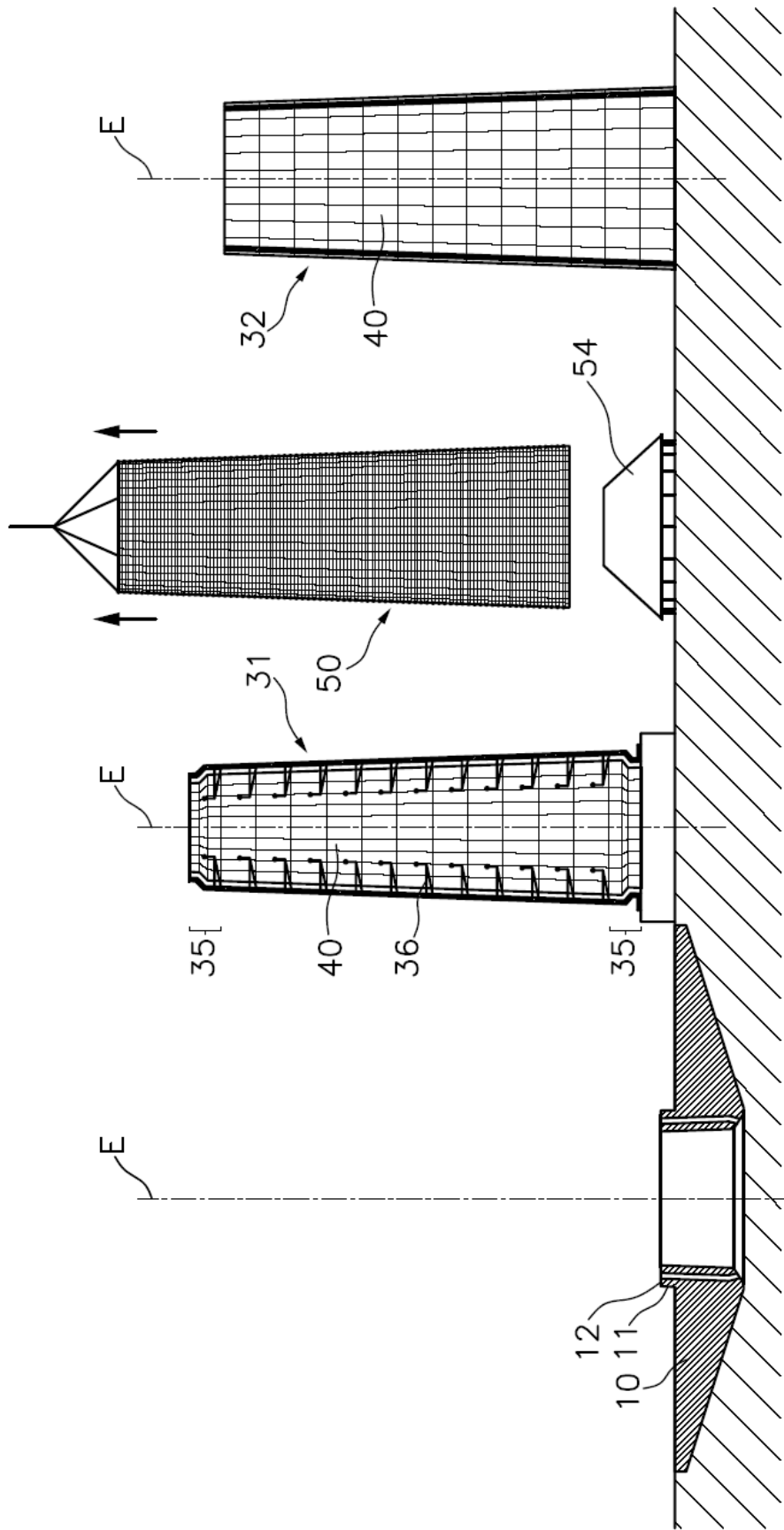
**Fig.2A**



**Fig.2B**

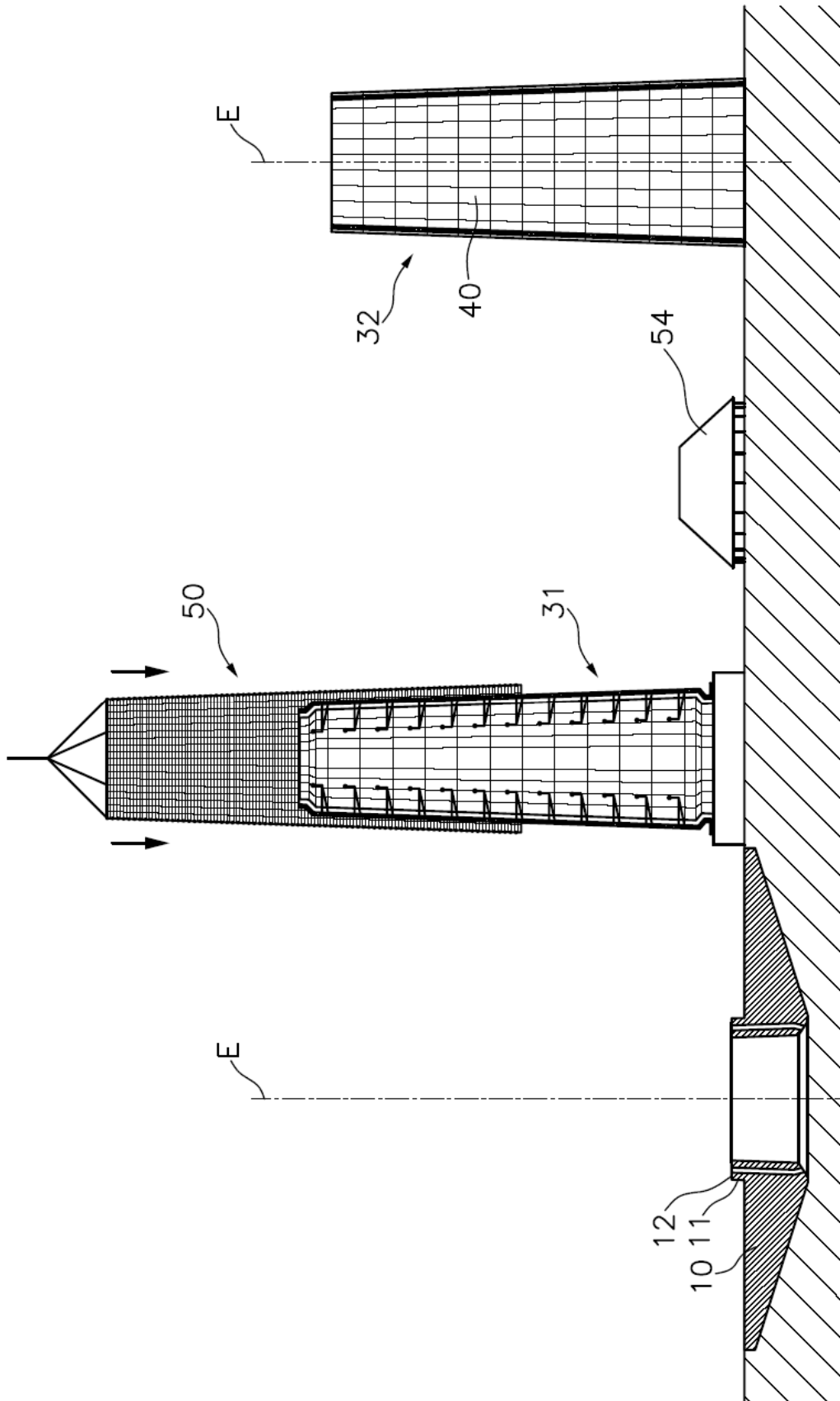


**Fig.3**

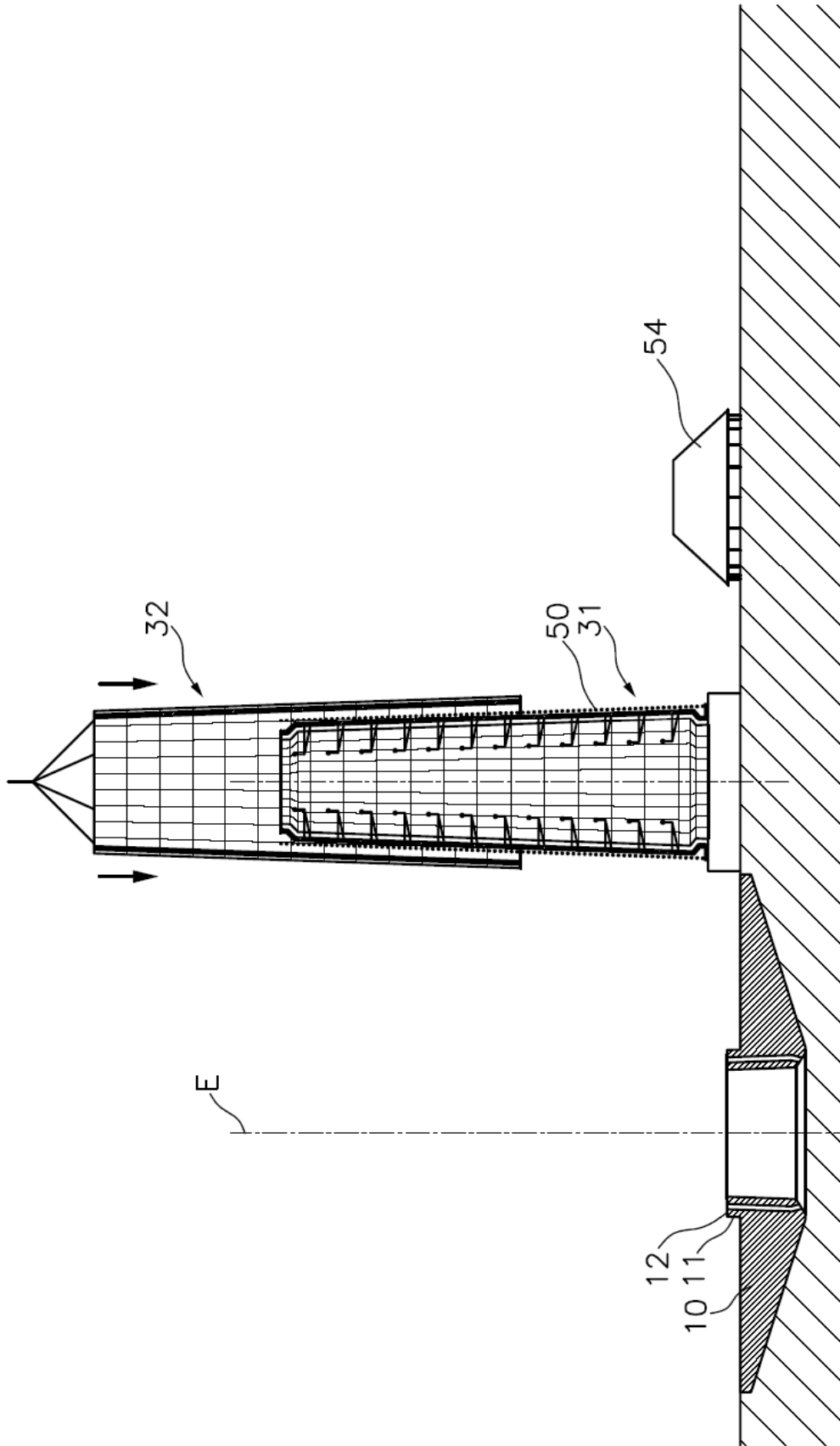


**Fig.4**

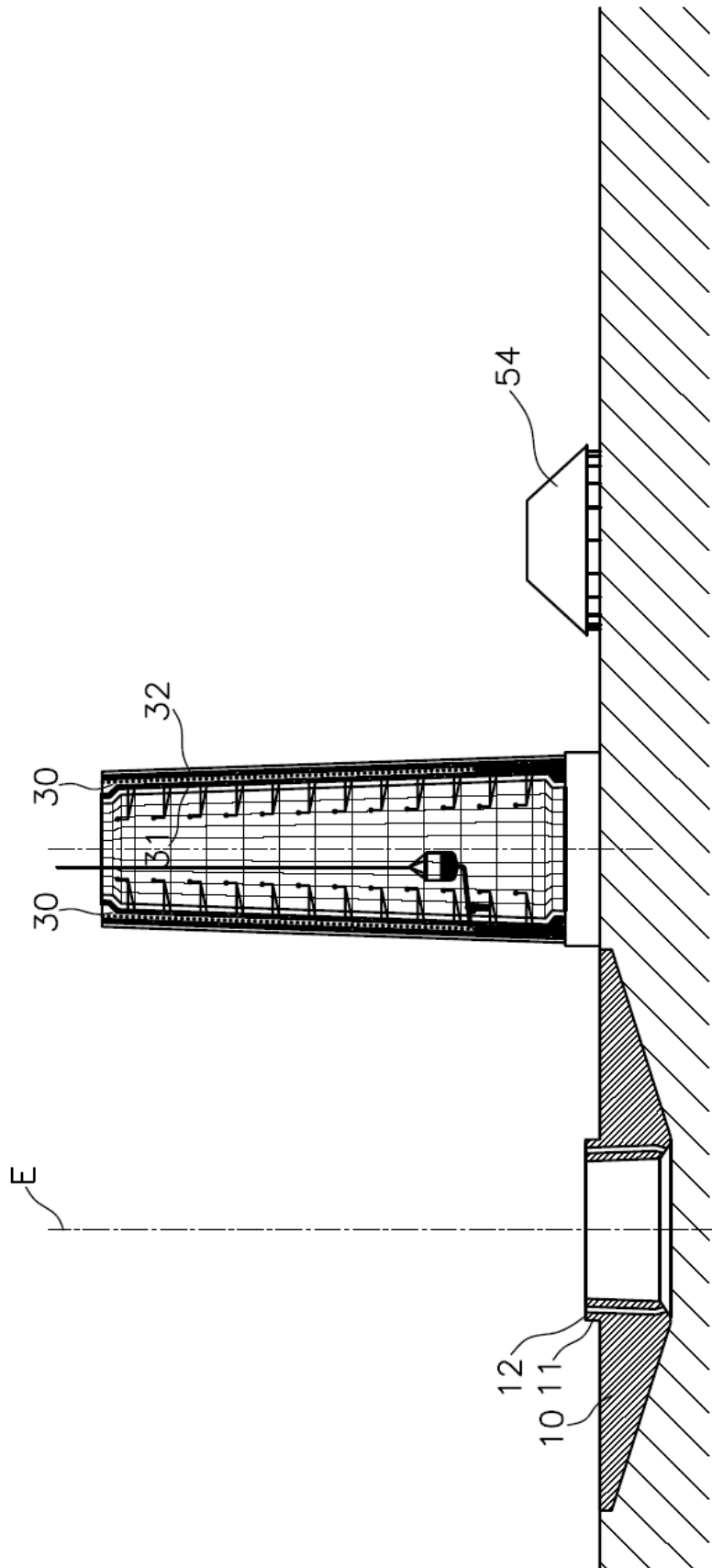




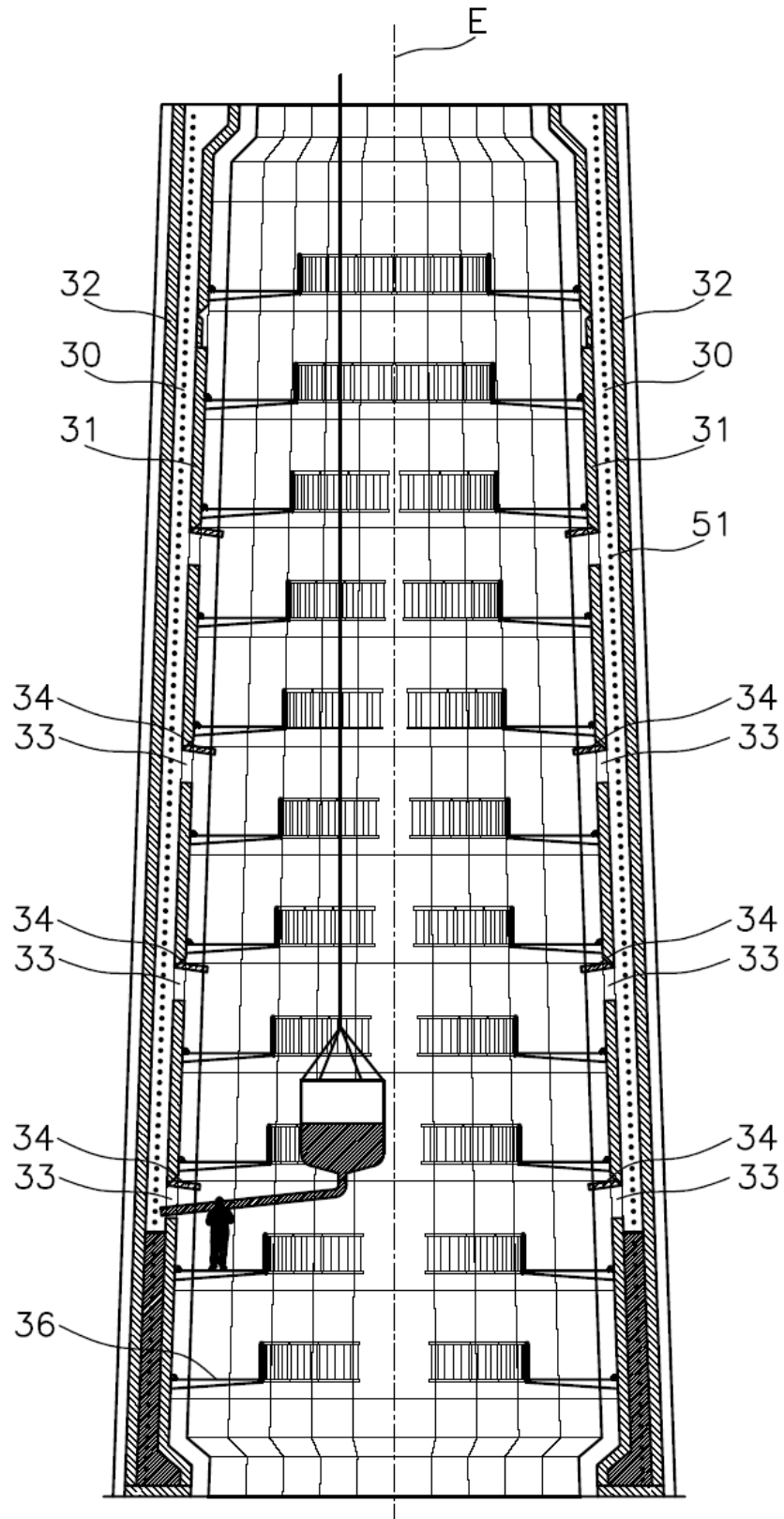
**Fig.5**



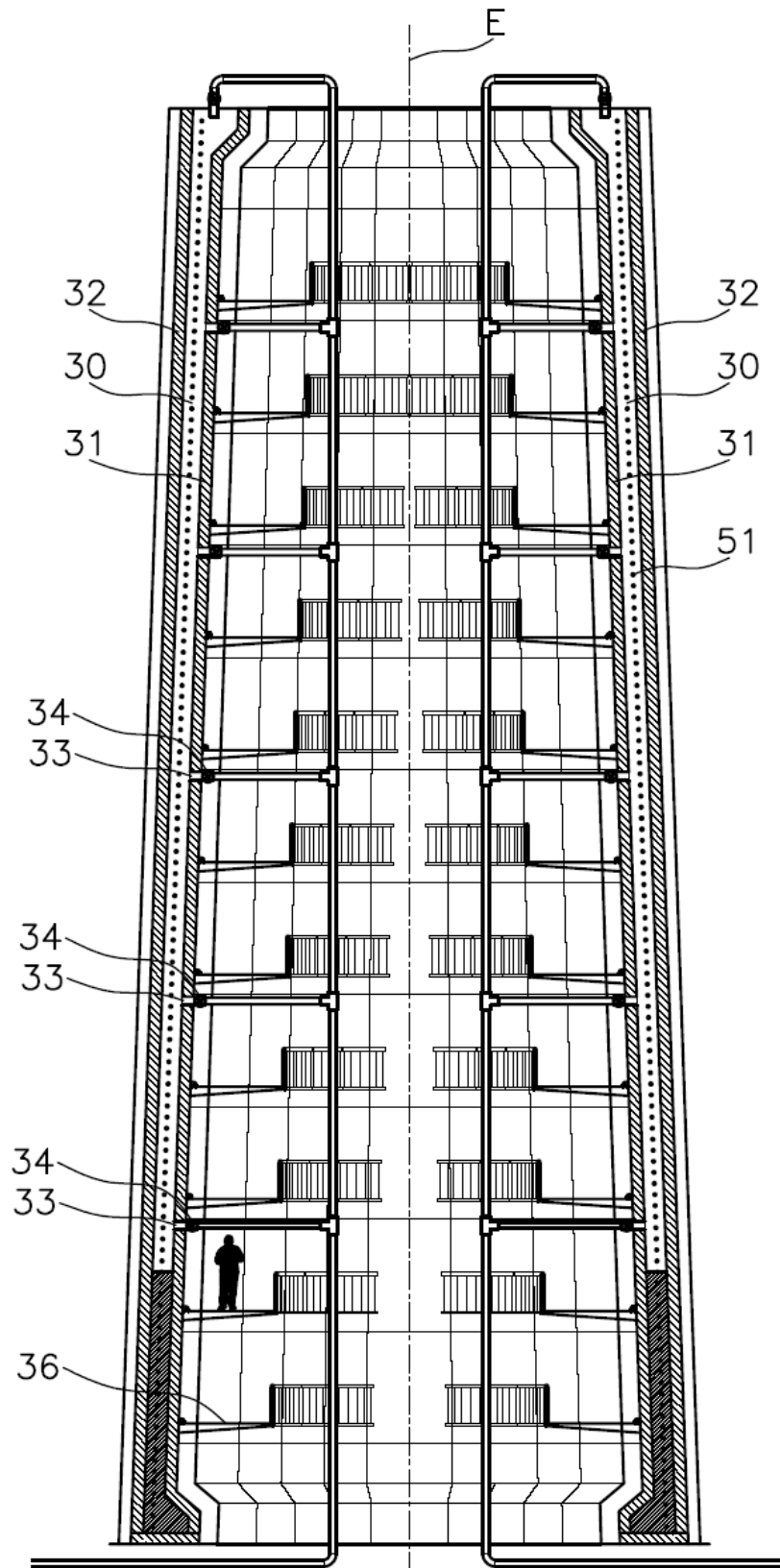
**Fig. 6**



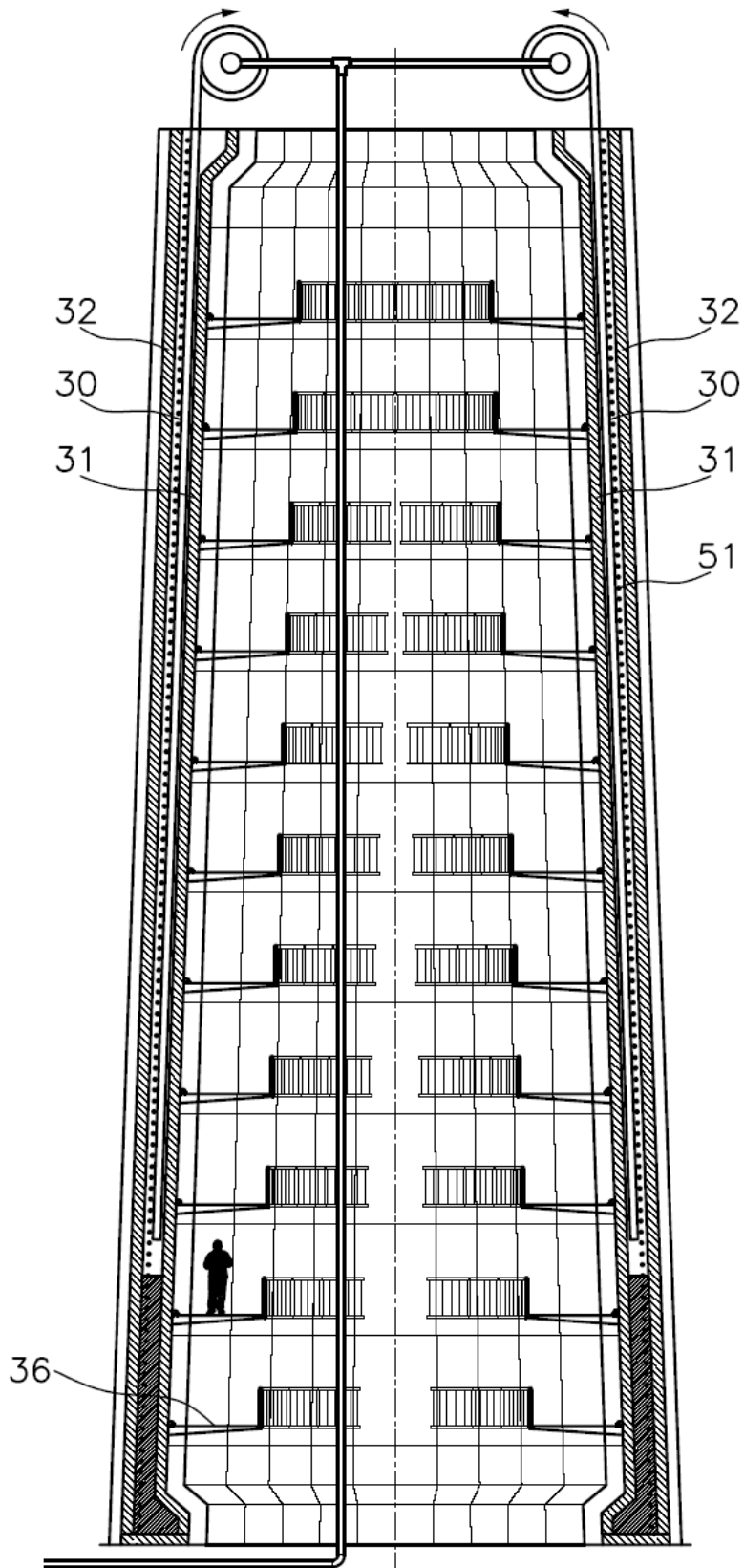
**Fig. 7**



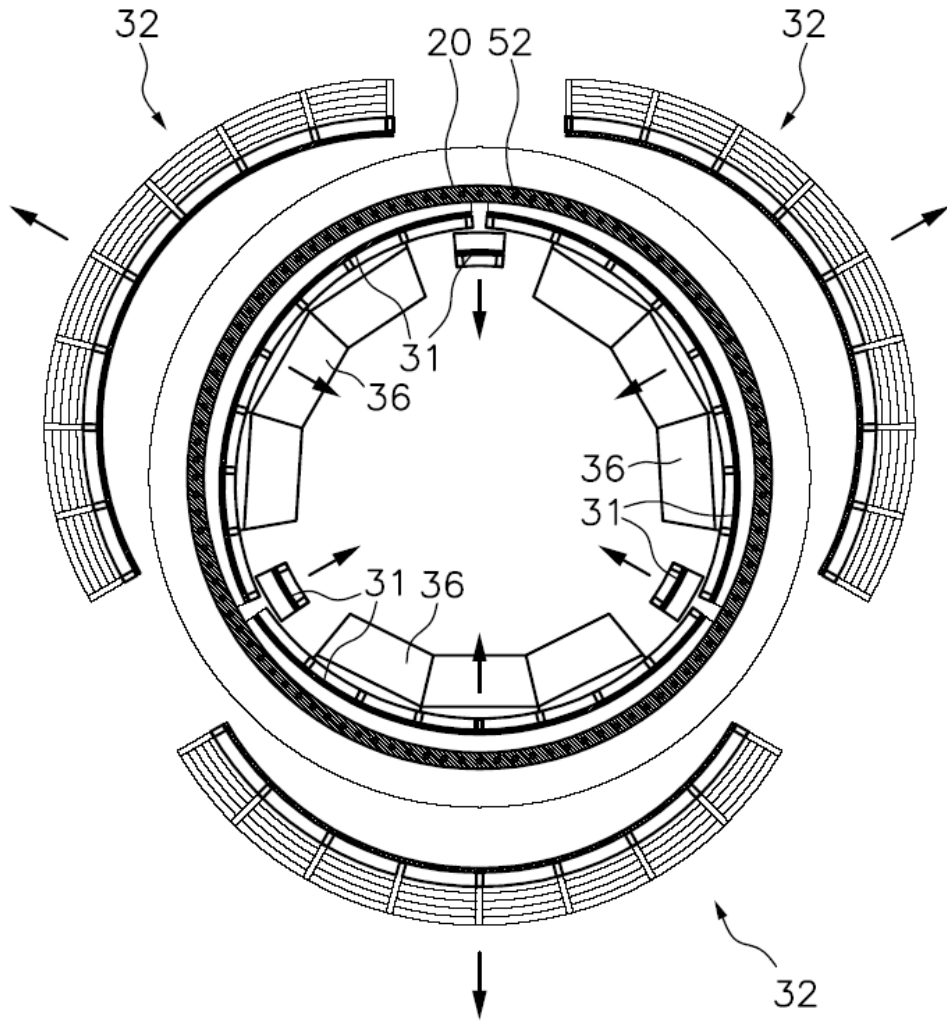
**Fig.8a**



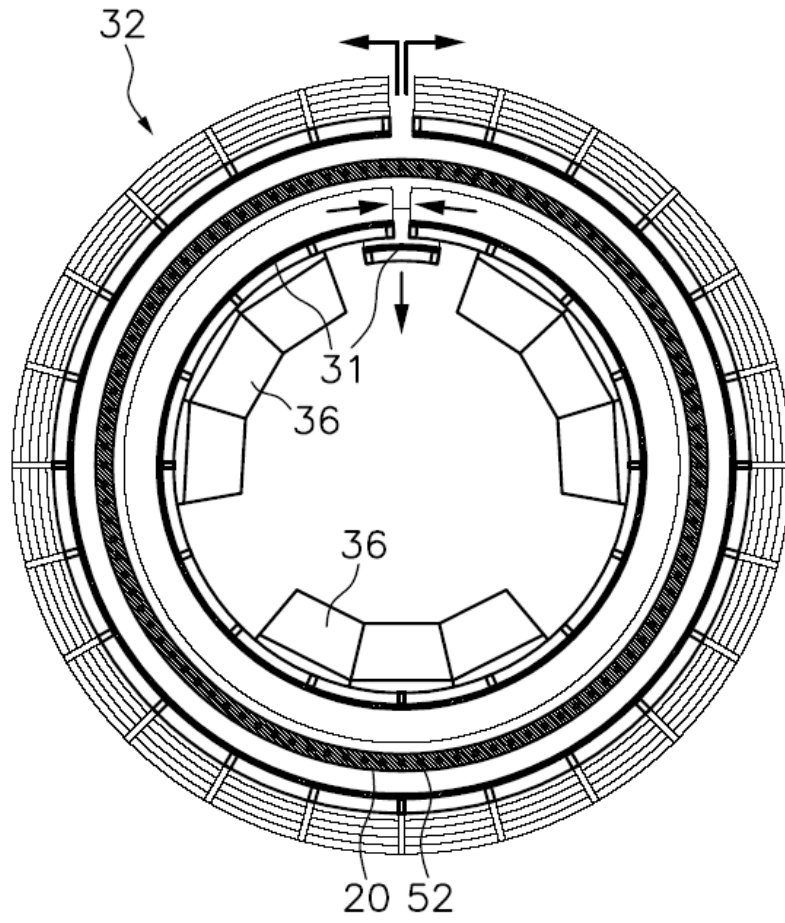
**Fig. 8b**



*Fig.8c*

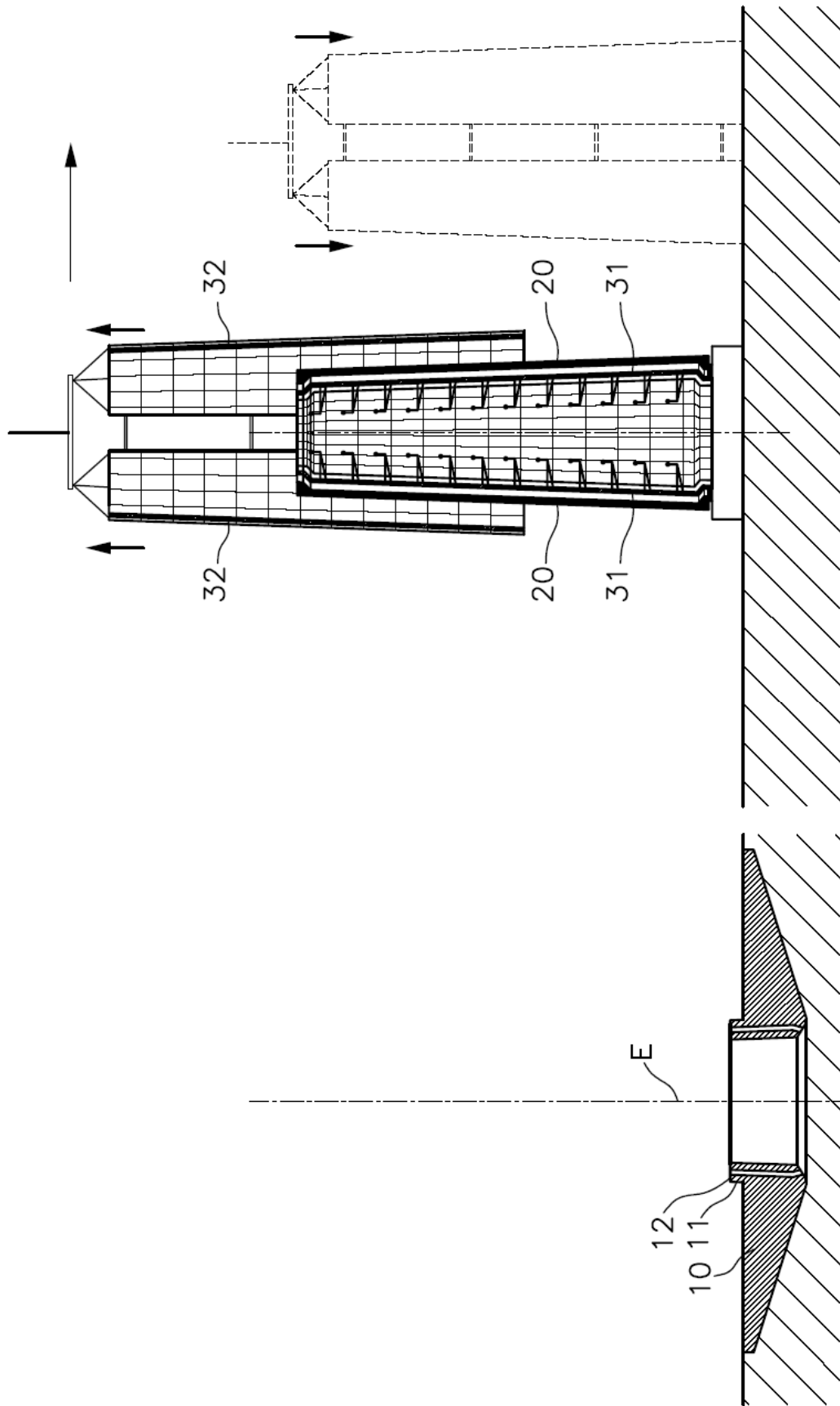


**Fig.9a**



**Fig.9b**





**Fig. 10**



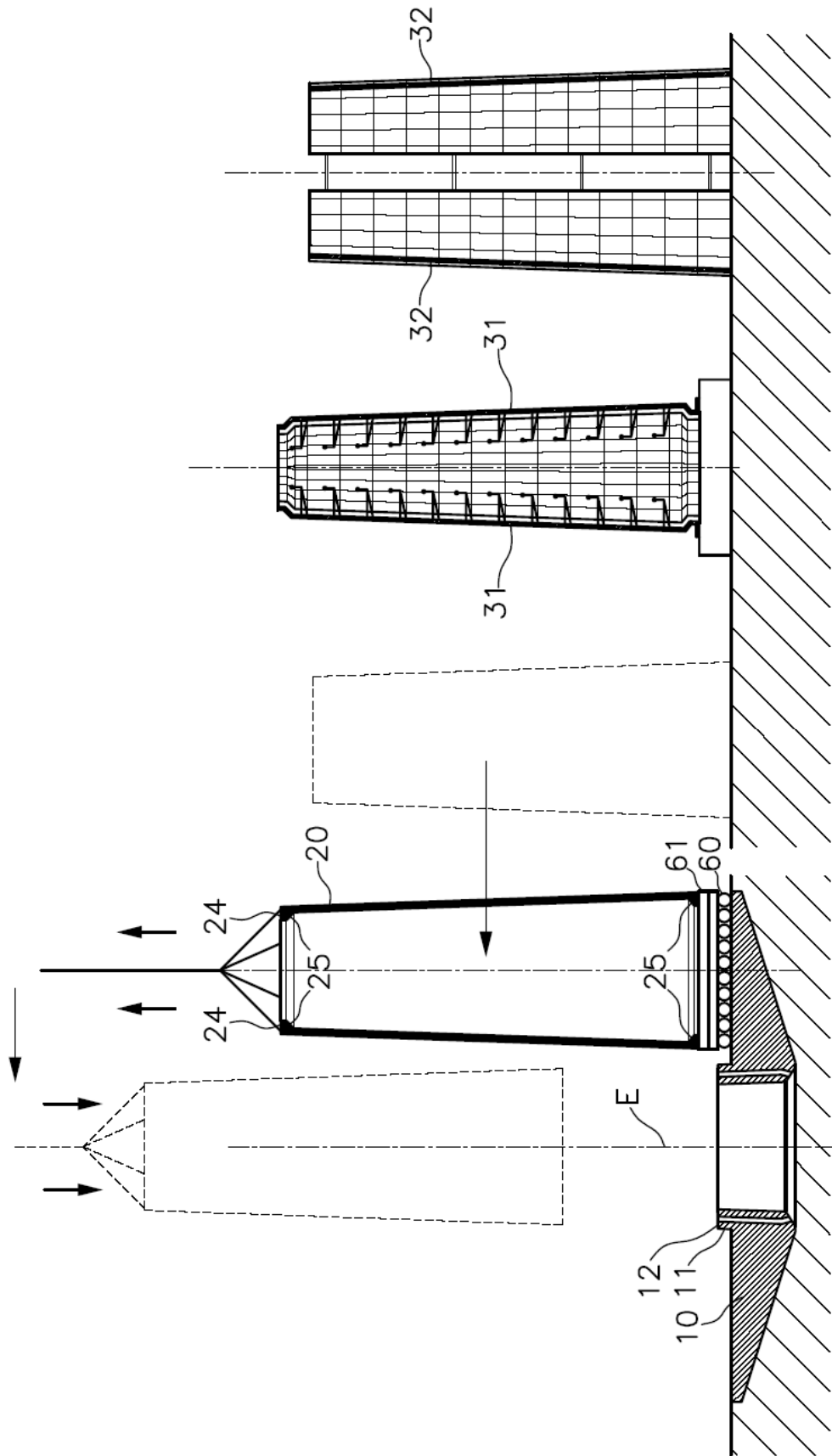
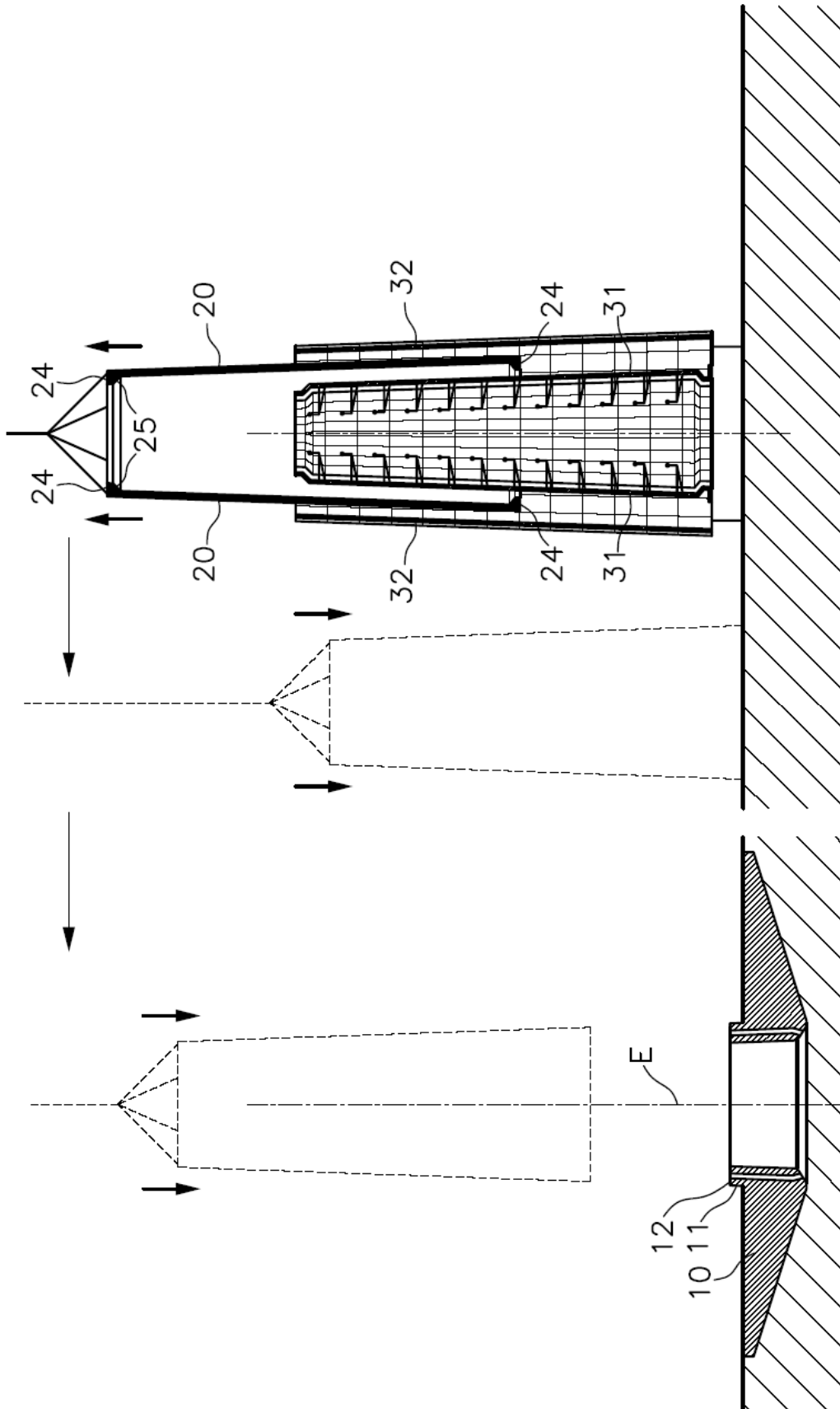


Fig. 12



**Fig. 10b**



- ②① N.º solicitud: 201431348  
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.09.2014  
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2008313972 A1 (GROB GUSTAV R et al.) 25.12.2008, páginas 4-5; figuras 1A,1B,2A,2B,5-12,13A,15B,15C.	1-7
Y		18-19
Y	WO 2011135172 A1 (CONSOLIS TECHNOLOGY OY AB et al.) 03.11.2011, página 3; figuras 1-3.	18-19
A	DE 10240708 A1 (WOBLEN ALOYS) 05.02.2004, página 3; resumen; figura 1.	1-7
A	DE 29809541 U1 (ARAND WILFRIED) 07.10.1999, reivindicaciones 1-10; resumen; figuras1-9.	1-7
A	WO 2014067884 A1 (TECH UNIVERSITÄT WIEN) 08.05.2014, reivindicaciones 1-2; resumen; figuras 1-5.	1
A	ES 2371960 A1 (INNEO TORRES SL) 12.01.2012, página 6; figuras 1-4.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<b>Fecha de realización del informe</b> 26.06.2015	<b>Examinador</b> J. Hernández Cerdán	<b>Página</b> 1/4
-------------------------------------------------------	------------------------------------------	----------------------

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**E04H12/34** (2006.01)

**E04H12/12** (2006.01)

**B28B1/00** (2006.01)

**B28B13/02** (2006.01)

**F03D11/04** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

E04H, B28B, F03D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.06.2015

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-19	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 8-17	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-7, 18-19	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2008313972 A1 (GROB GUSTAV R et al.)	25.12.2008
D02	WO 2011135172 A1 (CONSOLIS TECHNOLOGY OY AB et al.)	03.11.2011
D03	DE 10240708 A1 (WOBLEN ALOYS)	05.02.2004
D04	DE 29809541 U1 (ARAND WILFRIED)	07.10.1999
D05	WO 2014067884 A1 (TECH UNIVERSITÄT WIEN)	08.05.2014
D06	ES 2371960 A1 (INNEO TORRES SL)	12.01.2012

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

La invención en sus reivindicaciones 1-7 y 18-19 describe un método para la fabricación de segmentos tubulares de hormigón y para la erección de torres mediante la unión de dichos segmentos tubulares caracterizado porque incluye la fabricación de los mismos (20) en una única pieza tubular de hormigón armado, siendo su altura igual o superior a su anchura, y preferiblemente igual o superior a los 10 metros, y siendo dicho segmento tubular (20) obtenido mediante el hormigonado y fraguado de hormigón en una cámara de encofrado (30) tubular cerrada por la base formada por un encofrado exterior (32), modular y reutilizable, que define la geometría de una cara exterior del segmento tubular (20) y por un encofrado interior (31) tubular, modular y reutilizable, que define la geometría de una cara interior del segmento tubular (20), estando el encofrado interior (31) dispuesto dentro del encofrado exterior (32) y determinando la separación entre ambos un grosor de la pared (23) del segmento tubular (20), y estando el eje longitudinal (E) de dichos encofrados exterior (32), interior (31) y de dicha cámara de encofrado (30) en posición vertical en todo momento. Las armaduras (50) de cada segmento tubular (20) de hormigón constan de armaduras horizontales y verticales, ancladas por un extremo en la base (11) o en los cimientos (10), seleccionadas entre cables pretensados, o cables de postensado.

Los encofrados exterior (32) e interior (31) estarán distanciados entre sí una distancia igual al grosor de la cámara de encofrado (30) y quedando las armaduras (50) confinadas en dicha cámara de encofrado (30). El hormigón será proporcionado a través de un fluido en el interior de la cámara de encofrado (30).

Una vez fabricado el segmento tubular (20), éste será trasladado hasta una posición adyacente o coincidente con la base (11) de la torre (1) mediante unos medios de traslación (60) rodados seleccionados de entre una plataforma rodada dispuesta sobre raíles, un vehículo a motor con una plataforma de carga, o un sistema modular de plataformas rodadas con los correspondientes medios de nivelación.

El documento D01, considerado como el más próximo a la invención, describe un método para la fabricación de segmentos tubulares de hormigón para la erección de torres eólicas mediante la unión de dichos segmentos. Dichos elementos (20) son obtenidos mediante el hormigonado y en una cámara de encofrado tubular cerrada por un encofrado exterior (12) y por un encofrado interior (11). El eje longitudinal de dichos encofrados está en posición vertical en todo momento. La distancia entre los encofrados exterior e interior (31) es menor que la altura del segmento que se trata de producir. En la zona destinada al fraguado del hormigón (16) será susceptible de rellenarse con las armaduras previstas y previamente elaboradas para la elaboración del segmento. El hormigón se vierte a dicha zona a través de un sistema de bombeo, hasta rellenar el molde de fraguado del segmento.

El documento D02 nos muestra un método de montaje y dispositivo para torres de aerogeneradores en el que los segmentos producidos son transportados (figura 3) para su montaje a través de una plataforma rodada dispuesta sobre raíles (3,5).

Los documentos D03-D06 prevén procedimientos generales de elaboración de torres de hormigón:

El documento D03 describe un método para la fabricación de segmentos tubulares de hormigón y para la erección posterior de torres mediante la unión de dichos elementos. Utiliza también segmentos fabricados con su eje en posición horizontal y un sistema de abastecimiento de hormigón desde la base de la cámara de encofrado.

El documento D04 describe un sistema de fabricación de torres eólicas a base de construir segmentos que posteriormente serán acoplados y cuya fabricación ha sido ejecutada a través de moldes de disposición vertical. La cámara de encofrado estará delimitada también por una capa de encofrado exterior y otra interior. Los segmentos también son susceptibles de albergar las correspondientes armaduras.

El Documento D05 muestra un procedimiento de fabricación de una torre reforzada con armaduras por medio del vertido de hormigón entre las correspondientes cámaras de armado que configuran el elemento longitudinal a moldear. En este caso la elaboración será in situ, obviándose la elaboración de segmentos de acople para la formación de la torre.

Finalmente, el documento D06 nos describe un método genérico para la formación de torres de hormigón para aerogeneradores, en el que se esquematiza las diferentes fases generales de dicho proceso.

En ninguno de los documentos D03-D06 las características técnicas son tan relevantes como para anticipar los aspectos técnicos reivindicados por la invención estudiada; se citan únicamente a efectos ilustrativos del Estado de la Técnica.

Puesto que resto de las características técnicas no mencionadas reflejan únicamente algunas condiciones particulares de amplio conocimiento en el sector en cuestión, se puede considerar a la luz de los documentos D01 y D02 que el objeto de las reivindicaciones 1-7 y 18-19 no implica actividad inventiva (Art 8.1, LP11/86).