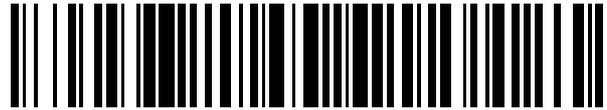


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 916**

51 Int. Cl.:

**E21D 11/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2011** **E 11382411 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018** **EP 2472057**

54 Título: **Encofrado para hormigonar el revestimiento interior de túneles**

30 Prioridad:

**04.01.2011 ES 201130005**

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

**28.09.2018**

73 Titular/es:

**PERI GMBH (100.0%)  
Rudolf-Diesel-Strasse  
89264 Weissenhorn, DE**

72 Inventor/es:

**REYES VALVERDE, ANTONIO;  
MARCOS MOREZUELAS, LUIS y  
MARTIN GONZALEZ, JUAN PABLO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 683 916 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Encofrado para hormigonar el revestimiento interior de túneles

### Objeto de la invención

5 La presente invención, como su título indica, se refiere a un encofrado para hormigonar el revestimiento interior de un túnel, que está constituido por una serie de paneles que conforman un anillo que define la bóveda, los laterales y las esquinas de la base del túnel. El conjunto del encofrado se monta sobre un carro que se desplaza a lo largo del eje geométrico longitudinal del túnel, desde una hilada hasta la siguiente, apoyado en carriles ferroviarios colocados previamente, o sobre la solera del túnel. Los paneles de encofrado están a su vez provistos de uniones articuladas que permiten abatir hacia el interior los paneles que forman los faldoncillos y los laterales del túnel para desencofrar y poder desplazar el encofrado hasta el siguiente emplazamiento, antes de proceder a su posicionamiento y posterior hormigonado de la siguiente hilada.

### Antecedentes de la invención

15 Actualmente existen encofrados del tipo descrito en el párrafo anterior, para túneles específicos; quiere esto decir que como los paneles definen exteriormente un anillo con un radio y una configuración acordes únicamente al túnel concreto, no se pueden utilizar en otros túneles, a menos que sean idénticos. Por esta causa se ha de fabricar un encofrado para cada obra, no existiendo actualmente un sistema de encofrado universal, que se pueda aplicar a cualquier túnel, por lo que tampoco existe la posibilidad de alquilar encofrados de este tipo para que el constructor o montador los adapte a cada obra concreta, lo que aumenta (sensiblemente) el coste de hormigonar el revestimiento interior de los túneles, además de que supone una demora en el inicio de la obra, ya que antes se ha de fabricar el encofrado específico. Los documentos DE 101 35 748 C1, JP H09 250296 A y JP H06 294298 A describen encofrados de ejemplo para hormigonar los revestimientos interiores de túneles.

### Descripción de la invención

25 El encofrado de la invención prevé una serie de paneles que conforman un anillo interior del túnel, formado por un número variable de paneles, cada uno de los cuales presenta exteriormente un arco acorde al túnel específico que se pretende hormigonar. Este anillo perimetral, perpendicular al eje geométrico del túnel, está definido por una estructura resistente constituida por un número variable de cuadernas que están articuladas entre sí por los bordes laterales exteriores situados más próximos a la pared del túnel, mientras que los dos bordes interiores de cada dos cuadernas anexas se relacionan entre sí por medio de un puntal telescópico, con ayuda del cual se puede variar el ángulo que forman las dos cuadernas consecutivas entre las cuales está situado, de tal forma que así se varía la curvatura del anillo perimetral en cada sector del túnel.

30 Por lo tanto, variando el número de cuadernas, es posible conformar un anillo poligonal, interior al encofrado, adaptable a cualquier medida y configuración del túnel a construir.

35 Sobre cada una de estas cuadernas primarias se sitúa otra pieza intermedia, o cuaderna secundaria, que exteriormente define una curvatura acorde a cada zona o sector de túnel en la que se monta, al tiempo que constituye el medio de apoyo para la chapa metálica que define el revestimiento o piel del encofrado.

40 Estas piezas intermedias, o cuadernas secundarias, son elementos con una estructura cuya configuración es modificable, ya que están formadas mediante placas articuladas y movibles que por tanto permiten modificar la curvatura exterior de cada pieza para adaptarla a la curvatura específica de cada sector del túnel, con lo cual son también elementos universales que se pueden adaptar a cualquier radio de curvatura. Otra alternativa a estas cuadernas secundarias es construir elementos que tengan una curvatura acorde a cada sector de cada túnel particular; en cuyo caso estas serían las únicas piezas que sería necesario construir para cada obra, siendo los demás elementos del sistema universales y reutilizables para obras sucesivas.

45 El revestimiento del encofrado lo constituyen unas chapas de acero flexibles, cada una de las cuales se monta o conforma con el radio de curvatura adecuado a la zona o sector de túnel a construir, es decir, con la longitud del encofrado y la anchura correspondiente a un sector de túnel, definido por una de las piezas intermedias que lo soportan y por la cuaderna o cuadernas principales que conforman los anillos estructurales interiores.

El conjunto de los paneles que constituyen el encofrado se agrupan y estructuran en las siguientes secciones:

50 a) Una sección superior que define la bóveda del túnel constituida por un número variable de paneles de clave, que se montan simétricamente a ambos lados del eje geométrico del túnel, conformando la parte superior del encofrado, una vez montados en posición y reforzados con los ángulos adecuados, arriostrándose todos ellos inferiormente con un puntal por cuaderna que relaciona las dos cuadernas extremas por el interior del encofrado, al tiempo que permite su elevación y colocación sobre el carro de arrastre del encofrado.

b) Sendas secciones laterales, constituidas por un número variable de paneles de paredes laterales que, una vez se unen entre sí, se montan en los respectivos laterales de la sección de bóveda a través de una articulación situada

en la cara interior, accionada por medio de un cilindro o medio similar, que permite el abatimiento del extremo inferior hacia el interior del túnel, a fin de facilitar las operaciones de transporte y desencofrado. Durante la operación de hormigonado esta articulación se refuerza mediante un puntal telescópico.

- 5 c) Y sendos paneles situados por debajo de las secciones laterales, que conforman las pequeñas paredes laterales o cierres laterales del túnel con las zapatas inferiores, que se articulan abatiéndose hacia el interior del túnel para facilitar las operaciones de transporte y desencofrado, siendo accionados por un cilindro o medio similar. Esta articulación, también se refuerza durante el hormigonado.

10 Para el traslado del conjunto del encofrado entre emplazamientos se ha diseñado un carro de transporte que sirve como estructura de apoyo para el mismo, que está formado por sendos pórticos principales, situados en el plano normal a la planta del túnel, unidos mediante riostras longitudinales. Este carro rueda sobre carriles dispuestos sobre el terreno, sobre las zapatas de arranque del túnel o sobre una zapata provisional en la solera. Así mismo, este carro dispone de un sistema hidráulico para realizar todas las maniobras durante el ciclo normal de trabajo: traslación, cambio horizontal, movimiento de faldones, elevación y descenso, (e incluso poder cambiar la geometría interior del túnel, si esta se modifica en algún punto.)

15 Para realizar las operaciones de encofrado/densocofrado, el carro presenta unos cilindros que repliegan los paneles laterales de las paredes laterales del túnel, abatiéndolos respecto de las articulaciones intermedias, después de replugar o abatir las pequeñas paredes laterales de la base. El encofrado/densocofrado de la clave se realiza accionando los cilindros hidráulicos de las patas del carro que descienden o elevan los paneles clave que definen la bóveda del túnel. A continuación se efectúa el cambio, consistente en el movimiento horizontal relativo entre el carro  
20 que rueda sobre una posición fija (los carriles) y el encofrado, para permitir los ajustes horizontales de este último.

#### **Descripción de los dibujos**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de facilitar la comprensión de las características de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva un juego de dibujos en los que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

25 La figura 1 muestra una vista esquemática, en alzado frontal de tres encofrados (A-B-C) con radios diferentes, formados por paneles (P) universales y reutilizables para formar diversos túneles, con diferentes radios y configuraciones.

La figura 2 representa una sección detallada de un encofrado de estas características, en posición operativa, es decir antes de efectuar el hormigonado del túnel.

30 Las figuras 3 a 6 representan esquemáticamente la secuencia de montaje de un panel, del tipo representado en la figura 12, con sus tres elementos básicos: cuaderna principal (1), cuaderna secundaria (2) y chapa metálica o revestimiento de encofrado (3).

Las figuras 7 a 11 muestran la secuencia de montaje de los distintos paneles que conforman un encofrado, sobre el correspondiente carro de transporte (c).

35 Las figuras 12 y 13 representan sendas vistas en sección de dos soluciones constructivas diferentes de paneles de encofrado, ambas realizadas según la invención.

Las figuras 14 a 16 representan esquemáticamente la secuencia de montaje de un panel del tipo representado en la figura 13.

40 La figura 17 se corresponde con la figura 2 cuando el encofrado está en posición de desencofrado, antes de ser trasladado al siguiente emplazamiento del túnel a hormigonar.

#### **Realización preferente de la invención**

45 Como se puede observar en las figuras mencionadas, la invención se refiere a un encofrado metálico especial que reproduce la geometría interior del túnel específico, siendo por lo tanto capaz de adaptarse a las geometrías de cualquier túnel. Para ello, está constituido por un número determinado de paneles (P), unidos por medio de articulaciones y puntales telescópicos, que se inmovilizan antes y durante el proceso de hormigonado, definiendo interiormente un anillo poligonal resistente y definiendo exteriormente un radio de curvatura acorde a cada zona del túnel que se pretende hormigonar.

Los paneles que forman el encofrado del túnel son de tres tipos diferenciados por las distintas zonas del túnel: paneles de clave (Pc), paneles o faldones (Ph) de paredes laterales, y pequeñas paredes laterales (Pf).

50 Los paneles de clave (Pc) son los que van situados en la zona superior del encofrado y que por tanto conforman la bóveda del túnel. En dichos paneles están dispuestas compuertas para verter el hormigón, placas de retención rápida para vibradores de superficie, ventanas para la inspección durante el proceso de hormigonado y uniones

sobre las que se anclan los puntales de clave, por encima de los cuales está montada la plataforma de hormigonado bajo la clave.

5 Los paneles de clave van situados simétricamente en la parte superior del encofrado, a ambos lados del eje geométrico del túnel, partiendo del panel central, unidos entre ellos longitudinalmente mediante un puntal inferior (5) que se fija en el pórtico (c1) del carro de transporte (c), hasta completar totalmente el encofrado de la bóveda. (Figs. 7 a 9).

10 Los paneles (Ph) de paredes laterales son los situados en los costados del túnel; se trata de paneles metálicos curvos compuestos con la misma estructura que los paneles de clave y que las pequeñas paredes laterales. En dichos paneles están dispuestas orejetas para las ménsulas de hormigonado, ventanas de inspección y hormigonado, placas de retención rápida para vibración de superficie y los perfiles de guía para el accionamiento de los cilindros hidráulicos de maniobra.

15 Los paneles (Ph) de las paredes laterales van unidos en su parte alta a los paneles de clave a través de una articulación que permite el giro para las operaciones de desencofrado y transporte gracias a un cilindro (c3) unido y accionado desde el carro de transporte (c). Por debajo, los paneles de las paredes laterales se unen con los pequeños paneles de paredes laterales mediante orejetas de giro y también por medio de un cilindro (7) que está conectado con el circuito hidráulico del carro para su accionamiento durante las operaciones de encofrado/densofrado.

20 Las pequeñas paredes laterales (Pf) están situadas en la zona inferior del encofrado, siendo estos paneles los que permiten el solape con el punto de arranque efectuado con anterioridad. Se trata de sendos paneles metálicos curvos compuestos por el mismo tipo de encofrado que el resto de paneles. Cada uno de ellos presenta en la zona inferior un perfil longitudinal reforzador, de distribución, para transmitir correctamente las cargas a las claves de cizallamiento.

Cada uno de los paneles está constituido por:

25 Una cuaderna (1) que presenta una sección trapecial isósceles, provista de orejetas en los vértices, estando las dos orejetas exteriores (12), una prolongación de la base mayor, unidas conjuntamente mediante un perno o un medio similar que permite el giro entre sí de las dos cuadernas consecutivas. Por su parte, las orejetas interiores (11) de dos cuadernas anexas están unidas por medio de un puntal telescópico (4) que se inmoviliza durante el montaje a la distancia adecuada para definir interiormente un anillo poligonal de radio y configuración acordes al del túnel a construir (A-B-C, figura 1).

30 Una cuaderna secundaria (2) que está unida a la cuaderna principal (1) mediante cualquier medio convencional y que exteriormente presenta una superficie arqueada (21), acorde a la configuración específica de esa zona del túnel a construir. Puede tratarse de una pieza con una estructura que se puede modificar, formada mediante placas articuladas y móviles, o de una estructura fija e inamovible.

35 Una chapa de acero (31) de unos 6 mm de espesor, que conforma el revestimiento del encofrado, que se apoya sobre perfiles resistentes longitudinales (32) que transmiten las cargas que reciben de la chapa metálica reforzada a las cuadernas. Estas chapas de acero flexible (3) constituyen el revestimiento del encofrado en una superficie que tiene la longitud del encofrado y la anchura correspondiente a un sector de túnel, definido por una de las piezas intermedia (2) que lo soporta y por la cuaderna o cuadernas (1) que forman uno de los anillos estructurales interiores.

40 Entre dos paneles consecutivos se coloca un puntal o tirante (4) de refuerzo de cuaderna, cuyo puntal es una pieza metálica de cuerpo cilíndrico, que posee unos husillos roscados en sentidos opuestos a cada lado del cuerpo central. Esta pieza sirve para reforzar la unión entre los paneles de encofrado durante la fase de hormigonado y/o montaje. Haciendo girar el cuerpo de los tirantes se varía la longitud de los mismos para adaptarlos a la medida requerida.

45 La figura 12 muestra la estructura de un panel en el que la cuaderna auxiliar (2) es un elemento con la curvatura acorde al sector de cada túnel concreto. En este caso, estas piezas se construyen con la curvatura específica de cada obra, siendo el único elemento del sistema que no tiene un uso universal y que normalmente no es reutilizable en obras sucesivas. El montaje de este tipo de panel se observa en las figuras 3 a 6: partiendo de un módulo (31) de chapa de acero, fijado a perfiles longitudinales (32), se aproxima la cuaderna secundaria (2) y se fija en él mediante tornillos, basándose en el hecho de que, en este caso, dicha cuaderna secundaria (2) tiene ya el radio de curvatura adecuado al tramo de túnel a construir; finalmente se atornillan conjuntamente la cuaderna secundaria (2) y la cuaderna primaria (1) para formar un solo cuerpo que va a determinar un sector concreto del túnel.

55 En la figura 13 se muestra la estructura de un panel que presenta en este caso una curvatura exterior variable, capaz de adaptarse a la curvatura específica de cada sector del túnel, con lo cual son también elementos universales que se pueden adaptar a cualquier radio de curvatura. En este caso, la cuaderna intermedia (2) está formada mediante placas (21) articuladas y móviles, unidas por medio de husillos (23) a la cuaderna principal (1) y

articuladas entre sí a través de orejetas arqueadas (22) que permiten, junto con las anteriormente mencionadas, modificar la curvatura exterior de la pieza (2) para adaptarla a la curvatura específica de cada sector del túnel.

5 Las figuras 14 a 16 ilustran la secuencia de montaje de cada uno de estos paneles. La cuaderna (1) es la misma en todos los casos, lo mismo que el revestimiento (3) del encofrado, siendo lo que cambia aquí, con respecto a las figuras 3-6, la estructura de la cuaderna (2), que es un elemento de configuración y curvatura adaptables a cada caso. Para ello, se dispone una línea de placas (21) que están articuladas entre sí a través de las ventanas arqueadas (22) que permiten conformar una línea general con la curvatura deseada; ésta se inmoviliza en la posición predefinida por medio de los husillos (23) que unen las distintas piezas (21) con la cuaderna principal (11), definiendo el radio de curvatura de cada placa (21) en el conjunto de la pieza (2). La secuencia de montaje supone primeramente relacionar los husillos (23) con al cuaderna (1) y posteriormente, una vez establecida la curvatura deseada, fijar dichos husillos y las orejetas (22) en la posición establecida.

15 El carro de encofrado (c) está compuesto por dos pórticos iguales (c1) situados en posición transversal, unidos mediante largueros y arriostrados entre sí mediante travesaños. Este carro está concebido para no recibir cargas durante el proceso de hormigonado del túnel, es decir, sólo y únicamente debe usarse para trasladar el encofrado desde una hilada hasta la siguiente y servir como base para posicionar el encofrado en el lugar correcto antes de proceder al hormigonado. Para su desplazamiento, el carro desliza mediante ruedas (c2) sobre carriles ferroviarios que tienen que estar perfectamente colocados antes de iniciar el movimiento.

20 Estructuralmente, el carro está formado por dos pórticos (c1) de chapa metálica reforzada, en forma de cajón,, presentando un gálibo máximo de altura adecuada para hormigonar el túnel. Los pórticos están arriostrados longitudinalmente mediante dos vigas paralelas cuya sección tiene forma de cajón reforzado. El encofrado metálico descansa sobre los largueros a través de cuatro puntos de anclaje, sobre los que puede variarse la posición relativa del encofrado respecto del eje geométrico del carro con ayuda de cilindros hidráulicos de cambio, para corregir pequeñas desviaciones en el alineamiento del encofrado o para la preparación cuando pasa por una curva.

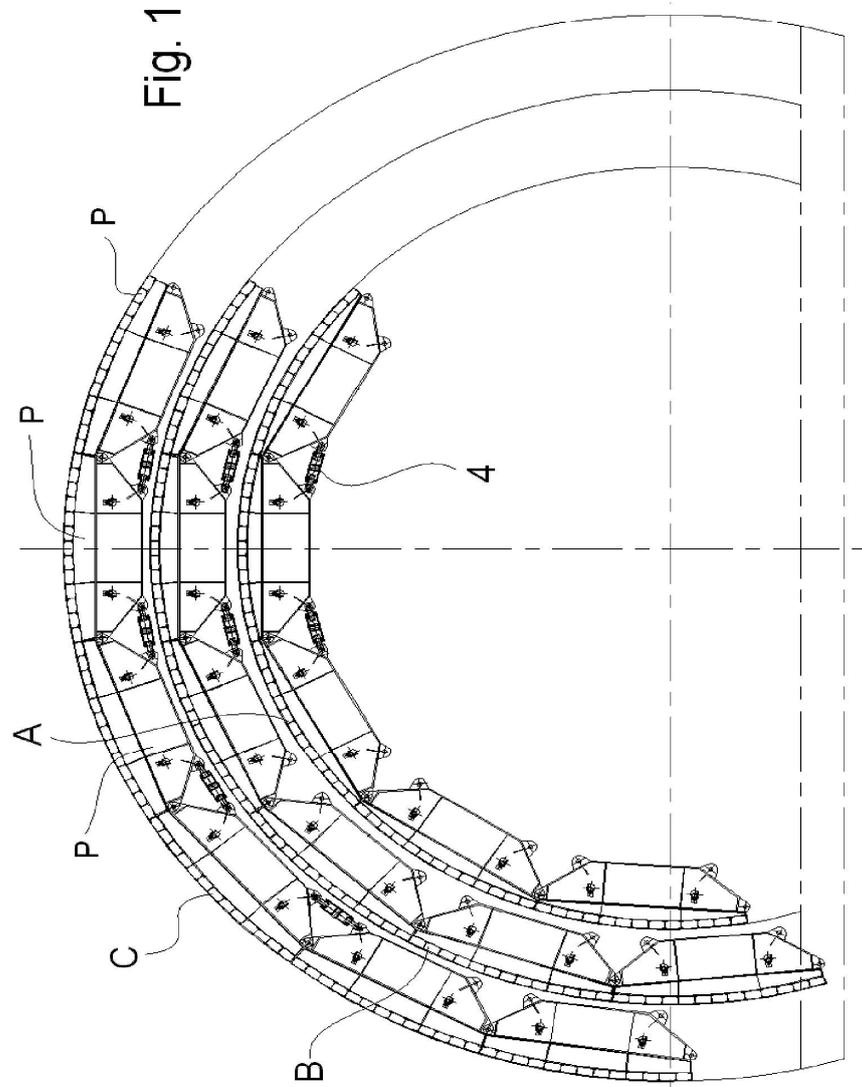
25 Las patas del carro de desplazamiento son regulables en altura mediante cilindros hidráulicos dispuestos en el interior de la parte hembra. Esta regulación en altura permite realizar la operación de encofrado y desencofrado de la clave del túnel. Para conseguir el movimiento de avance del conjunto, se activan simultáneamente los cuatro motores hidráulicos que existen en las ruedas motrices, uno en cada pata del carro de transporte. Una vez posicionado el encofrado a su altura y ajustadas las partes inferiores a la zapatas y los puntales mecánicos de refuerzo de cuaderna, se libera la presión de los cilindros hidráulicos del carro para evitar que soporten carga durante la fase de hormigonado.

30 En estos paneles están dispuestas compuertas de hormigonado y ventanas de inspección repartidas de manera uniforme a lo largo de toda la superficie del encofrado, cuya misión es la de facilitar tanto el bombeo de hormigón hacia el interior del túnel, como la inspección del proceso de hormigonado por parte del personal de obra. A su vez se disponen una serie de soportes para los vibradores de superficie que facilitarán la operación de vibrado de la masa de hormigón. En encofrado está provisto de compuertas en los paneles de clave que permiten el acoplamiento de tuberías para el bombeo de hormigón hacia el interior del encofrado en la fase final, cuando se hormigona la parte superior de la bóveda. Como medida adicional de seguridad, el encofrado tiene unos puntos de referencia de llenado, para poder parar a tiempo el bombeo final de hormigón y evitar así transmitir sobre-presiones de hormigonado al encofrado de clave.

40 Para realizar las operaciones de encofrado/desencofrado, primeramente se accionan los cilindros (7), que abaten las pequeñas paredes laterales (Pf) hacia el interior, seguidamente se repliegan las paredes laterales (Ph) del túnel, accionando los cilindros hidráulicos (c3) correspondientes, que permiten abatir los paneles respecto de las articulaciones. El encofrado/desencofrado de la clave se realiza accionando los cilindros hidráulicos de las patas.

**REIVINDICACIONES**

1. Encofrado para hormigonar el revestimiento interior de túneles, que está constituido por una serie de paneles (P) que conforman la bóveda, los laterales y las esquinas de la base del túnel, montados sobre un carro (c) que desplaza el encofrado a lo largo del eje geométrico longitudinal del túnel (t), desde una hilada hasta la siguiente,
- 5 apoyado sobre carriles ferroviarios colocados previamente sobre las zapatas/soleras del túnel (t1), estando dichos paneles de encofrado provistos de uniones articuladas que permiten abatir los paneles que conforman las pequeñas paredes laterales y los costados del túnel para desencofrar y poder desplazar el encofrado hasta el siguiente emplazamiento, antes de proceder a su colocación y posterior hormigonado de la correspondiente hilada, en el , que el citado encofrado comprende, de dentro hacia fuera:
- 10 a) una estructura resistente formada de al menos dos anillos poligonales, perpendiculares al eje geométrico del túnel, constituidos por un número variable de cuadernas (1) que están articuladas entre sí por los bordes exteriores laterales (12), que están situados más próximos a la pared del túnel, mientras que los dos bordes interiores (1) de dos cuadernas adyacentes están relacionados entre sí a través de un puntal telescópico (4) que permite variar el ángulo que forman las dos cuadernas consecutivas entre las que se sitúa, y, en consecuencia variar la curvatura del
- 15 anillo perimetral en cada sector del túnel, de tal manera que, variando también el número de cuadernas (1), es posible formar un anillo poligonal, interior al encofrado, adaptable a cualquier medida y configuración del túnel (t) a construir;
- caracterizado porque, desde dentro hacia fuera comprende:
- 20 b) una serie de piezas intermedias, o cuadernas secundarias, que exteriormente definen una curvatura (21) acorde a cada zona o sector de túnel en la que se montan, las cuales se apoyan sobre la cuaderna o cuadernas (1) de los anillos poligonales que estructuran el encofrado y constituyen el medio de apoyo para la chapa metálica que define el revestimiento del encofrado;
- c) una serie de chapas (3) de acero, flexibles, cada una de las cuales se monta o conforma con el radio de curvatura adecuado a la zona o sector de túnel a construir, constituyendo el revestimiento del encofrado en una superficie que
- 25 tiene la longitud del encofrado y la anchura correspondiente a un sector de túnel, definida por una de las piezas intermedias (2) que lo soportan y por la cuaderna o cuadernas (1) que forman el anillo estructural interior.
2. Encofrado según la reivindicación 1, caracterizado porque para montar el conjunto de los paneles (P) que conforman el encofrado sobre el carro y a un nivel estructural en cada túnel concreto, dichos paneles (P) se agrupan y estructuran en las siguientes secciones:
- 30 a) una sección superior que define la bóveda del túnel, constituida por un número variable de paneles de clave (Pc), que se montan simétricamente a ambos lados del eje geométrico del túnel, conformando la parte superior del encofrado, los cuales, una vez montados en la posición correcta y con el ángulo adecuado, se arriostran todos ellos con al menos un puntal (5) que relaciona las dos cuadernas (1) extremas por el interior del encofrado, al tiempo que se permite su elevación y colocación sobre el carro (c) de arrastre del encofrado;
- 35 b) sendas secciones laterales, constituidas por un número variable de paneles (Ph) de paredes laterales, que una vez unidos entre sí se montan en los respectivos costados de la sección de bóveda, a través de una articulación situada por la cara interior, accionada por medio de un cilindro (c3) o medio similar, que permite el abatimiento del extremo inferior hacia el interior del túnel, a fin de facilitar las operaciones de transporte y desencofrado, reforzándose con puntales durante el hormigonado; y
- 40 c) sendos paneles situados por debajo de las secciones laterales, que conforman las pequeñas paredes laterales (Pf) o cierres laterales del túnel con las zapatas inferiores, que se articulan abatiéndose hacia el interior del túnel para facilitar las operaciones de transporte y desencofrado, siendo accionados por un cilindro o medio similar (7).
3. Encofrado según la reivindicación 1, caracterizado porque las piezas intermedias o cuadernas secundarias (2) son
- 45 elementos con una estructura modificable, formada mediante placas (21) articuladas y movibles, que permiten cambiar la curvatura exterior de cada pieza para adaptarla a la curvatura específica de cada sector del túnel.
- 4.- Encofrado según la reivindicación 1, caracterizado porque las piezas intermedias o cuadernas secundarias (2) son elementos construidos con la curvatura específica acorde a cada sector de cada túnel concreto.



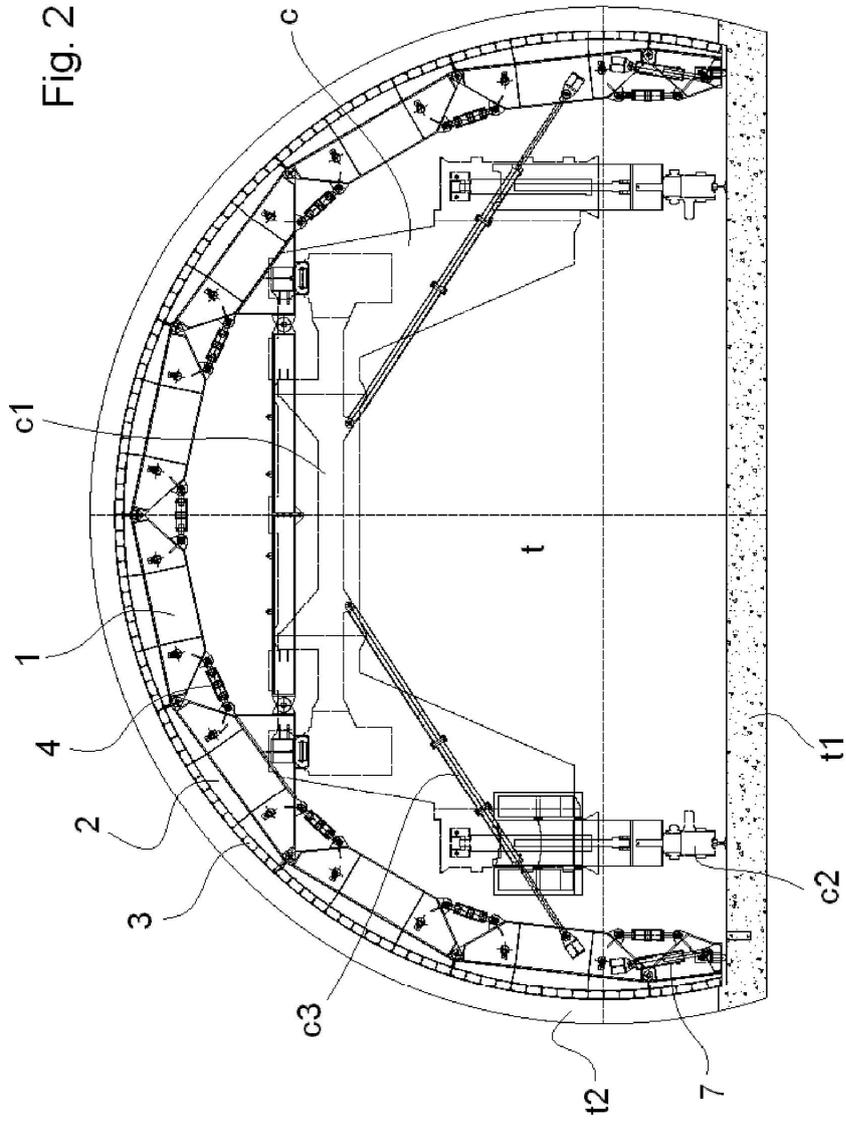


Fig. 3

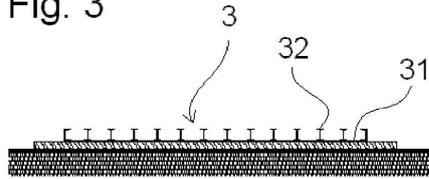


Fig. 4

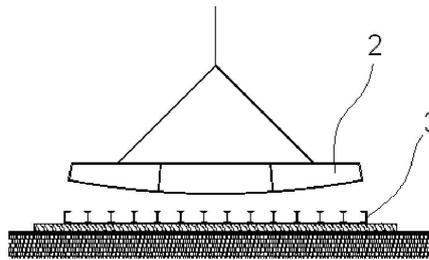


Fig. 5

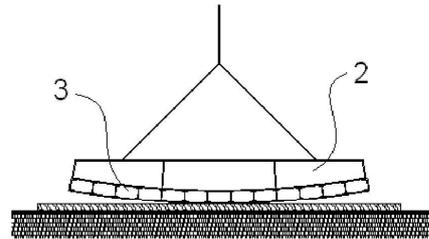


Fig. 6

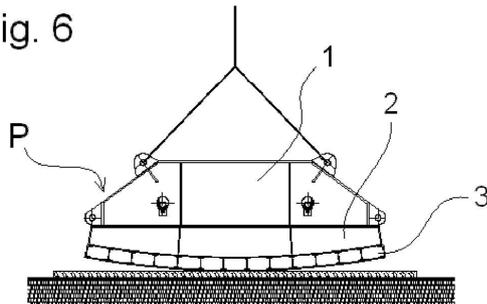


Fig. 7

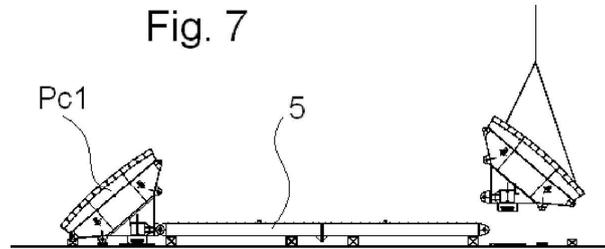


Fig. 8

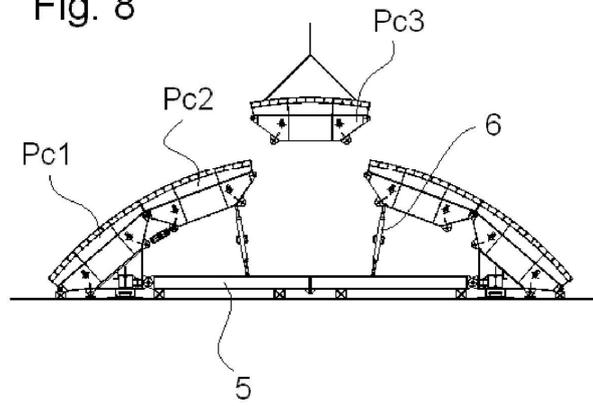
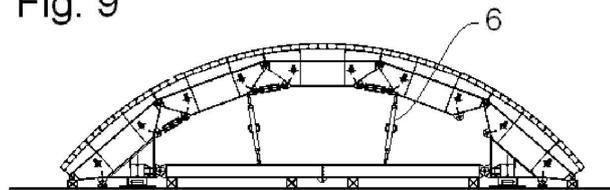


Fig. 9



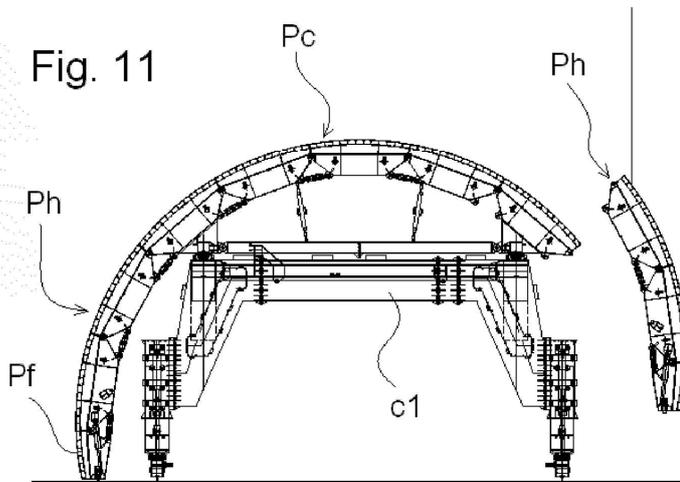
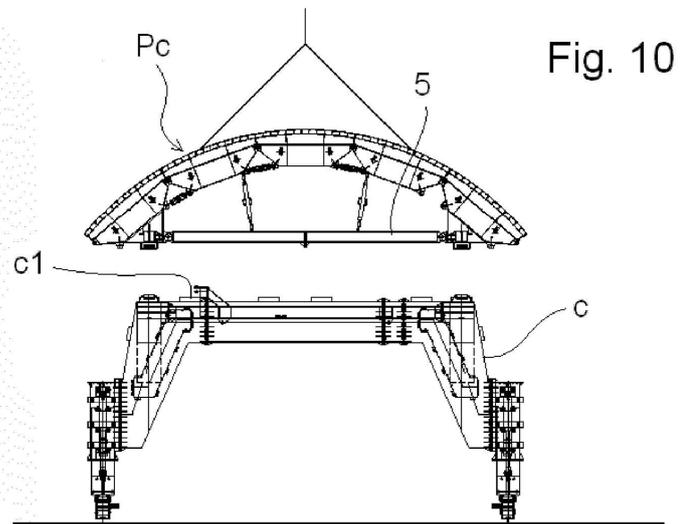


Fig. 12

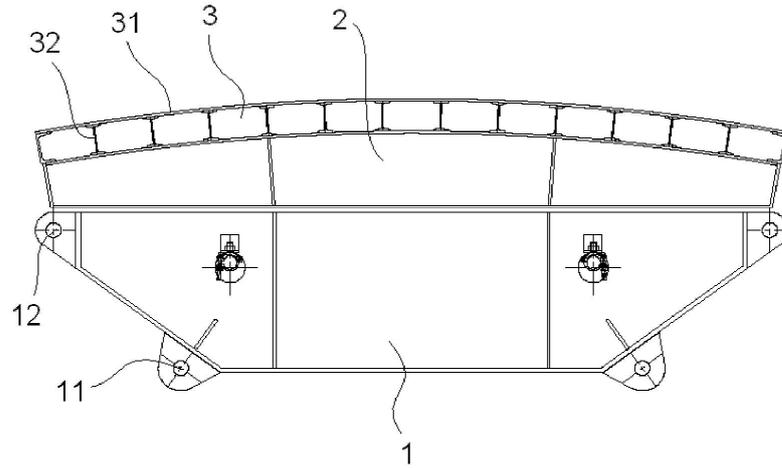


Fig. 13

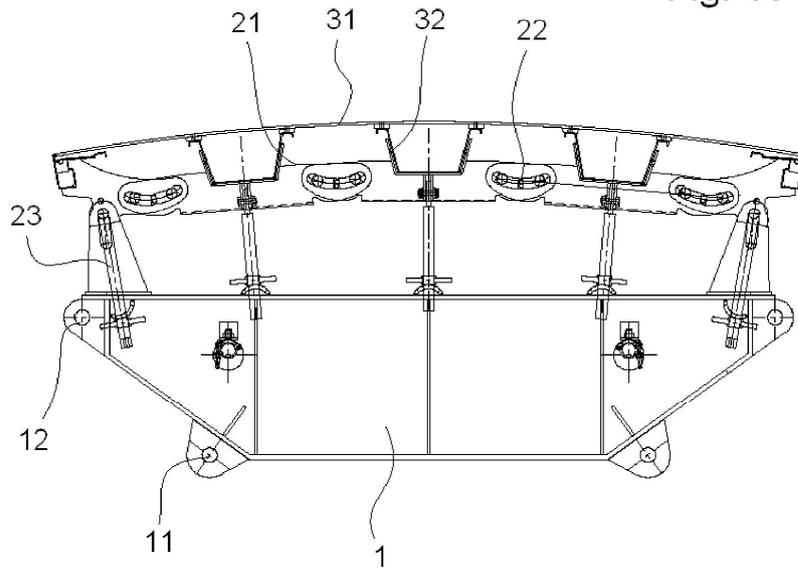


Fig. 14

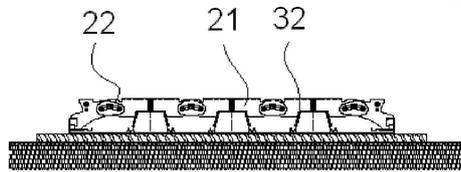


Fig. 15

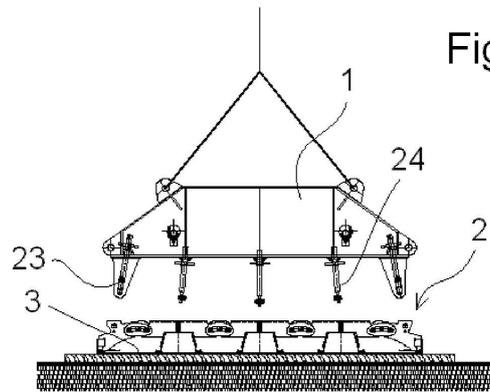
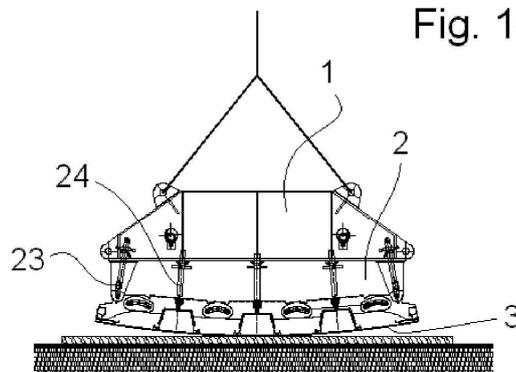


Fig. 16



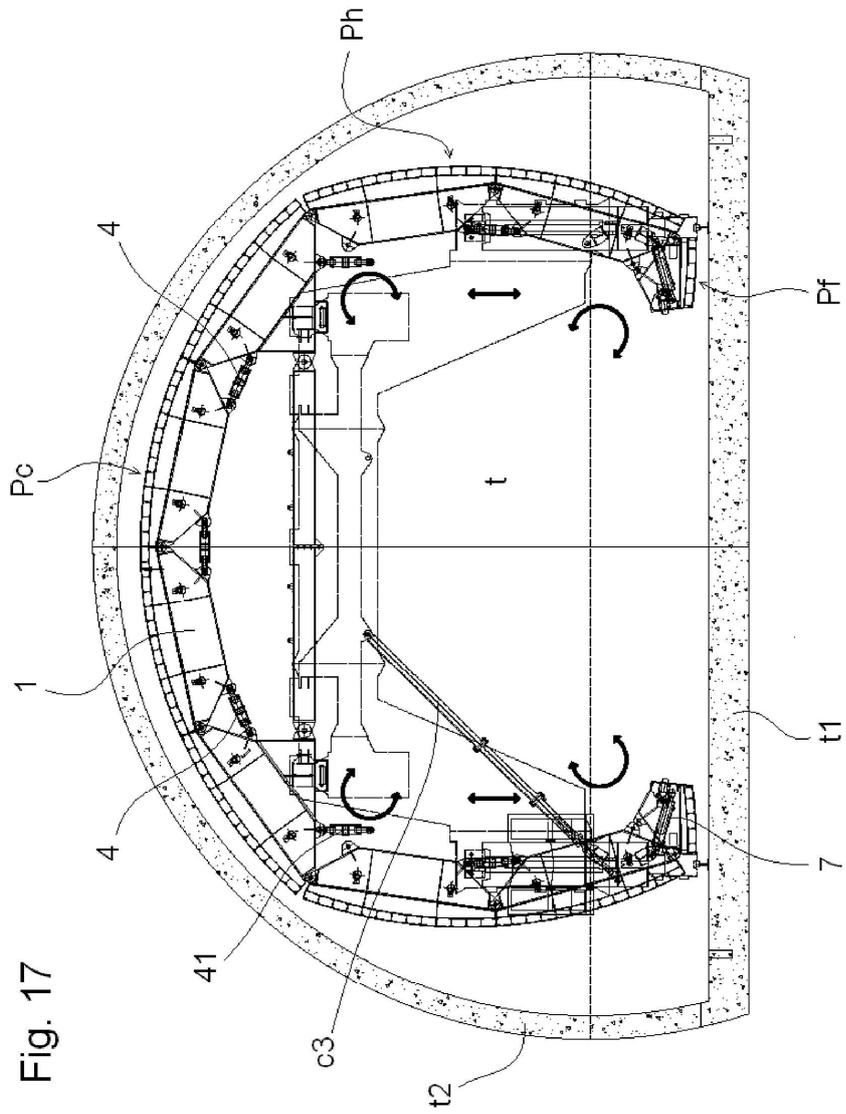


Fig. 17