

**MÉTODO Y APARATO PARA FORMAR COLUMNAS DE SOPORTE DE
SUELO CEMENTADO**

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

- 5 La materia objeto actualmente divulgada está relacionada y reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos N.º 62/568.948 titulada "Métodos y aparatos para construir columnas de soporte de suelo cementado" presentada el 6 de octubre de 2017; cuya divulgación completa se incorpora aquí como referencia.

10 CAMPO TÉCNICO

La materia objeto actualmente divulgada se refiere en general a columnas de soporte de hormigón y más particularmente a un método y aparato (por ejemplo, mandriles de accionamiento) para formar columnas de soporte de suelo cementado.

15 ANTECEDENTES

- Los cimientos profundos se han utilizado durante siglos para soportar puentes, edificios y otras estructuras pesadas en suelo blando. Históricamente, los cimientos profundos consistían en pilotes de madera clavados en el suelo con martillos. En tiempos más modernos, los pilotes de madera han sido
- 20 reemplazados por pilotes accionados prefabricados de hormigón o pilotes de acero que ofrecen una vida útil más larga y mayores capacidades de soporte. Los pilares de hormigón de colada en orificio perforado (también conocidos como "pilares perforados", "cajones perforados" o "ejes perforados") se han utilizado durante más de cien años para proporcionar soporte para cargas pesadas con
- 25 aplicación para soportes para puentes de carreteras. Estos pilares pueden

construirse en orificios secos o pueden construirse en orificios perforados por debajo del nivel del agua subterránea, siempre que se usen medidas de estabilización temporales, como cubiertas o fluidos de perforación, en la construcción. Los pilotes de colada en orificio perforado son ventajosos porque

5 tienen altas capacidades de soporte pero tienen el inconveniente de que son difíciles de construir, particularmente cuando el diseñador desea tener una superficie de apoyo de calidad superior a la que ofrece la herramienta de perforación.

Aunque las herramientas de ensanche de barrena, que se inclinan hacia

10 afuera y expanden el fondo del pilar a un área de sección transversal más grande que el eje del pilar, se implementan en muchos sitios con condiciones de suelo seco o con suelos cohesivos rígidos de baja permeabilidad, la construcción de tales pilares en suelos blandos o en materiales granulares y plegables es difícil y puede conducir a deficiencias en la construcción. En sitios de suelo seco o en

15 sitios con materiales subsuperficiales que consisten principalmente en suelos arcillosos rígidos de baja permeabilidad, las herramientas de ensanche se utilizan dentro de instalaciones de colada en orificio perforado para expandir el área de sección transversal en el fondo del pilar. Sin embargo, en condiciones de suelo blando o en suelos granulares, estas herramientas pueden provocar

20 pérdidas y fallas en el suelo, a menos que los materiales de subsuperficie se estabilicen con fluidos de perforación que requieren una gran habilidad para emplearlos. Lo que se necesita es un método que permita de manera robusta la construcción de pilares con diferentes diámetros en muchas condiciones de suelo aplicables.

25 Los pilotes de colada de barrena se han utilizado en los Estados Unidos

desde la década de 1950 y se instalan perforando barrenas de vuelo continuo en el suelo y extrayendo las barrenas mientras se rellenan las cavidades con lechada fluida. Los pilotes de colada de barrena pueden construirse con relativa rapidez, pero tienen la desventaja de que los pilotes pueden tener problemas de control de calidad con el "rebaje" (sección transversal reducida del pilote) durante la extracción de la barrena. Además, los pilotes de colada de barrena se pueden construir con un diámetro casi uniforme solamente. Lo que se necesita es un método que permita de manera robusta la construcción de inclusiones coladas en el lugar con un mayor control de calidad en relación con el rebaje del pilar y la capacidad de crear diámetros expandidos a profundidades seleccionadas.

Las columnas de módulo controlado son un método descrito en la Patente de los Estados Unidos N.º 6.672.015, titulada "Pilote de hormigón hecho de tal hormigón y método para perforar un orificio adaptado para recibir el pilote de hormigón mejorado en un suelo débil", y consiste en insertar una barrena de desplazamiento rotación de inversa en el suelo, que tiene la ventaja de que produce pequeños cortes, mientras que rellena las cavidades con suelo cementoso durante la extracción. Estos elementos desarrollan pequeños cortes en la superficie del suelo debido a la rotación inversa de la barrena, pero tienen las mismas desventajas que las descritas anteriormente para los pilotes de colada de barrena. Al igual que los pilotes de colada de barrena, las columnas de módulo controlado pueden construirse con un diámetro uniforme solamente y con poco potencial para crear pilares de diámetros gradualmente variables.

Actualmente existen otros métodos de mejora del suelo en el campo, incluido el mandril accionado por cabeza de apisonador con elementos restrictivos (p. ej., Patente de Estados Unidos N.º 7.604.437, titulada "Método y

aparato para crear columnas de soporte utilizando un mandril hueco con limitadores de flujo ascendente") que se utiliza principalmente para la colocación de agregado en el suelo para aplicaciones de mejora del suelo. Este método ofrece la ventaja de que los elementos restrictivos pueden usarse para evitar el

5 flujo ascendente del agregado en el mandril, una característica que facilita la construcción de bulbos compactados de agregado durante la conducción descendente a través de la piedra colocada. Como se describe adicionalmente en la Patente de Estados Unidos N.º 9.637.882, titulada "Método y aparato para hacer un pilar de base expandida", los elementos restrictivos se pueden aplicar

10 adicionalmente a la construcción de elementos de hormigón de bajo asentamiento por debajo del suelo por lo que los elementos restrictivos se usan para crear un bulbo inferior. Los elementos restrictivos utilizados en esta técnica son efectivos para evitar el flujo ascendente de piedra u hormigón con bajo asentamiento, pero no son efectivos en hormigón de alto asentamiento o lechada

15 cementosa porque los materiales de relleno más fluidos se mueven fácilmente más allá de los elementos restrictivos.

Del mismo modo, los elementos de mejora del suelo de hormigón también pueden construirse por debajo del suelo y el bulbo inferior puede expandirse utilizando el sistema descrito en la patente '882, siempre que los materiales de

20 relleno de hormigón contengan cantidades suficientes de agregado grueso y se apliquen utilizando un asentamiento suficientemente bajo para permitir que los elementos restrictivos se enganchen en el hormigón. Sin embargo, este sistema no se puede usar de manera efectiva con materiales de relleno de tipo fluido, como hormigón de alto asentamiento, lechada de cemento de arena y mezclas

25 de lechada de polímero de arena que son mucho más fáciles de bombear pero

no contienen suficiente agregado grueso o un asentamiento lo suficientemente bajo para que los elementos restrictivos se unan con el material. Lo que se necesita es un método que se pueda utilizar para crear diámetros expandidos por debajo del suelo dentro de los pilares contruidos a partir de materiales de relleno cementados de fluido con o sin aditivos de fibra de refuerzo. Lo que se necesita además es un medio para construir pilotes de hormigón de colada in situ de alta capacidad con un control de calidad de alta confianza y la capacidad de construir pilares con diferentes diámetros a diferentes profundidades para mejorar la transferencia de carga a suelos competentes.

10 SUMARIO

La presente materia objeto se refiere a sistemas, aparatos y métodos para construir una columna de soporte. Un mandril de accionamiento tiene una porción superior, un tubo de alimentación y una porción de cabeza de expansión que están conectados operativamente. La porción de cabeza de expansión comprende una cámara de expansión y un puerto de salida tubular dentro de la cámara de expansión, el puerto de salida tubular está configurado para comprimirse radialmente hacia adentro para evitar el flujo de retorno del material de relleno hacia arriba en el puerto de salida tubular.

La porción superior puede tener un extremo superior abierto al tubo de alimentación o un extremo superior que está cerrado, como por una tapa, y la cámara de expansión tiene una superficie inferior abierta. Opcionalmente, la porción superior incluye un puerto de inyección de entrada, un indicador de presión y una válvula de alivio de presión.

La porción de cabeza de expansión puede incluir un anillo de conexión interno al que se fija el puerto de salida tubular de manera que el puerto de salida

tubular se extienda dentro de la cámara de expansión. El puerto de salida tubular puede estar hecho de un material seleccionado para ser lo suficientemente flexible para poder comprimirse, incluyendo, entre otros, manguera de hormigón, tubería de Kevlar o tubería de fibra de aramida.

5 La invención puede comprender un tubo de alimentación que es cilíndrico o que tiene diferentes secciones transversales geométricas. El tubo de alimentación tiene un diámetro interior y un diámetro exterior, y la cámara de expansión tiene un diámetro interior y un diámetro exterior, de modo que el diámetro interior de la cámara de expansión puede ser mayor que el diámetro exterior del tubo de alimentación.

10 Un método para construir una columna de soporte puede comprender las etapas de proporcionar un conjunto de mandril que tiene un tubo de alimentación conectado operativamente a una cabeza de expansión, en donde la cabeza de expansión comprende una cámara de expansión y un puerto de salida dentro de la cámara de expansión, estando adaptado el puerto de salida para comprimirse; conducir el conjunto de mandril a una superficie de suelo a una profundidad inicial prescrita con respecto al nivel de la superficie de suelo; añadir material de relleno al tubo de alimentación, en donde el material de relleno tiene suficiente movilidad para avanzar dentro del tubo de alimentación y a través del puerto de salida; conducir el conjunto de mandril más adentro de la superficie de suelo hasta una profundidad de terminación de accionamiento prescrita con respecto al nivel de la superficie de suelo; elevar el conjunto de mandril por encima de la profundidad de terminación de accionamiento prescrita; formar un espacio en la parte inferior del conjunto de mandril; permitir que una primera porción del material de relleno salga a través del puerto de salida por gravedad a la cámara

de expansión y al espacio; y formar un primer material de relleno colocado a la profundidad de terminación de accionamiento prescrita.

La etapa de agregación en el método se puede hacer bombeando el material de relleno al tubo de alimentación. El método puede comprender
5 además la etapa de construir un diámetro expandido del primer material de relleno colocado. La etapa de construcción puede incluir las etapas de volver a conducir el conjunto de mandril elevado hacia abajo en el primer material de relleno colocado; comprimir y constreñir por el puerto de salida para evitar el movimiento hacia arriba en el puerto de salida por el primer material de relleno
10 colocado; y permitir que la cámara de expansión empuje el primer material de relleno colocado hacia abajo y hacia afuera a una profundidad del suelo de diámetro expandido prescrita con respecto al nivel de la superficie de suelo.

El método puede comprender además la etapa de elevar el conjunto de mandril por encima del diámetro expandido del primer material de relleno
15 colocado, y permitir que una segunda porción del material de relleno salga por gravedad a través del puerto de salida hacia la cámara de expansión. El método puede comprender además las etapas de construir un eje por encima del diámetro expandido del primer material de relleno colocado.

Un método puede comprender las etapas de proporcionar un conjunto de
20 mandril que tiene un tubo de alimentación conectado operativamente a una cabeza de expansión, en donde la cabeza de expansión comprende una cámara de expansión y un puerto de salida dentro de la cámara de expansión, estando adaptado el puerto de salida para comprimirse; conducir el conjunto de mandril a una superficie de suelo a una profundidad inicial prescrita con respecto al nivel
25 de la superficie de suelo; añadir material de relleno al tubo de alimentación, en

donde el material de relleno tiene suficiente movilidad para avanzar dentro del tubo de alimentación y a través del puerto de salida; conducir el conjunto de mandril más adentro de la superficie de suelo hasta una profundidad de terminación de accionamiento prescrita con respecto al nivel de la superficie de suelo; elevar el conjunto del mandril por encima de la profundidad de terminación de accionamiento prescrita; formar un espacio en la parte inferior del conjunto de mandril; permitir que una primera porción del material de relleno salga a través del puerto de salida por gravedad a la cámara de expansión y al espacio; formar un primer material de relleno colocado a la profundidad de terminación de accionamiento prescrita; formar un segundo material de relleno colocado a una profundidad diferente a la profundidad de terminación de accionamiento prescrita; formar un segundo material de relleno colocado que tiene un diámetro diferente que el primer material de relleno colocado y a una profundidad diferente que la profundidad de terminación de accionamiento prescrita.

El método puede comprender además la etapa de compactar el primer material de relleno colocado para tener un diámetro mayor que el diámetro de la cámara de expansión.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Habiendo descrito así la materia objeto actualmente divulgada en términos generales, ahora se hará referencia a los dibujos adjuntos, que no están necesariamente dibujados a escala, y en donde:

la FIG. 1 ilustra una vista lateral en sección transversal de un ejemplo del mandril de accionamiento actualmente divulgado para la construcción eficiente de pilares de diámetro aumentado gradualmente;

la FIG. 2 ilustra una vista lateral en sección transversal de otro ejemplo

del mandril de accionamiento actualmente divulgado para la construcción eficiente de pilares de diámetro aumentado gradualmente;

la FIG. 3A y la FIG. 3B ilustran un ejemplo de un proceso de construcción usando el mandril de accionamiento mostrado en la FIG. 1 para la construcción
5 eficiente de pilares de diámetro aumentado gradualmente;

la FIG. 4A y la FIG. 4B ilustran un ejemplo de un proceso de construcción usando el mandril de accionamiento mostrado en la FIG. 2 para la construcción eficiente de pilares de diámetro aumentado gradualmente; y

la FIG. 5 muestra una vista en primer plano del puerto de salida flexible
10 del mandril de accionamiento actualmente divulgado, cuando se está comprimiendo durante la reconducción de acuerdo con la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La materia objeto actualmente divulgada se describirá ahora más completamente en lo sucesivo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que
15 se muestran algunas, pero no todas las realizaciones de la materia objeto actualmente divulgada. Los números de referencia similares se refieren a elementos similares a lo largo de toda la memoria. La materia objeto actualmente divulgada puede realizarse de muchas formas diferentes y no deberá interpretarse que esta está limitada a las realizaciones que se presentan en este
20 documento; en su lugar, estas realizaciones se proporcionan de manera que esta divulgación satisfaga los requisitos legales aplicables. De hecho, muchas modificaciones y otras realizaciones de la materia objeto actualmente divulgada expuesta en este documento le vendrán a la mente a un experto en la materia al que pertenece la materia objeto actualmente divulgada teniendo el beneficio de
25 las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos

asociados. Se debe entender que la materia objeto actualmente divulgada no debe estar limitada a las realizaciones específicas divulgadas y que se pretende que tanto las modificaciones como otras realizaciones estén incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

5 La materia objeto actualmente divulgada se refiere a la construcción eficiente de columnas de soporte de suelo utilizadas para proporcionar soporte y controlar asentamientos debajo de cimientos de edificios, muros de contención, losas de suelo, instalaciones industriales y similares. En algunas realizaciones, la materia objeto actualmente divulgada proporciona métodos y aparatos para
10 formar columnas de soporte de suelo cementado. En concreto, se proporcionan mandriles de accionamiento para la construcción eficiente de pilares de diámetro aumentado gradualmente. Además, se proporcionan métodos de construcción del uso de mandriles de accionamiento para la construcción eficiente de pilares de diámetro aumentado gradualmente.

15 Los métodos y mandriles de accionamiento divulgados actualmente se pueden usar para construir de manera eficiente pilares cementados con materiales de relleno de baja y alta movilidad en condiciones de suelo blando mientras se permite la construcción de diámetros expandidos graduales a profundidades seleccionadas. Los métodos y mandriles de accionamiento
20 divulgados actualmente permiten la colocación y compactación efectiva de materiales de relleno reforzados por fibras.

 Los métodos y mandriles de accionamiento divulgados actualmente proporcionan la construcción eficiente de elementos de refuerzo de suelo cementoso que pueden instalarse con un alto grado de confianza en la
25 construcción para proporcionar diámetros variables a diversas profundidades

dentro de los elementos contruidos. Este método es particularmente efectivo porque permite a los ingenieros y contratistas un medio para optimizar la capacidad de soporte del eje y la capacidad de soporte geotécnico para el mismo elemento, una ventaja no compartida por pilares o ejes con secciones transversales uniformes.

La presente materia objeto proporciona un método y un aparato mejorados para construir pilares cementosos. En una realización, el mandril de accionamiento contiene un puerto de salida tubular flexible especialmente diseñado que conecta el cuerpo principal (tubo de alimentación) del mandril de accionamiento con la cabeza de expansión inferior del mandril. El puerto de salida tubular flexible tiene la ventaja de que permite un flujo regular de materiales agregados cementosos móviles (fluidos) hacia abajo a medida que se llena el tubo y luego cuando el tubo se levanta hacia arriba. El flujo regular de material es ventajoso porque permite la construcción rápida del pilar al facilitar el llenado inmediato de la cavidad hecha por el mandril de accionamiento. El puerto de salida tubular flexible está configurado para ser lo suficientemente flexible como para que el tubo se comprima radialmente hacia adentro y se "estreche" a medida que el mandril se vuelve a accionar hacia abajo durante las operaciones de expansión del pilar. El engarzado que está permitido únicamente por el puerto de salida tubular flexible evita el flujo de retorno de los materiales de relleno cementosos hacia arriba en el tubo de alimentación, lo que permite la expansión del diámetro del pilar.

En los métodos convencionales y mandriles de accionamiento que no incluyen limitadores de flujo ascendente, los materiales cementosos colocados se comprimen dentro de la cabeza de compactación. Esto hace que los

materiales de relleno se compriman y da como resultado un movimiento ascendente de los materiales de relleno en la cabeza de compactación, lo que resulta en una disminución de la efectividad de la expansión de los materiales de relleno para formar un bulbo inferior expandido. El uso del tubo de salida tubular flexible de los mandriles de accionamiento divulgados actualmente retarda y restringe de manera única los movimientos hacia arriba de los materiales cementosos porque el tubo de alimentación flexible se dobla y comprime, evitando así el flujo hacia arriba. La prevención del flujo ascendente del material de relleno cementoso permite que la cámara de expansión empuje los materiales cementosos hacia abajo dentro de la cavidad debajo, lo que resulta efectivamente en un diámetro de pilar expandido a cualquier profundidad seleccionada por el constructor. El diámetro del pilar expandido puede construirse a cualquier altura a lo largo del pilar, lo que permite la construcción de pilares más grandes en condiciones de suelo blando y permite la construcción eficiente de bases inferiores utilizando materiales con movilidad variable. El propósito de los métodos y mandriles de accionamiento divulgados actualmente es proporcionar un método de construcción de pilar que permita colocar y expandir mezclas de hormigón de alto asentamiento y cemento de arena/lechada de polímero debajo del suelo con un alto grado de precisión y confianza.

La FIG. 1 muestra una vista lateral en sección transversal de un mandril de accionamiento 100 de acuerdo con una primera configuración. El mandril de accionamiento 100 es un ejemplo del mandril de accionamiento actualmente divulgado para la construcción eficiente de pilares de diámetro gradualmente ampliado. Como se muestra en la FIG. 1, el mandril de accionamiento 100 incluye una porción superior 110 y un tubo de alimentación 112. En esta

realización, la porción superior 110 está configurada con un extremo superior abierto 114 al tubo de alimentación 112, un puerto de inyección de entrada opcional 116 y una porción de cabeza de expansión 118 que está equipada con una cámara de expansión (o compactación) 120 y un puerto de salida tubular flexible 122. El tubo de alimentación 112 está compuesto típicamente de una tubería de acero cilíndrica con un diámetro interno (ID) 130 y un diámetro externo (OD) 132. Se contemplan otras geometrías de sección transversal del tubo de alimentación, tales como geometrías cuadradas, hexagonales, octagonales y otras articuladas.

La porción de cabeza de expansión 118 contiene un anillo de conexión interno 128 y el puerto de salida tubular flexible 122 que está fijado al anillo de conexión interno 128. El puerto de salida tubular flexible 122 puede consistir en material tubular cilíndrico flexible, tal como una manguera de hormigón, tubería de Kevlar, tubería de fibra de aramida u otros materiales tubulares flexibles. Los materiales del puerto de salida tubular flexible se seleccionan para que sean lo suficientemente flexibles como para permitir la compresión durante la conducción hacia abajo y lo suficientemente duraderos para permitir la construcción en entornos subterráneos hostiles. El puerto de salida tubular flexible 122 está fijado en la parte superior al anillo de conexión interno 128 y está configurado para extenderse dentro de la cámara de expansión (o compactación) 120. La cámara de expansión (o compactación) 120 tiene un diámetro interno (ID) 136 y un diámetro externo (OD) 138. La cámara de expansión (o compactación) 120 tiene una superficie inferior abierta 134 para la colocación de material cementoso en la cavidad creada.

La FIG. 2 muestra una vista lateral en sección transversal del mandril de

accionamiento 100 de acuerdo con otra configuración. El mandril de accionamiento 100 mostrado en la FIG. 2 es sustancialmente el mismo que el mandril de accionamiento 100 mostrado en la FIG. 1 excepto que la porción superior 110 del tubo de alimentación 112 está cerrada a través de una tapa, por ejemplo, para formar el extremo superior cerrado 140. Además, esta configuración del mandril de accionamiento 100 puede incluir un manómetro 142 y una válvula de alivio de presión 144.

La FIG. 3A y la FIG. 3B muestra un ejemplo de un proceso de construcción que usa el mandril de accionamiento 100 que está configurado de acuerdo con la FIG. 1 (es decir, el extremo superior abierto 114) para la construcción eficiente de pilares de diámetro gradualmente ampliado. En concreto, la FIG. 3 A y la FIG. 3B muestran, por ejemplo, seis etapas del proceso: ETAPA A, ETAPA B, ETAPA C, ETAPA D, ETAPA E y ETAPA F.

Primero, la ETAPA A de la FIG. 3 A muestra el mandril de accionamiento 100 antes de ser conducido al suelo en donde la superficie del suelo es un nivel de suelo 200.

A continuación, la ETAPA B de la FIG. 3A muestra el mandril de accionamiento 100 cuando se conduce parcialmente en el suelo a una profundidad de accionamiento inicial prescrita 210 con respecto al nivel de suelo 200 usando una perforadora de pilotaje convencional y un martillo 220. El mandril de accionamiento 100 se conduce a la profundidad de accionamiento inicial prescrita 210 y el relleno cementoso se agrega opcionalmente al mandril bombeando al extremo superior abierto 114 del tubo de alimentación 112 o al puerto de inyección de entrada opcional 116.

Continuando con la ETAPA B, cuando el mandril de accionamiento 100

se conduce a la profundidad de accionamiento inicial 210, el material de relleno 230, como hormigón de alto asentamiento o lechada cementosa, se bombea al mandril de accionamiento 100 a través del puerto de inyección de entrada opcional 116 o a través del extremo superior abierto 114. Los materiales de relleno cementosos que se colocan dentro del tubo de alimentación 112 están diseñados con suficiente movilidad (fluidez) para que sean más fáciles de mezclar y bombear y fluir sin obstáculos hacia abajo a través del tubo de alimentación 112 y a través del puerto de salida tubular flexible inferior 122. Los materiales de relleno cementosos típicos diseñados para este propósito pueden incluir hormigón móvil (asentamiento medio a alto), lechada de cemento de arena o lechada de cemento puro.

A continuación, la ETAPA C de la FIG. 3A muestra el mandril de accionamiento 100 a medida que se conduce adicionalmente a la profundidad de terminación de accionamiento prescrita 212 con respecto al nivel de suelo 200.

A continuación, la ETAPA D de la FIG. 3B muestra que después de que el mandril de accionamiento 100 se conduce a la profundidad de terminación de accionamiento prescrita 212, el mandril de accionamiento 100 se eleva y el material de relleno 230 sale a través del puerto de salida tubular flexible 122, dentro de la cámara de expansión (o compactación) 120. El material de relleno 230 sale del puerto de salida tubular flexible 122 por gravedad, a la cámara de expansión (o compactación) 120, y además al espacio anual creado en la parte inferior del mandril de accionamiento 100 cuando se eleva a una altura de elevación 214 con respecto al nivel de suelo 200 para formar el material cementoso colocado 232. El material de relleno cementoso 230 fluye fácilmente

durante esta etapa de instalación porque el puerto de salida tubular flexible 122 se extiende hacia abajo sin ninguna restricción en la cámara de expansión (o compactación) 120.

A continuación, la ETAPA E de la FIG. 3B muestra la construcción de un
5 diámetro expandido a la profundidad seleccionada. Esto ocurre cuando el mandril de accionamiento 100 se vuelve a conducir hacia abajo en el material cementoso colocado 232. A medida que el mandril de accionamiento 100 se vuelve a conducir hacia abajo, el material de relleno 230 en la cámara de expansión (o compactación) 120 se comprime e intenta moverse hacia arriba y
10 fluir hacia el tubo de alimentación 112. A medida que el material cementoso intenta fluir de regreso al puerto de salida tubular flexible 122, el puerto de salida tubular flexible 122 se contrae y comprime (véase la FIG. 5) como resultado del movimiento hacia arriba del material de relleno 230 mientras intenta fluir hacia arriba en el puerto de salida tubular flexible 122. Por ejemplo, la FIG. 5 muestra
15 la compresión 222 del puerto de salida tubular flexible 122 que constriñe y evita el flujo de retorno al tubo de alimentación 112 permitiendo así que la cámara de expansión (o compactación) 120 empuje el material cementoso colocado 232 hacia abajo y hacia afuera en el suelo subyacente. Esto forma una porción de diámetro expandido 234 a profundidades que son seleccionadas por el
20 constructor. La porción de diámetro expandido 234 puede construirse en la parte inferior del pilar para facilitar la transferencia de carga a los materiales de cimiento subyacentes o puede construirse a cualquier altura a lo largo del eje del pilar construido para crear un área de sección transversal ampliada en cualquiera de los materiales débiles del suelo o para facilitar la resistencia al corte lateral
25 adicional que se realiza durante la carga estructural.

A continuación, la ETAPA F de la FIG. 3B muestra el mandril de accionamiento 100 cuando se levanta hacia arriba permitiendo que el material de relleno 230 fluya hacia abajo a través del puerto de salida tubular flexible 122 y a través de la cámara de expansión (o compactación) 120 para formar el eje
5 del pilar.

La FIG. 4A y la FIG. 4 muestran un ejemplo de un proceso de construcción que usa el mandril de accionamiento 100 que está configurado de acuerdo con la FIG. 2 (es decir, extremo superior cerrado 140) para la construcción eficiente de pilares de diámetro gradualmente aumentado. En concreto, la FIG. 4A y la
10 FIG. 4B muestran, por ejemplo, seis etapas del proceso: ETAPA A, ETAPA B, ETAPA C, ETAPA D, ETAPA E y ETAPA F.

Primero, la ETAPA A de la FIG. 4A muestra el mandril de accionamiento 100 antes de ser conducido al suelo en donde la superficie del suelo es el nivel de suelo 200.

15 A continuación, la ETAPA B de la FIG. 4A muestra el mandril de accionamiento 100 cuando se conduce parcialmente en el suelo a una profundidad de accionamiento inicial prescrita 210 con respecto al nivel de suelo 200 usando una perforadora de pilotaje convencional y un martillo 220.

Continuando con la ETAPA B de la FIG. 4A, cuando el mandril de accionamiento 100 es conducido a la profundidad de accionamiento inicial 210,
20 el material de relleno 230, tal como lechada cementosa, se bombea al mandril de accionamiento 100 a través del puerto de inyección de entrada 116. En esta configuración, el mandril de accionamiento 100 incluye la tapa que está soldada al tubo de alimentación 112, por ejemplo, para formar el extremo superior cerrado
25 140. Para esta configuración, a medida que el material de relleno 230 ingresa al

tubo de alimentación 112, el aire que inicialmente está contenido dentro del tubo de alimentación 112 se comprime porque el aparato está cerrado en la parte inferior por la presencia de tierra que rodea la parte inferior del aparato y por el extremo superior cerrado 140 en la parte superior del tubo de alimentación 112.

- 5 Esto hace que la presión de aire en el tubo de alimentación 112 aumente según lo medido por el indicador de presión de aire 142. Si la presión de aire excede la presión de aire permitida dentro del mandril de accionamiento 100, la válvula de alivio de presión de aire 144 libera la sobrepresión a la atmósfera.

A continuación, la ETAPA C de la FIG. 4A muestra el mandril de accionamiento 100 a medida que se conduce adicionalmente a la profundidad de terminación de accionamiento prescrita 212 con respecto al nivel de suelo 200.

A continuación, la ETAPA D de la FIG. 4B muestra que después de que el mandril de accionamiento 100 se conduce a la profundidad de terminación de accionamiento prescrita 212, el mandril de accionamiento 100 se eleva, y el material de relleno 230 sale a través del puerto de salida tubular flexible 122 y luego sale de la cámara de expansión (o compactación) 120 como material cementoso colocado 232. En esta configuración que incluye el extremo superior cerrado 140, la presión de aire dentro del tubo de alimentación 112 del mandril de accionamiento 100 extruye el material cementoso colocado 232 hacia el espacio anual creado en la parte inferior del mandril de accionamiento 100 a medida que se eleva hacia la altura de elevación 214 con respecto al nivel de suelo 200. El material de relleno cementoso se extruye fácilmente durante esta etapa de instalación porque el puerto de salida tubular flexible 122 se extiende hacia abajo sin ninguna restricción en la cámara de expansión (o compactación)

120. En esta configuración, se pueden utilizar materiales de relleno cementosos de baja movilidad (menos fluido) o de alta movilidad (fluido).

A continuación, la ETAPA E de la FIG. 4B muestra la construcción de una porción de diámetro expandido 234 del pilar cuando el mandril de accionamiento 100 se vuelve a conducir hacia abajo en el material cementoso colocado 232. A medida que el mandril de accionamiento 100 se vuelve a conducir hacia abajo, el material de relleno en la cámara de expansión (o compactación) 120 se comprime e intenta fluir hacia arriba y fluir de nuevo hacia el tubo de alimentación 112. Cuando esto ocurre, el puerto de salida tubular flexible 122 se contrae y comprime (véase la FIG. 5) como resultado del movimiento hacia arriba del material de relleno cuando intenta fluir hacia arriba hacia el puerto de salida tubular flexible 122. De nuevo, como se muestra en la FIG. 5, la compresión 222 del puerto de salida tubular flexible 122 evita el reflujo en el tubo de alimentación 112 permitiendo así que la cámara de expansión (o compactación) 120 compacte el material cementoso colocado 232 y expanda el material de relleno para formar una porción de diámetro expandido 234 en la profundidad seleccionada. Como se señaló para la primera configuración, en esta segunda configuración, la porción de diámetro expandido 234 puede construirse en la parte inferior del pilar para aumentar la transferencia de carga a una capa firme o puede construirse a cualquier altura a lo largo del pilar para expandir el pilar en materiales de suelo blando hacia o para aumentar la transferencia de carga a través del corte lateral.

A continuación, la ETAPA F de la FIG. 4B muestra el mandril de accionamiento 100 cuando se levanta hacia arriba permitiendo que el material de relleno 230 fluya hacia abajo a través del puerto de salida tubular flexible 122 y a través de la cámara de expansión (o compactación) 120 para formar el eje

del pilar.

Es bien sabido por los expertos en la materia que la formación de elementos cementosos por debajo del suelo está llena de dificultades y que la formación de pilares de soporte con diferentes dimensiones de sección transversal es difícil en el mejor de los casos. Como se muestra en la FIG. 1, la FIG. 2 y la FIG. 5, la presente materia objeto proporciona la inserción de un puerto de salida tubular flexible 122 que se extiende desde el fondo del tubo de alimentación 112 en la cámara de expansión (o compactación) 120.

El puerto de salida tubular flexible 122 (por ejemplo, un tubo o manguera flexible) debe ser lo suficientemente grande en su área para proporcionar un flujo pasante eficiente pero lo suficientemente pequeño en el área de la sección transversal para facilitar la compresión y la flexión del tubo flexible durante los movimientos hacia abajo del mandril. El extremo superior del puerto de salida tubular flexible 122 está conectado al tubo de alimentación 112 usando una variedad de detalles de conexión diferentes. El puerto de salida tubular flexible 122 se extiende hacia abajo dentro de la cámara de expansión (o compactación) 120 hasta una longitud suficiente para permitir la compresión y la flexión de la manguera durante los movimientos hacia abajo del mandril. Los materiales del puerto de salida tubular pueden constar de muchos diferentes grados, resistencias y espesores, cada uno con sus propias ventajas y desventajas con respecto a la fluidez, ondulación, movilidad, flexibilidad, durabilidad y longevidad.

El puerto de salida tubular flexible 122 puede orientarse verticalmente en el centro del tubo de alimentación 112 o colocarse en un lado (es decir, desplazado del centro) del tubo de alimentación 112. El puerto de salida tubular flexible 122 se puede colocar vertical u horizontalmente. El puerto de salida

tubular flexible 122 puede variar en diámetro desde aproximadamente 1 pulgada (2,5 cm) hasta aproximadamente la dimensión interior del tubo de alimentación 112 y generalmente menos de aproximadamente 36 pulgadas (91 cm). La longitud requerida del puerto de salida tubular flexible 122 a medida que se
5 extiende hacia la cámara de expansión (o compactación) 120 depende de las características del material de relleno colocado, los requisitos de flujo, el diámetro del puerto de salida y otros factores. La relación entre la longitud del puerto (L) y el diámetro del puerto (d) (L/d) generalmente varía de 1 a 20, y la mayoría de las aplicaciones oscilan entre 2 y 3.

10 En resumen, la FIG. 1, la FIG. 3 A y la FIG. 3B muestra una primera configuración del mandril de accionamiento 100 divulgado actualmente mediante la cual el mandril de accionamiento 100 se fabrica usando un extremo superior abierto 114. Un extremo superior abierto 114 puede consistir en una abertura simple en la parte superior del tubo de alimentación 112 o un puerto abierto que
15 se extiende dentro de una tolva conectada a la parte superior del tubo de alimentación 112. En esta configuración, se puede agregar material de relleno cementoso a través del puerto de inyección de entrada opcional 116 o a través de la parte superior del tubo de alimentación del mandril y dejar que fluya por gravedad a través del tubo de alimentación 112. Si se usa hormigón como
20 material de relleno 230, el asentamiento del hormigón puede variar ampliamente con mezclas de asentamiento más altas que corresponden a movilidad mejorada, capacidad bombeo y flujo de mandril mejorado. De manera similar, también se pueden usar mezclas de lechada de cemento de arena, que proporcionan un bombeo y flujo relativamente fáciles. Como se muestra en la
25 FIG. 3A y la FIG. 3B, los materiales de relleno alimentados por gravedad fluyen

hacia abajo a través del tubo de alimentación 112 y a través del puerto de salida tubular flexible 122 a medida que el mandril de accionamiento 100 se impulsa inicialmente hacia abajo (ETAPA B de la FIG. 3A) y luego se levanta (ETAPA D de la FIG. 3B). Durante la conducción hacia abajo (ETAPA E de la FIG. 3B), el material en la cámara de expansión (o compactación) 120 se empuja hacia arriba contra el puerto de salida tubular flexible 122. Esto hace que el puerto se comprima 222 y se doble como se muestra en la FIG. 5. Por lo tanto, el puerto de salida tubular flexible 122 actúa como una válvula eficaz que evita el movimiento ascendente de materiales cementosos de alta movilidad hacia el tubo de alimentación 112, incluso si el tubo de alimentación 112 proporciona flujo por gravedad no presurizado. El mandril de accionamiento 100 de la FIG. 1 y el método de la FIG. 3 A y la FIG. 3B tiene la ventaja de que el diseño del mandril es más simple de construir y operar.

Además, la FIG. 2, la FIG. 4A y la FIG. 4B muestran una segunda configuración del mandril de accionamiento 100 divulgado actualmente mediante la cual el mandril de accionamiento 100 se fabrica utilizando un extremo superior cerrado 140 en el extremo superior del tubo de alimentación 112. En esta configuración, el material de relleno cementoso se bombea a través del puerto de inyección de entrada 116. Si se usa hormigón como material de relleno, el asentamiento del hormigón puede variar ampliamente con mezclas de asentamiento más altas que corresponden a una mayor movilidad, capacidad de bombeo y un mejor flujo del mandril. De manera similar, también se pueden usar mezclas de lechada de cemento de arena, que proporcionan un bombeo y flujo relativamente fáciles. Como se muestra en la FIG. 4A y la FIG. 4B, los materiales de relleno fluyen hacia abajo a través del tubo de alimentación del mandril 112 y

a través del puerto de salida tubular flexible 122 a medida que el mandril de accionamiento 100 se conduce inicialmente hacia abajo (ETAPA B de la FIG. 4A) y luego se levanta (ETAPA D de la FIG. 4B). Durante la conducción hacia abajo (ETAPA E de la FIG. 4B), el material en la cámara de expansión (o compactación) 120 se empuja hacia arriba contra el puerto de salida tubular flexible 122. Esto hace que el puerto se comprima y doble como se muestra en la FIG. 5. Por lo tanto, el puerto de salida tubular flexible 122 actúa como una válvula eficaz que evita el movimiento ascendente de materiales cementosos de alta movilidad hacia el tubo de alimentación 112. El mandril de accionamiento 100 de la FIG. 2 y el método de la FIG. 4A y la FIG. 4B tienen la ventaja de que se puede utilizar una amplia variedad de diseños de mezclas cementosas para la instalación.

Siguiendo una convención de derecho de patentes de larga duración, los términos "un", "una" y "el/la" se refieren a "uno o más" cuando se usan en esta solicitud, incluidas las reivindicaciones. Así, por ejemplo, la referencia a "un sujeto" incluye una pluralidad de sujetos, a menos que el contexto sea claramente lo contrario (por ejemplo, una pluralidad de sujetos), y así sucesivamente.

A lo largo de esta memoria descriptiva y las reivindicaciones, los términos "comprenden", "comprende" y "que comprende" se utilizan en un sentido no exclusivo, excepto cuando el contexto lo requiera de otra manera. Del mismo modo, el término "incluyen" y sus variantes gramaticales están destinados a ser no limitativos, de modo que la mención de elementos en una lista no excluye otros elementos similares que pueden sustituirse o agregarse a los elementos enumerados.

Para los fines de esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, a menos que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades, tamaños, dimensiones, proporciones, formas, formulaciones, parámetros, porcentajes, cantidades, características y otros valores numéricos utilizados en la memoria descriptiva y las reivindicaciones se entenderán como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente" aunque el término "aproximadamente" no aparezca expresamente con el valor, la cantidad o el intervalo. En consecuencia, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos establecidos en la siguiente memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas no son ni necesitan ser exactos, pero pueden ser aproximados y/o mayores o menores según se desee, lo que refleja tolerancias, factores de conversión, redondeo, error de medición y similares, y otros factores conocidos por los expertos en la materia dependiendo de las propiedades deseadas que se buscan obtener por la materia objeto actualmente divulgada. Por ejemplo, el término "aproximadamente", cuando se refiere a un valor puede abarcar variaciones de, en algunas realizaciones, $\pm 100\%$, en algunas realizaciones $\pm 50\%$, en algunas realizaciones $\pm 20\%$, en algunas realizaciones $\pm 10\%$, en algunas realizaciones $\pm 5\%$, en algunas realizaciones $\pm 1\%$, en algunas realizaciones $\pm 0,5\%$, y en algunas realizaciones $\pm 0,1\%$ de la cantidad especificada, ya que tales variaciones son apropiadas para realizar los métodos divulgados o emplear las composiciones divulgadas.

Además, el término "acerca de" cuando se usa en conexión con uno o más números o intervalos numéricos, debe entenderse que se refiere a todos esos números, incluidos todos los números en un intervalo y modifica ese intervalo al extender los límites por encima y por debajo de los valores numéricos

expuestos. La mención de intervalos numéricos por puntos finales incluye todos los números, por ejemplo, enteros, incluidas fracciones de los mismos, incluidos dentro de ese intervalo (por ejemplo, la mención de 1 a 5 incluye 1, 2, 3, 4 y 5, así como fracciones de los mismos, por ejemplo, 1,5, 2,25, 3,75, 4,1 y similares)

5 y cualquier intervalo dentro de ese intervalo.

Aunque la materia objeto anterior se ha descrito con cierto detalle a modo de ilustración y ejemplo con fines de claridad de comprensión, los expertos en la materia entenderán que ciertos cambios y modificaciones pueden practicarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para construir una columna de soporte, que comprende:
un mandril de accionamiento que tiene una porción superior,
5 un tubo de alimentación, y
una porción de cabeza de expansión que están conectados operativamente, en donde la porción de cabeza de expansión comprende una cámara de expansión y un puerto de salida dentro de la cámara de expansión, estando adaptado el puerto de salida para comprimirse de manera reversible.
10
2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la porción superior tiene un extremo superior abierto al tubo de alimentación, y la cámara de expansión tiene una superficie inferior abierta.
- 15 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la porción de cabeza de expansión incluye un anillo de conexión interno, y el puerto de salida está fijado al anillo de conexión interno y se extiende dentro de la cámara de expansión.
- 20 4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el puerto de salida es un tubo hecho de un material seleccionado para ser suficientemente flexible de modo que el tubo esté adaptado para comprimirse radialmente hacia adentro para evitar el reflujo del material de relleno hacia arriba dentro del tubo, donde el material es una manguera de hormigón, una tubería de Kevlar o una tubería de
25 fibra de aramida.

5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la porción superior tiene un extremo superior cerrado, y la cámara de expansión tiene una superficie inferior abierta.
6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además un puerto de inyección de entrada conectado al tubo de alimentación.
7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además un manómetro y una válvula de alivio de presión que están conectados al tubo de alimentación.
8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el tubo de alimentación tiene un diámetro interior del tubo de alimentación y un diámetro exterior del tubo de alimentación, en donde la cámara de expansión tiene un diámetro interior de la cámara de expansión y un diámetro exterior de la cámara de expansión, siendo el diámetro interior de la cámara de expansión mayor que el diámetro exterior del tubo de alimentación.
9. Un método para construir una columna de soporte, que comprende las etapas de:
- proporcionar un conjunto de mandril que tiene un tubo de alimentación conectado operativamente a una cabeza de expansión, en donde la cabeza de expansión comprende una cámara de expansión y un puerto de salida dentro de

la cámara de expansión, estando adaptado el puerto de salida para comprimirse;
 conducir el conjunto de mandril a una superficie de suelo a una profundidad inicial prescrita con respecto al nivel de la superficie de suelo;

añadir material de relleno al tubo de alimentación;

- 5 conducir el conjunto de mandril más adentro de la superficie de suelo hasta una profundidad de terminación de accionamiento prescrita con respecto al nivel de la superficie de suelo;

eleva el conjunto del mandril por encima de la profundidad de terminación de accionamiento prescrita;

- 10 formar un espacio en la parte inferior del conjunto de mandril;
 permitir que una primera porción del material de relleno salga a través del puerto de salida por gravedad a la cámara de expansión y al espacio;

formar un primer material de relleno colocado a la profundidad de terminación de accionamiento prescrita; y

- 15 construir un diámetro expandido del primer material de relleno colocado, comprendiendo la etapa de construcción la etapa de volver a conducir el conjunto de mandril elevado hacia abajo en el primer material de relleno colocado.

10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la etapa de adición
 20 se realiza bombeando el material de relleno al tubo de alimentación.

11. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el material de relleno es hormigón móvil de asentamiento medio, hormigón móvil de asentamiento alto, lechada de cemento de arena o lechada de cemento puro.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 9, comprendiendo además la etapa de construcción las etapas de:

- 5 comprimir y constreñir por el puerto de salida para evitar el movimiento hacia arriba en el puerto de salida por el primer material de relleno colocado; y
 permitir que la cámara de expansión empuje el primer material de relleno colocado hacia abajo y hacia afuera a una profundidad del suelo de diámetro expandido prescrita con respecto al nivel de la superficie de suelo.

- 10 13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además la etapa de elevar el conjunto de mandril por encima del diámetro expandido del primer material de relleno colocado.

- 15 14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además la etapa de permitir que una segunda porción del material de relleno salga por el puerto de salida por gravedad a la cámara de expansión.

- 20 15. El método de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además la etapa de construir un eje por encima del diámetro expandido del primer material de relleno colocado.

16. El método de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además la etapa de formar un segundo material de relleno colocado a una profundidad diferente que la profundidad de terminación de accionamiento prescrita.

17. El método de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además la etapa de formar un segundo material de relleno colocado que tiene un diámetro diferente que el primer material de relleno colocado y a una profundidad diferente que la profundidad de terminación de accionamiento prescrita.

5

18. El método de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además la etapa de compactar el primer material de relleno colocado para que tenga un diámetro mayor que el diámetro de la cámara de expansión.

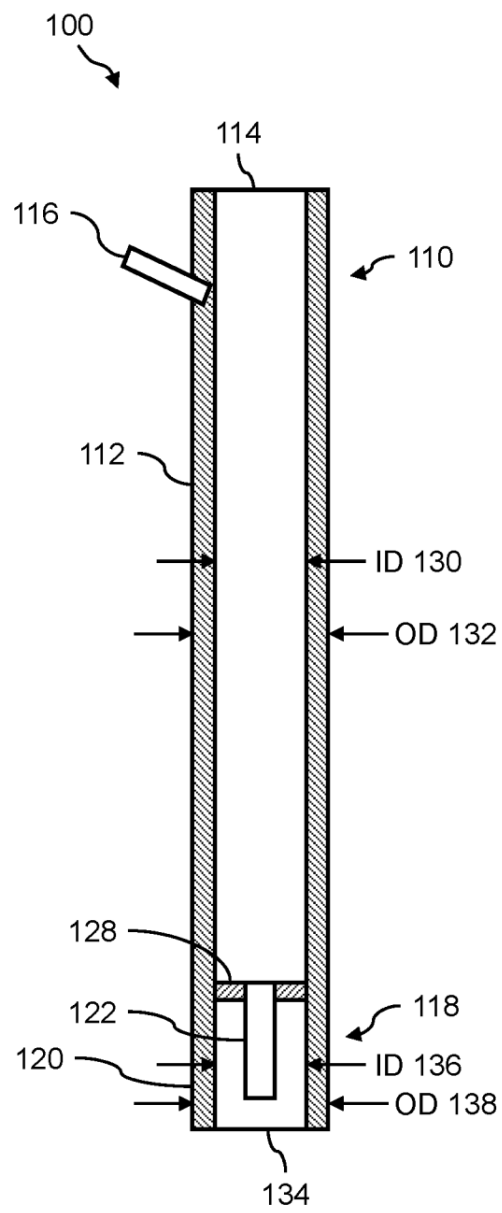
RESUMEN

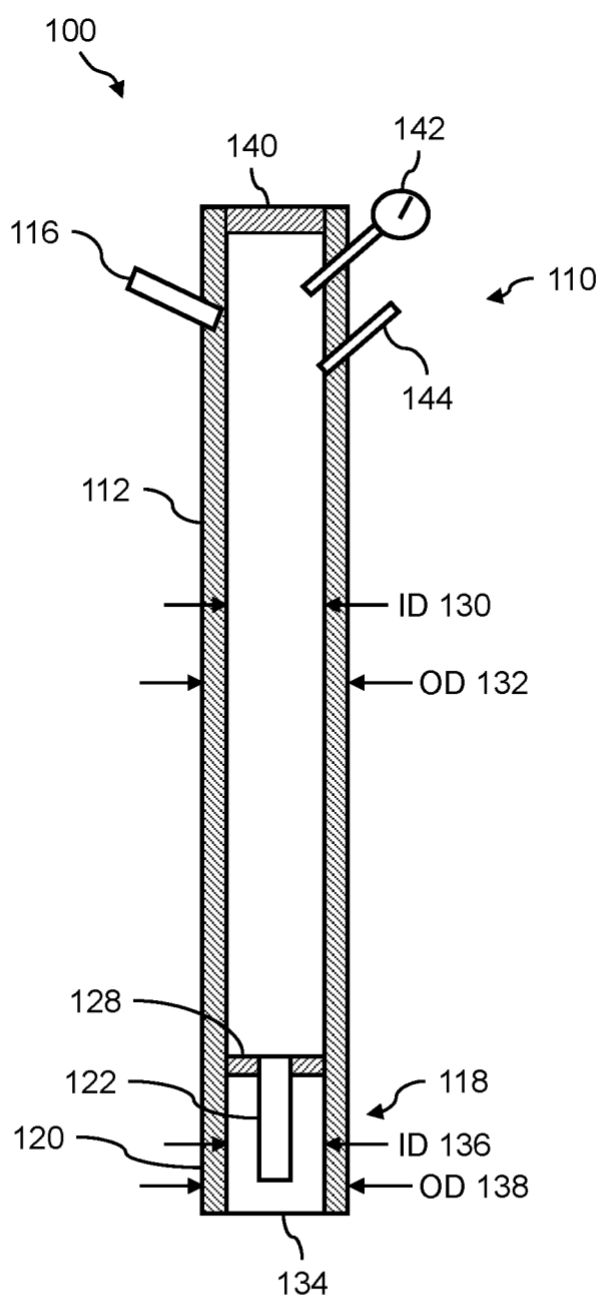
MÉTODO Y APARATO PARA FORMAR COLUMNAS DE SOPORTE DE SUELO CEMENTADO

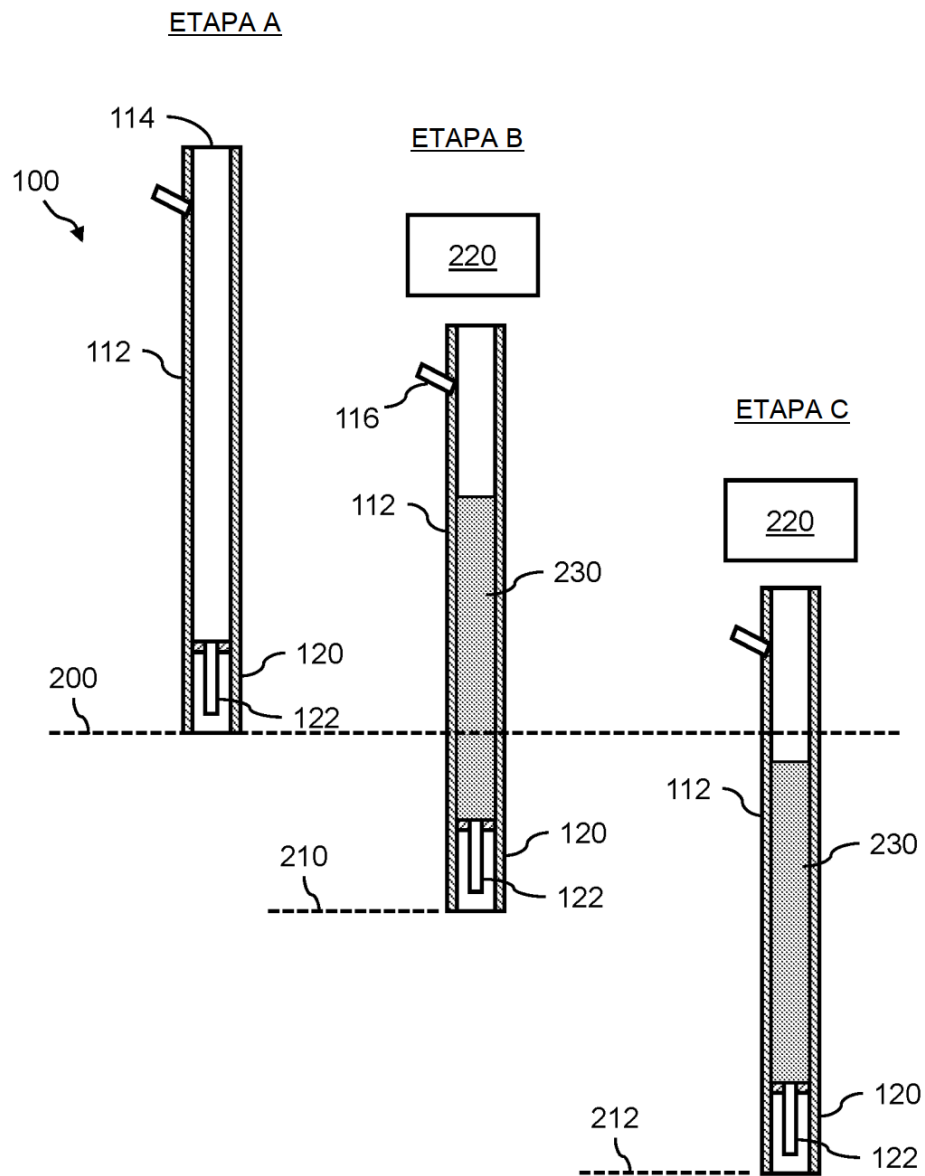
5

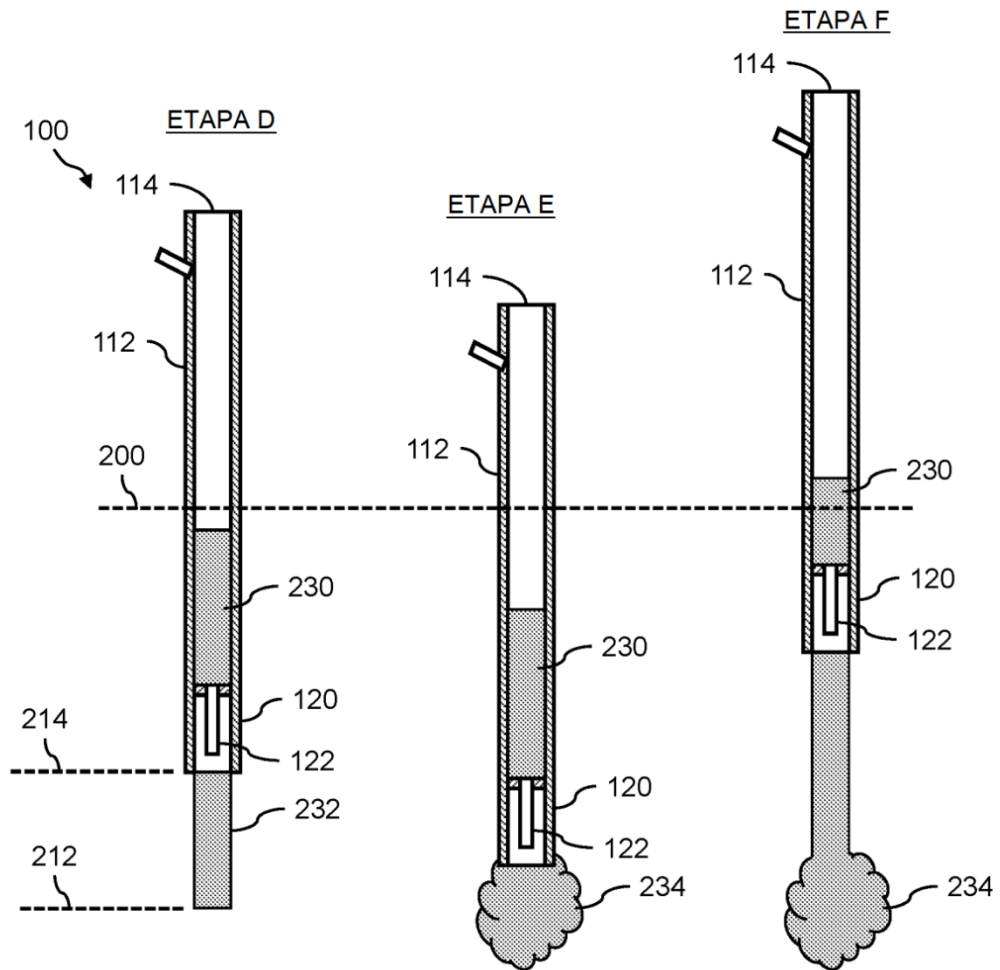
Se divulga un método y aparato para formar columnas de soporte de suelo cementado. En concreto, se proporcionan mandriles de accionamiento para la construcción eficiente de columnas de soporte de diámetro gradualmente aumentado. Por ejemplo, el mandril de accionamiento incluye un tubo de alimentación que tiene una porción superior y una porción de cabeza de expansión. La porción de cabeza de expansión incluye además una cámara de expansión (o compactación) y un puerto de salida tubular flexible. Además, se proporcionan métodos de construcción de uso de mandriles de accionamiento para la construcción eficiente de columnas de soporte de diámetro gradualmente aumentado.

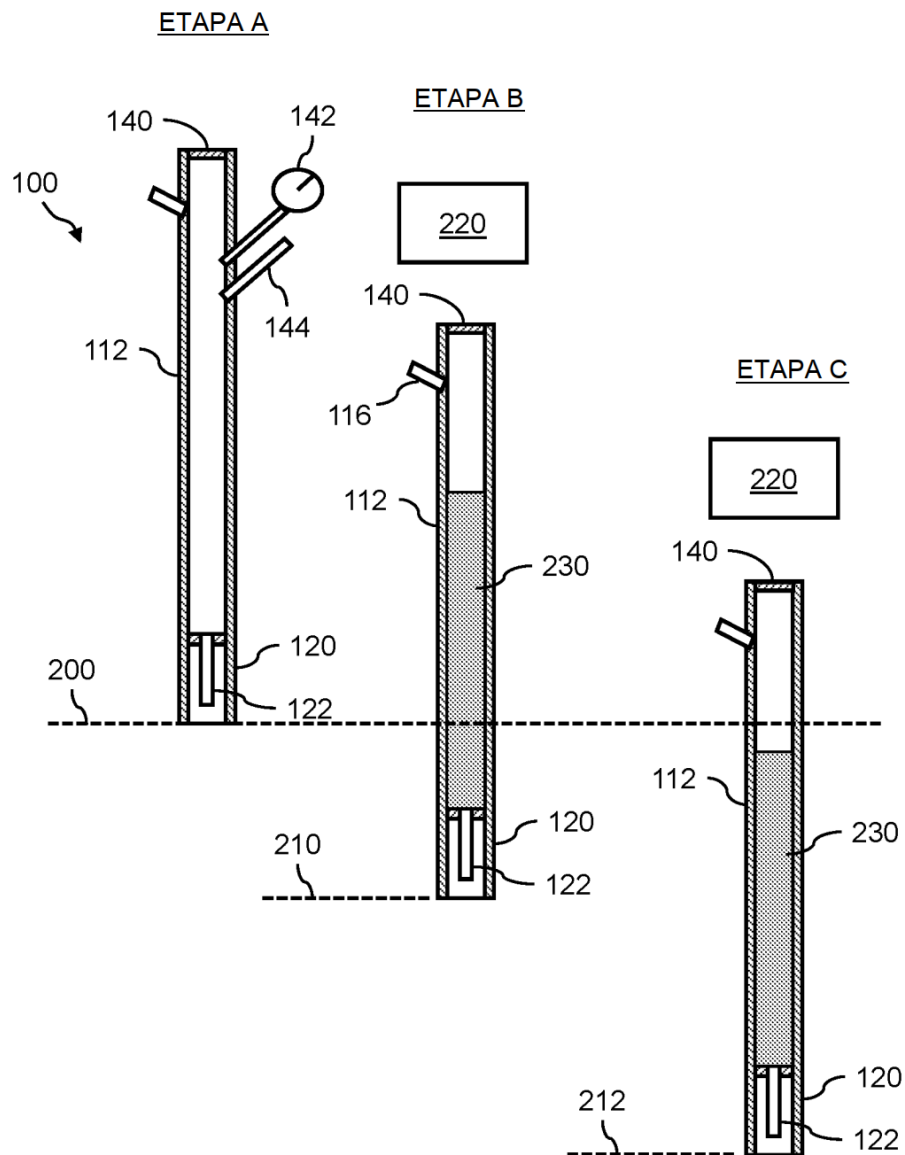
15

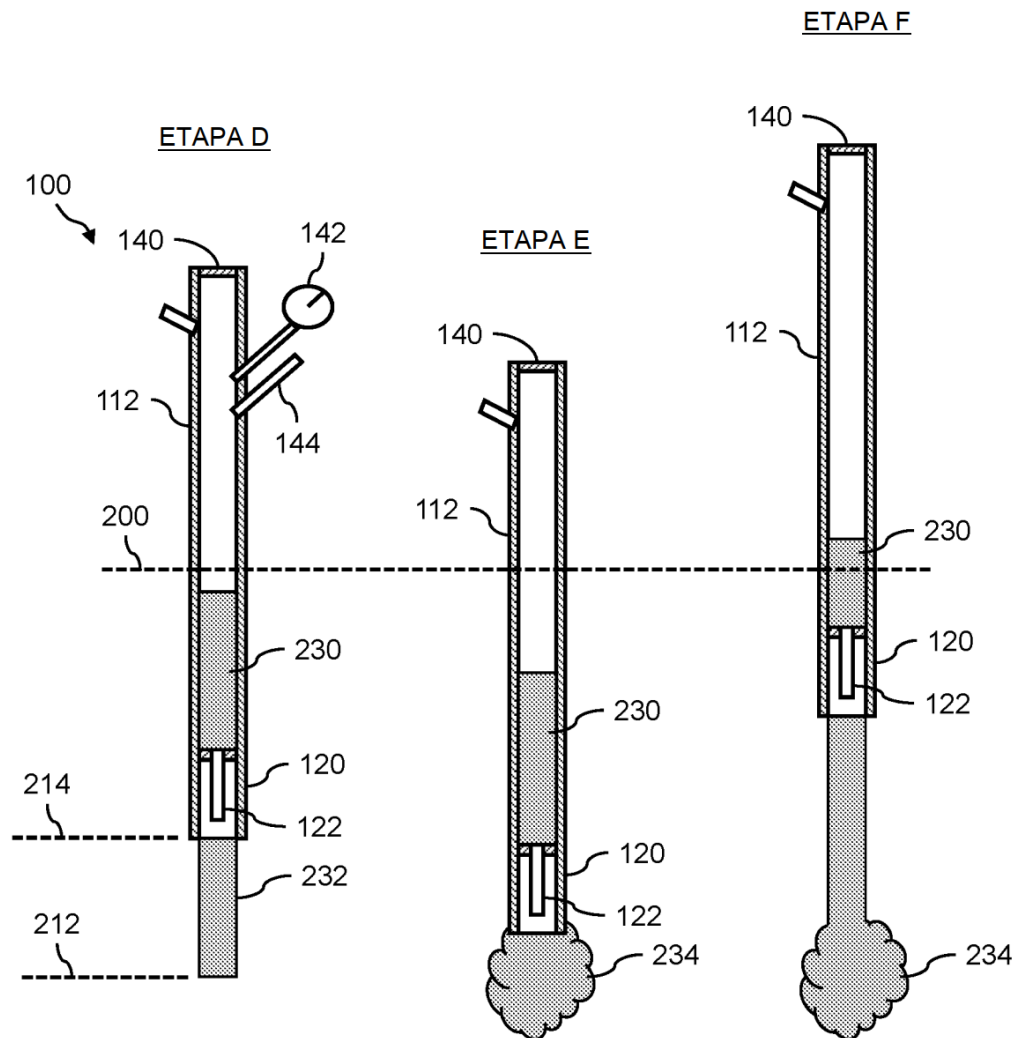
*FIG. 1*

*FIG. 2*

*FIG. 3A*

*FIG. 3B*

*FIG. 4A*

**FIG. 4B**

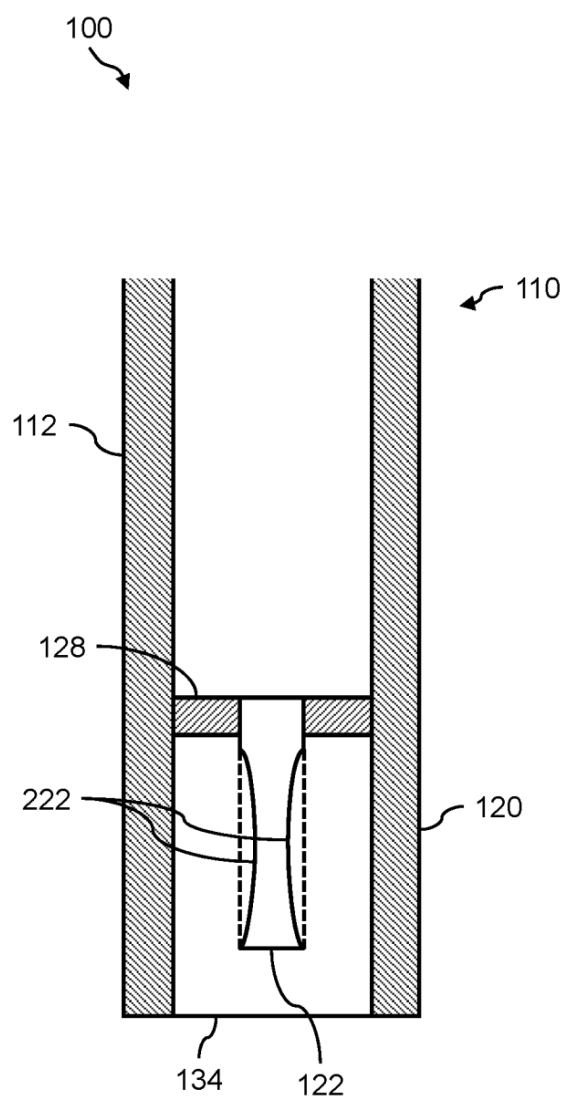


FIG. 5