

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 921**

51 Int. Cl.:

**E02D 3/08** (2006.01)

**E02D 5/44** (2006.01)

**E02D 5/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.09.2011 PCT/US2011/050172**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2012 WO12031094**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2011 E 11822652 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 2611968**

54 Título: **Método y aparato para fabricar un pilar base expandida**

30 Prioridad:

**03.09.2010 US 875986**

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

**11.06.2018**

73 Titular/es:

**GEOPIER FOUNDATION COMPANY, INC.  
(100.0%)  
130 Harbour Place Drive Suite 280  
Davidson, North Carolina 28036, US**

72 Inventor/es:

**WISSMANN, KORD, J.**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 671 921 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Método y aparato para fabricar un pilar base expandida

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud se relaciona y reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente de Utilidad de Estados Unidos con núm. de serie 12/875,986, presentada el 3 de septiembre de 2010.

10 Campo de la invención

La presente invención se refiere a la construcción de una columna de soporte estructural. Más específicamente, la presente invención se refiere a un método y aparato para construir un pilar base expandida para sobrepasar suelos débiles y transferir cargas estructurales a suelos fuertes subyacentes.

15

Antecedentes de la invención

20 Las instalaciones pesadas o sensibles a los asentamientos que se ubican en áreas que contienen suelos blandos o débiles a menudo se apoyan en cimientos profundos, que consisten en pilotes hincados o columnas de hormigón perforado. Los cimientos profundos se diseñan para transferir las cargas de la estructura a través de los suelos blandos a estratos de suelo más competentes.

25 En los últimos años, las columnas de agregados se han usado cada vez más para soportar estructuras ubicadas en áreas que contienen suelos blandos. Las columnas se diseñan para reforzar y fortalecer la capa blanda y minimizar los asentamientos resultantes. Las columnas se construyen usando una variedad de métodos que incluyen el método de perforación y apisonamiento descrito en las patentes de Estados Unidos núms. 5,249,892 y 6,354,766; el método del mandril de desplazamiento descrito en la patente de Estados Unidos núm. 6,425,713; el método del mandril de desplazamiento por el cabezal de manipulación descrito en la patente de Estados Unidos núm. 7,226,246; y el método del mandril de desplazamiento cónico descrito en la patente de Estados Unidos núm. 7,326,004.

30

El método de columna de agregado corta (patentes de Estados Unidos núms. 5,249,892 y 6,354,766), que incluye perforar o excavar una cavidad, es una solución de cimentación eficaz cuando se instala en suelos cohesivos donde la estabilidad de la pared lateral del orificio se mantiene fácilmente. El método consiste generalmente en: a) perforar una cavidad u orificio generalmente cilíndrico en el suelo de cimentación (típicamente alrededor de 30 pulgadas); b) compactar el suelo en la parte inferior de la cavidad; c) instalar una capa de agregado relativamente delgada en la cavidad (típicamente alrededor de 12-18 pulgadas); d) apisonar la elevación de agregado con un cabezal de manipulación biselado especialmente diseñado; y e) repetir el proceso para formar una columna de agregado que se extiende generalmente a la superficie del terreno. Para el proceso, es fundamental la aplicación de suficiente energía al cabezal de manipulación biselado de manera que el proceso acumule tensiones laterales dentro del suelo de base a lo largo de los lados de la cavidad durante el apisonamiento secuencial. Esta acumulación de tensión lateral es importante porque disminuye la compresibilidad de los suelos de base y permite que las cargas aplicadas se transfieran eficientemente a los suelos de base durante la carga de la columna.

35

40

45 El método del mandril de desplazamiento por el cabezal de manipulación (patente de Estados Unidos núm. 7,226,246) es una forma de desplazamiento del método de columna de agregado corta. Este método consiste generalmente en conducir una tubería hueca (mandril) al suelo sin necesidad de perforar. La tubería se equipa con un cabezal de manipulación en la parte inferior que tiene un diámetro mayor que la tubería y que tiene una parte inferior plana y lados biselados. El mandril se acciona a la parte inferior del diseño de la elevación de la columna, se rellena con agregado y luego se levanta, lo que permite que el agregado fluya fuera de la tubería y hacia la cavidad creada al retirar el mandril. El cabezal de manipulación se acciona hacia abajo en el agregado para compactar el agregado. La forma inferior plana del cabezal de manipulación compacta el agregado; los lados biselados fuerzan el agregado hacia las paredes laterales del orificio lo que aumenta las tensiones laterales en el suelo circundante.

50

55 El método del mandril de desplazamiento cónico (patente de Estados Unidos núm. 7,326,004) es otro medio para crear una columna de agregado con un mandril de desplazamiento. En este caso, la forma del mandril es un cono truncado, más grande en la parte superior que en la parte inferior, con un ángulo de inclinación de aproximadamente 1 a aproximadamente 5 grados desde la vertical. El mandril se desplaza en el suelo, haciendo que el suelo de base se desplace hacia abajo y lateralmente durante la conducción. Después de alcanzar la parte inferior del diseño de la elevación de la columna, el mandril se retira, dejando una cavidad en forma de cono en el suelo. La forma cónica del mandril permite la estabilización temporal de las paredes laterales del orificio de manera que el agregado puede introducirse en la cavidad desde la superficie del suelo. Después de colocar una capa de agregado, el mandril se vuelve a desplazar hacia abajo en el agregado para compactar el agregado y forzarlo hacia los lados de las paredes laterales del orificio. Algunas veces, se usa un mandril más grande para compactar el agregado cerca de la parte superior de la columna.

60

65 La patente de Estados Unidos núm. 7,604,437 se refiere a un mandril para fabricar columnas de soporte de agregados en donde se proporcionan restrictores de flujo para evitar el movimiento hacia arriba del agregado a través del mandril

durante la conducción del mandril. El mandril contemplado en esta técnica se refiere a la formación de una columna de soporte de agregado tal como se describe en las patentes de Estados Unidos núms. 6,425,713 y 7,226,246 discutidas anteriormente.

5 Las patentes de Estados Unidos núms. 4,992,002 y 6,773,208 se refieren a métodos para fundir un pilar de hormigón parcialmente reforzado en el suelo. Un método implica el uso de un mandril alargado con un pie ahuecado que tiene un área de sección transversal mayor que el mandril, en donde la lechada fluida que se coloca en el mandril fluye a través de aberturas ubicadas cerca de la parte inferior del mandril en el espacio entre el mandril y el pie. El otro método implica la instalación de una carcasa tubular hueca alargada que luego se llena con hormigón fluido que se deja fraguar mientras la carcasa permanece en el suelo. Cada una de estas referencias se refiere meramente a inclusiones endurecidas de hormigón y no permiten la estabilidad y resistencia adicionales proporcionadas por un pilar que tiene una base expandida.

La Patente de Estados Unidos Núm. 3,568,452 se refiere a un método y aparato para formar pilas de base bulbular.

15 En el área de mejora del suelo, a menudo es conveniente instalar una inclusión rígida en el suelo para transferir cargas a través de una capa de suelo débil o blando. Aunque estas capas de suelo también pueden tratarse con columnas de agregados no cementosos, las columnas no cementosas dependen típicamente del estrés del confinamiento (es decir, dependen de la resistencia de los suelos de la pared lateral para evitar el abultamiento). Ocasionalmente, es conveniente utilizar inclusiones cementosas para evitar suelos débiles y transferir cargas a suelos fuertes subyacentes. El objeto de la presente invención es formar eficientemente una base expandida fuerte y rígida (ya sea cementosa o no cementosa) en la parte inferior de la columna y proporcionar un medio eficiente para la introducción de lechada, hormigón, agregado pos lechada, u otro material cementoso a través de las porciones superiores de la columna para formar una inclusión cementosa.

25 Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere a un sistema para construir una columna de soporte. Un mandril tiene una porción superior y un cabezal de manipulación. Un tubo de alimentación se extiende a través del mandril para alimentar agregados, hormigón, lechada, u otros materiales fluidos al cabezal de manipulación. El cabezal de manipulación incluye una cámara agrandada inferior con una superficie reductora en una porción superior de la misma para compactar el agregado o el hormigón y restringir el flujo hacia arriba de agregado u hormigón durante la compactación. El cabezal de manipulación es de un tamaño que proporciona una región cerrada para permitir que se coloquen materiales cementosos en el mismo. Una tapa de cierre está en un extremo del tubo de alimentación opuesto al cabezal de manipulación. Un tubo de suministro de hormigón se conecta al tubo de alimentación, y una fuente de presión de aire se conecta al tubo de alimentación para evacuar el hormigón del tubo de alimentación a través de la presión de aire suministrada al mismo.

La invención puede comprender un mecanismo de válvula móvil entre una posición abierta y una posición cerrada para cerrar el tubo de alimentación de la comunicación con el cabezal de manipulación durante las operaciones de apisonamiento y puede comprender elementos de refuerzo asegurados entre la superficie reductora y el mandril para proporcionar soporte de carga durante las operaciones de apisonamiento. La invención puede comprender además cadenas unidas o muescas dentro del interior del cabezal de manipulación para restringir el flujo hacia arriba de material en el tubo de alimentación durante el movimiento hacia abajo del mandril. Un segundo tubo puede extenderse a través del mandril en el lado del tubo de alimentación para permitir que el material cementoso fluya hacia arriba a través del segundo tubo para la inspección del material cementoso durante el bombeo. Puede ubicarse una tolva en la parte superior del mandril para alimentar el agregado en el tubo de alimentación del mandril.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un método para construir una columna de soporte que comprende el uso de una unidad de mandril que tiene un tubo de alimentación conectado a un cabezal de manipulación en una abertura del mismo para permitir que el agregado, hormigón, lechada, u otro material fluido fluya en el cabezal de manipulación. El método comprende proporcionar el cabezal de manipulación de una forma con una cámara inferior alargada definida que tiene una superficie reductora en una porción superior del mismo para compactar y restringir el flujo hacia arriba de material en el tubo de alimentación durante el apisonamiento, el cabezal de manipulación de tamaño adicional para proporcionar una región cerrada para permitir que el material cementoso se coloque en el mismo; proporcionar una tapa de cierre en un extremo del tubo de alimentación opuesto al cabezal de manipulación y un tubo de suministro de hormigón conectado al tubo de alimentación, y una fuente de presión de aire conectada al tubo de alimentación para evacuar hormigón del tubo de alimentación a través de la presión de aire suministrada al mismo; conducir la unidad de mandril a una superficie del suelo hasta una profundidad dada formando así una cavidad; levantar la unidad de mandril para liberar una carga inicial de agregado u hormigón desde el cabezal de manipulación en la parte inferior de la cavidad; volver a conducir la unidad de mandril para compactar el agregado u hormigón en la parte inferior de la cavidad y formar una base expandida, la base expandida que tiene un ancho mayor que el cabezal de manipulación; y retirar la unidad de mandril mientras se alimenta continuamente el material o agregado cementoso para tratarse subsecuentemente total o parcialmente con lechada a través del tubo de alimentación, formando así una inclusión cementosa al menos parcialmente dentro de la cavidad, la inclusión cementosa tiene un ancho de la cavidad y se forma en la parte superior de la base expandida.

65 El método puede comprender además introducir una tubería a través del tubo de alimentación y el cabezal de manipulación después de la formación de la base expandida, colocar agregado durante la etapa de extracción para rodear

parcialmente el tubo, e introducir material cementoso en el tubo siguiendo la colocación del agregado para tratar el agregado.

Breve descripción de los dibujos

5

La invención se comprenderá mejor a partir de la siguiente descripción detallada hecha con referencia a los dibujos, en donde:

10

la Figura 1 es una vista en sección transversal lateral de una primera modalidad de un mandril;

la Figura 2 es una vista en sección transversal lateral de una segunda modalidad del mandril con una válvula;

15

la Figura 3 es una vista en sección transversal lateral de una tercera modalidad del mandril con restrictores internos de flujo hacia arriba;

la Figura 4 es una vista en sección transversal lateral de una cuarta modalidad del mandril con una tubería de retorno de lechada;

20

las Figuras 5A-5E ilustran un método para construir un pilar con el mandril de la Figura 1;

las Figuras 6A-6F ilustran un método alternativo para construir un pilar con una modalidad del mandril de la invención;

25

la Figura 7 es una vista en sección transversal lateral de una modalidad alternativa del mandril que usa un sistema superior cerrado para permitir la construcción de presión de aire;

la Figura 8 es una vista más detallada del funcionamiento de un sistema superior cerrado que incluye el uso de una fuente de aire externa;

30

la Figura 9 es un gráfico que muestra los resultados de las pruebas de carga realizadas en columnas fabricadas de acuerdo con el Ejemplo I en comparación con los pilares de referencia; y

las Figuras 10 y 11 son gráficos que muestran los resultados de los pruebas de carga realizadas en las columnas fabricadas de acuerdo con el Ejemplo III.

35

Descripción detallada de la invención

Con referencia a las figuras adjuntas, se proporcionan varias modalidades de un mandril nuevo y novedoso para formar un pilar base expandida, como parte de una inclusión endurecida.

40

La Figura 1 ilustra una modalidad de una unidad de mandril de base (1) contemplado en la presente descripción. En esta modalidad, se forma un cabezal de manipulación (2) como una estructura unitaria unida a un extremo de un tubo o tubería de alimentación (4) para formar la unidad de mandril (1). La tubería de alimentación (4) puede tener típicamente un diámetro de 4 a 12 pulgadas y tiene un extremo superior (no mostrado) opuesto al cabezal de manipulación (2) en el que puede alimentarse el agregado, hormigón, lechada, y otro material fluido. El cabezal de manipulación (2) comprende típicamente una cámara inferior alargada (3), típicamente de 10 a 24 pulgadas de diámetro. La superficie reductora (5) desde las paredes de la cámara inferior hasta las paredes de la tubería de alimentación cumple la función de una placa de compactación para compactar agregado u hormigón como se describe a continuación, así como también sirve como un restrictor de flujo ascendente mientras el agregado inicial se está accionando de manera que el agregado u hormigón forma un "tapón" dentro de la cámara (3) y no fluye hacia atrás en la tubería de alimentación (4). La superficie reductora (5) puede estar en ángulo como se muestra en la Figura 2. La cámara inferior (3) en la parte inferior del cabezal permite la formación de una base expandida inferior densificada y proporciona un área cerrada para la colocación de lechada u hormigón. También pueden colocarse refuerzos (6) entre la tubería de alimentación (4) y la cámara inferior (3) para ayudar en la transferencia de carga durante la conducción.

55

La Figura 2 ilustra una modalidad de un mandril de base similar a la Figura 1, pero incluye un mecanismo de válvula especial (7) que puede usarse para bloquear adicionalmente el flujo de agregado u hormigón desde la cámara inferior (3) a la tubería de alimentación (4). El mecanismo de válvula (7) se asienta contra la superficie reductora (5) de la tubería de alimentación (4) y restringe físicamente el flujo de agregado, u hormigón, hacia atrás en la tubería de alimentación durante la conducción hacia abajo (en oposición al "tapón" formado como se describió anteriormente con referencia a la Figura 1). Cuando se levanta la tubería de alimentación (4), el mecanismo de válvula (7) se abre para permitir el flujo hacia abajo de lechada, hormigón, u otro material fluido a través de la tubería de alimentación (4) y hacia la cámara inferior (3). El mecanismo de válvula (7) puede manipularse mediante una tubería que se extiende hasta la parte superior del mandril o mediante un mecanismo que fija el mecanismo de válvula (7) a las paredes laterales de la tubería de alimentación (4).

65

El propósito del mecanismo de válvula (7) previsto con referencia a la Figura 2 es permitir la compactación subsecuente del agregado inferior o la base expandida de hormigón colocada y formada inicialmente. Por ejemplo, el mandril primero

se accionaría en el suelo con la cámara inferior (3) cargada con agregado u hormigón. La tubería de alimentación (4) se levantaría, y el mecanismo de válvula (7) se abriría. A continuación se agregaría lechada u hormigón a través de la tubería de alimentación (4). La unidad de mandril (1) se accionaría hacia abajo, lo que permitiría una compactación adicional del agregado u hormigón en la parte inferior para formar una base expandida.

La Figura 3 ilustra otra variación de la modalidad de la Figura 1. Más específicamente, los eslabones de cadena (8) se unen dentro del cabezal de manipulación (2) de manera que al apisonar, los eslabones de cadena (8) se mueven hacia adentro para restringir el agregado u hormigón en la cámara inferior (3) y restringir el agregado u hormigón de fluir hacia arriba en el tubo de alimentación (4). También se prevé que se proporcionen muescas internas en lugar de cadenas para proporcionar una restricción de flujo ascendente no mecánica (o pasiva).

La Figura 4 ilustra una modalidad adicional de un mandril similar al mostrado en la Figura 1 pero que incluye una disposición especial para asegurar la colocación de la lechada. En lugar de tener solo un tubo o tubería de alimentación de canal único (4) como se muestra en la Figura 1, la modalidad contemplada con referencia a la Figura 4 tiene una tubería de alimentación que incluye una tubería de alimentación primaria (4) y una tubería de retorno de lechada (9) que se utiliza para garantizar que se instale una columna continua de lechada. El flujo positivo de lechada desde la parte superior de la tubería de retorno de lechada (9) demuestra que el mandril está lleno de lechada antes o durante las operaciones de extracción (elevación) del mandril.

Se muestra un método de uso con referencia a las Figuras 5A-5E, que muestra una secuencia de instalación con el mandril de base representado en la Figura 1. La Etapa A (Figura 5A) muestra la colocación de un montículo (10) del agregado en la superficie del suelo. La Etapa B (Figura 5B) muestra el desplazamiento de la unidad de mandril (1) a través del montículo (10) de agregado (para formar una carga inicial de agregado) y a la elevación de conducción final. Durante el proceso de desplazamiento, el agregado en la cámara inferior (3) forma un tapón (11) en el cuello de la tubería de alimentación (4) en la parte inferior del cabezal de manipulación (2). El mecanismo de válvula (7) que se muestra en la Figura 2 o los eslabones de cadena (8) que se muestran en la Figura 3 pueden usarse dentro del cabezal de manipulación (2) para facilitar el taponamiento. La etapa C (figura 5C) muestra la elevación de la unidad de mandril (1) en donde el tapón de agregado (11) o la carga inicial permanece en su lugar en la parte inferior del orificio (se entiende que la carga inicial también puede agregarse después de desplazar un cabezal de manipulación cerrado, tal como con una tapa de sacrificio que cubre la abertura inferior del cabezal de manipulación). La etapa D (Figura 5D) muestra el nuevo desplazamiento de la unidad de mandril (1) una o más veces para compactar el agregado en la parte inferior del orificio y para formar una base expandida (12). La lechada u hormigón (13) pueden bombearse a través de la tubería de alimentación como se muestra. La etapa E (Figura 5E) muestra la colocación de lechada u hormigón (13) desde el elemento hacia arriba desde la parte inferior mientras se retira el mandril. Cuando la tubería de retorno de lechada (9) como se muestra en la Figura 4 se usa junto con la Etapa E del proceso de desplazamiento, se determina la continuidad de la lechada dentro del eje del mandril si la lechada continúa fluyendo fuera de la tubería de retorno de lechada (9) durante la extracción. La columna de soporte terminada comprende una base expandida con una inclusión cementosa ubicada sobre la misma.

También puede usarse un método de uso alternativo con referencia a las Figuras 5A-5E. La Etapa A consiste en llenar la cámara inferior (3) del cabezal de manipulación (2) con hormigón. Esto puede lograrse desplazando el cabezal de manipulación (2) a través de un montículo (10) de hormigón como se muestra en la Figura 5A o bombeando hormigón a través del tubo de alimentación (4) mientras el cabezal de manipulación (2) descansa sobre la superficie del suelo. En este caso, la superficie del suelo sella el hormigón que fluye fuera de la parte inferior de la cámara inferior (3). Como se muestra en la Figura 5B, el cabezal de manipulación (2) se acciona para diseñar la elevación con el hormigón en la parte inferior del cabezal de manipulación (2) formando un tapón (11) en la parte inferior de la unidad de mandril (1). El mecanismo de válvula (7) mostrado en la Figura 2 o los eslabones de cadena (8) mostrados en la Figura 3 pueden usarse dentro del cabezal de manipulación (2) para facilitar el taponamiento. La Etapa C muestra la retracción (elevación) de la unidad (2) para permitir que el hormigón fluya fuera de la parte inferior del cabezal de manipulación (2). La Etapa D muestra la colocación de hormigón adicional (13) a través de la tubería de alimentación (4) y la bajada posterior o simultánea de la unidad de mandril (1) sobre el hormigón colocado previamente para forzar el hormigón hacia fuera formando así una base expandida (12). La Etapa E muestra la colocación simultánea de la lechada u hormigón (13) a través del tubo de alimentación (4) mientras se extrae la unidad de mandril (1) de la superficie del suelo. Esta técnica forma un pilar de base expandida compuesto de hormigón en la base expandida (12) y hormigón dentro del eje del pilar (o inclusión) en la parte superior de la base expandida (12).

Los beneficios del sistema contemplado en la presente descripción son la formación eficiente de una base expandida (12) que permite que la carga se transfiera a la parte inferior del pilar y la formación muy rápida y eficiente de la inclusión de lechada elevando rápidamente el mandril mientras se coloca lechada u hormigón (13). Mientras la secuencia del método de las Figuras 5A-5E representa el uso del mandril de base que se muestra en la Figura 1, se prevé que el método podría usarse principalmente con cualquiera de los mandriles mostrados en las Figuras 1-4.

Las Figuras 6A-6F muestran una secuencia de construcción alternativa donde las Etapas A a C (Figuras 6A-6C) son generalmente como se describió anteriormente con referencia a la carga inicial de agregado que está en la cámara inferior (ver Figuras 5A-5C). En la Etapa D (Figura 6D) de esta secuencia, la unidad de mandril (1) se baja para compactar el agregado y una tubería desechable secundaria (14) se inserta en la unidad de mandril (1) para descansar sobre la base

expandida (12). En la Etapa E (Figura 6E) se eleva la unidad de mandril (1) y se permite que el agregado adicional (15) llene el espacio anular entre la tubería desechable (14) y la pared lateral de la cavidad (16). Puede usarse una tolva (17) para colocar el agregado (15) dentro de la tubería de alimentación (4). El agregado (15) colocado en esta etapa no está compactado. En la Etapa F (Figura 6F) la tubería desechable (14) se usa luego como un conducto para colocar lechada en la inclusión al llenar los vacíos en el agregado suelto (15) alrededor de la tubería desechable (14). Típicamente, la tubería desechable (14) no se retira pero puede cortarse al nivel del suelo o justo por debajo del nivel del suelo y forma parte de la inclusión permanente. Adicionalmente, aunque las Figuras 6D-6F representan puertos de lechada representativos en el extremo inferior de la tubería desechable (14), se entiende que tales puertos u otras aberturas pueden ubicarse parcial o totalmente a lo largo de la longitud de la tubería desechable (14).

La Figura 7 ilustra una modalidad adicional de un mandril similar al mostrado en la Figura 1 pero que incluye un sistema cerrado para la colocación de hormigón, lechada, u otros materiales capaces de fluir. El mandril de esta modalidad incluye un tubo de alimentación externo (18) que entra en el tubo de alimentación del mandril (4) cerca de la parte superior del mandril para permitir el paso de un material fluido (19). El tubo de alimentación externo (18) se usa para bombear hormigón, lechada, u otros materiales fluidos en el tubo de alimentación primario (4). La parte superior del mandril se sella con una placa superior (21) haciendo de este un sistema cerrado. Opcionalmente puede instalarse un medidor de presión de aire (20) para medir la presión de aire interna dentro del mandril y permitir el uso de una válvula de liberación de presión (22) para facilitar la eliminación del exceso de presión interna durante el bombeo. El sistema de mandril de la Figura 7 puede usarse junto con las secuencias de construcción mostradas en las Figuras 5A-5E.

La Figura 8 ilustra aún otra modalidad del mandril similar a la mostrada en la Figura 7. En esta modalidad, una fuente de aire, tal como un compresor (24), puede usarse opcionalmente para aplicar presión de aire elevada al aire atrapado (23) dentro de la tubería de alimentación del mandril (4) para evacuar el hormigón (13) del mandril.

Los siguientes ejemplos ilustran aspectos adicionales de la invención.

#### Ejemplo I

Como ejemplo, se usó una modalidad del sistema de la presente invención para instalar una columna de soporte, también descrita en la presente descripción como un pilar de base expandida ("EBP"), en un sitio de prueba en Iowa. El sitio de prueba se caracterizó por 4 pies de arcilla magra arenosa cubierta por arena. Este programa de prueba se diseñó para comparar las características de carga frente a la desviación de esta modalidad del EBP con los pilares de referencia contruidos en elevaciones sucesivas, tal como un pilar construido por el método del mandril de desplazamiento por el cabezal de manipulación. Los pilares de referencia de este ejemplo tenían un diámetro nominal de 20 pulgadas y una longitud instalada de 23 pies. Un pilar de referencia se construyó de agregado solamente con un diámetro de 20 pulgadas. Otro pilar de referencia se construyó con un aditivo de lechada, comúnmente referido como pilar de lechada, con un diámetro de 14 pulgadas.

En esta modalidad de la invención, el EBP se formó al llenar el mandril extraíble (Figura 1) con una combinación de agregado graduado abierto y lechada fluida. El mandril tenía una cámara inferior (3) con un diámetro exterior de 14 pulgadas y una tubería de alimentación (4) con un diámetro exterior de 12 pulgadas. El mandril de esta modalidad se conectó en su extremo abierto (opuesto al cabezal de manipulación) a una tolva abierta para el llenado y se unió a un martillo de alta frecuencia que a menudo se asocia con las pilas de lámina de conducción. El martillo es capaz de proporcionar tanto fuerza hacia abajo como energía vibratoria. El mandril completo se avanzó a una profundidad de 23 pies debajo de la superficie del suelo. La unidad de mandril se elevó 3 pies y se bajó 3 pies un total de 3 veces para formar una base expandida inferior. Cada elevación y descenso del mandril se referencia como un "golpe". El mandril se elevó 3 pies, se bajó 2 pies y luego se extrajo lentamente a la superficie del suelo permitiendo colocar una columna de lechada y agregado en la cavidad creada durante la instalación del mandril. El EBP se construyó con un diámetro de base de 20 pulgadas, y un diámetro de eje de 14 pulgadas. Una vez que el mandril se extrajo por completo, se insertó una varilla de acero de refuerzo de 1 pulgada de diámetro a lo largo del EBP. Luego se vertió una tapa de hormigón sobre el EBP para facilitar la prueba de carga.

Los pilares de referencia y el EBP se probaron usando un gato hidráulico que empuja contra un bastidor de prueba. La Figura 9 muestra los resultados de la prueba de carga del EBP en comparación con los pilares de referencia. En la parte superior de la desviación del pilar de 0.5 pulgadas, el pilar de referencia con agregado soportaba una carga de aproximadamente 23,300 libras, el pilar de referencia con lechada soportaba una carga de aproximadamente 50,000 libras, y el EBP soportaba una carga de aproximadamente 70,300 libras. En la parte superior de la desviación del pilar de 1 pulgada, el pilar de referencia con agregado soportaba una carga de aproximadamente 38,800 libras, el pilar de referencia con lechada soportaba una carga de aproximadamente 62,700 libras, y el EBP soportaba una carga de aproximadamente 97,000 libras. La capacidad de carga del pilar construido de acuerdo con esta modalidad de la presente invención mostró una mejora de 2.5 a 3 veces en comparación con un pilar de referencia con agregado, y una mejora de 1.4 a 1.5 veces en comparación con un pilar de referencia con lechada. La diferencia en el comportamiento con respecto al pilar de lechada se debe a la formación de la base expandida inferior durante la construcción del EBP de acuerdo con la invención.

#### Ejemplo II

Como otro ejemplo, el sistema de otra modalidad de la presente invención se usó para instalar cinco elementos EBP en un sitio de prueba en Virginia. El sitio de prueba se caracterizó por arcilla dura. Antes de la instalación del EBP, se excavaron orificios de perforación de 30 pulgadas de diámetro a una profundidad de 8 pies debajo de la superficie del suelo. Los vacíos se rellenaron holgadamente con arena. Los elementos EBP de este ejemplo se formaron dentro de los orificios rellenos.

En esta modalidad de la invención, el EBP se formó llenando el mandril descrito en la Figura 7 con hormigón. El mandril de esta modalidad presentaba una configuración de "parte superior cerrada" en oposición a la "tolva abierta" como se describió con referencia al Ejemplo I. El mandril en esta modalidad se unió a un martillo similar como en la modalidad del Ejemplo I. El mandril completo se avanzó a una profundidad de 8 pies debajo de la superficie del suelo. El mandril se elevó 3 pies, y luego se bajó 2 pies durante tres repeticiones para crear la base expandida. Después se usó un proceso para elevar el mandril 3 pies, y luego bajar 1 pie para completar la longitud completa del pilar. Una vez que el hormigón se había curado, cada uno de los pilares se excavó y se midió el diámetro de la base del pilar y del eje.

La cámara inferior en esta modalidad tenía una dimensión exterior nominal de 12 pulgadas de diámetro. Los pilares excavados y medidos tenían un diámetro nominal promedio de 18 pulgadas. Las bases expandidas en las partes inferiores de los pilares excedieron las 24 pulgadas lo que demuestra la efectividad de esta técnica de construcción.

### Ejemplo III

Como otro ejemplo más, la modalidad de la presente invención del Ejemplo II se usó en un sitio en Washington, D.C. El sitio se caracterizó por 20 a 30 pies de arcilla blanda y arena arcillosa sustentada por arena densa o arcilla dura. La modalidad de la presente invención en el sitio se usó para soportar paredes y terraplenes de tierra mecánicamente estabilizada (MSE). El mandril usado para este proyecto fue similar al usado en el Ejemplo II. La cámara inferior en esta modalidad tenía una dimensión exterior nominal de 18 pulgadas de diámetro. En este ejemplo, se construyeron dos EBP completamente de hormigón y posteriormente se probaron con carga. En este ejemplo de la modalidad, los EBP se construyeron con una base expandida de 24 pulgadas de diámetro, y un eje de 18 pulgadas de diámetro.

En esta modalidad de la invención, el EBP se formó llenando el mandril (tal como en las Figuras 7 u 8) con hormigón. El mandril completo se avanzó a una profundidad de 26 pies por debajo de la superficie del suelo para el Pilar de Prueba 1 y a una profundidad de 36.5 pies por debajo de la superficie del suelo para el Pilar de Prueba 2. El mandril se elevó 4 pies, y luego bajó 3 pies. El proceso de levantar el mandril 4 pies, y luego bajar 3 pies se completó para un total de 4 ciclos en los pilares de prueba para crear una base expandida. Después de que se creó la base expandida, el mandril se extrajo a una tasa constante mientras se bombeaba hormigón en el mandril. Una vez que el hormigón se había curado, cada uno de los pilares se sometió a prueba de carga.

Las pruebas de carga se realizaron usando los métodos de prueba de carga Statnamic. La Figura 10 muestra los resultados de la prueba de carga en el Pilar de Prueba 1 (26 pies por debajo la superficie del suelo) y la Figura 11 muestra los resultados de la prueba de carga en el Pilar de Prueba 2 (36.5 pies por debajo de la superficie del suelo - dos ciclos de carga de prueba en este pilar de prueba). Tanto el Pilar de Prueba 1 como el Pilar de Prueba 2 soportaron una carga de prueba de aproximadamente 425 kips a 1 pulgada de la parte superior de la desviación del pilar, con una carga máxima soportada de aproximadamente 575 kips.

La descripción detallada de la invención anterior de las modalidades se refiere a los dibujos acompañantes, que ilustran modalidades específicas de la invención. El término "la invención" o similar se usa con referencia a ciertos ejemplos específicos de los muchos aspectos alternativos o modalidades de la invención del solicitante expuestos en esta especificación, y ni su uso ni su ausencia se destinan a limitar el alcance de la invención del solicitante o el alcance de las reivindicaciones. Esta descripción se divide en secciones solamente para la conveniencia del lector. Los títulos no deben interpretarse como limitativos del alcance de la invención. Las definiciones pretenden ser parte de la descripción de la invención. Se entenderá que pueden modificarse varios detalles de la invención sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

Reivindicaciones

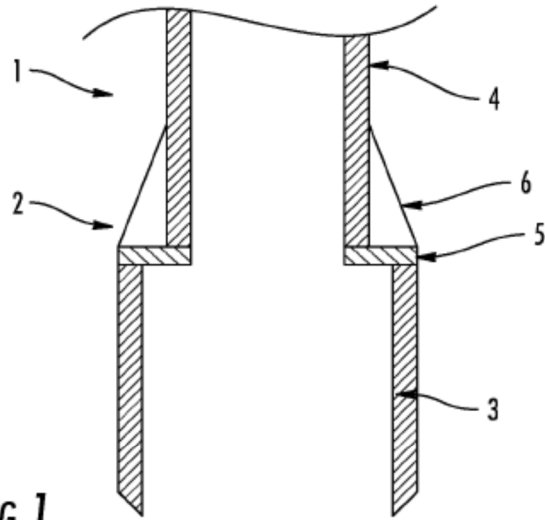
1. Un sistema para construir una columna de soporte, que comprende:
  - (a) un mandril (1) que tiene una porción superior y un cabezal de manipulación (2), y un tubo de alimentación (4) que se extiende a través del mismo para alimentar agregados, hormigón, lechada, u otros materiales fluidos a través del mandril al cabezal de manipulación;
  - (b) el cabezal de manipulación define una cámara alargada inferior (3) que tiene una superficie reductora (5) en una porción superior del mismo para compactar agregado u hormigón y para restringir el flujo hacia arriba de agregado u hormigón en el mandril durante la compactación y el cabezal de manipulación es de tamaño suficiente para proporcionar una región cerrada para permitir que se coloque material cementoso en su interior; el sistema se caracteriza porque comprende
  - (c) una tapa de cierre (21) en un extremo del tubo de alimentación opuesto al cabezal de manipulación, un tubo de suministro de hormigón (18) conectado al tubo de alimentación, y una fuente de presión de aire (24) conectada al tubo de alimentación para evacuar hormigón desde el tubo de alimentación a través de la presión de aire suministrada al mismo.
2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un mecanismo de válvula (7) que puede moverse entre una posición abierta y una posición cerrada para cerrar el tubo de alimentación de la comunicación con el cabezal de manipulación durante las operaciones de apisonamiento.
3. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además elementos de refuerzo (6) asegurados entre la superficie reductora y el mandril para proporcionar soporte de carga durante las operaciones de apisonamiento.
4. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además cadenas (8) unidas dentro del interior del cabezal de manipulación para restringir el flujo hacia arriba de material en el tubo de alimentación durante el movimiento hacia abajo del mandril.
5. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además muescas dentro del interior del cabezal de manipulación, para restringir el flujo hacia arriba de material en el tubo de alimentación durante el movimiento hacia abajo del mandril.
6. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un segundo tubo (9) que se extiende a través del mandril en el lado del tubo de alimentación para permitir que el material cementoso fluya hacia arriba a través del segundo tubo para la inspección del material cementoso durante el bombeo o que comprende además una tolva ubicada en la parte superior del mandril para alimentar el agregado en el tubo de alimentación del mandril.
7. Un método para construir una columna de soporte que comprende el uso de una unidad de mandril (1) que tiene un tubo de alimentación (4) conectado a un cabezal de manipulación (2) en una abertura del mismo para permitir que el agregado, hormigón, lechada, u otro material fluido fluya hacia el cabezal de manipulación, el método que comprende:
  - (a) proporcionar el cabezal de manipulación de una forma con una cámara alargada inferior (3) que tiene una superficie reductora (5) en una porción superior del mismo para compactar y restringir el flujo hacia arriba de material en el tubo de alimentación durante el apisonamiento, el cabezal de manipulación de tamaño adicional para proporcionar una región cerrada para permitir que se ubique material cementoso en el mismo;
  - (b) proporcionar una tapa de cierre (21) en un extremo del tubo de alimentación opuesto al cabezal de manipulación y un tubo de suministro de hormigón conectado al tubo de alimentación, y una fuente de presión de aire (24) conectada al tubo de alimentación para evacuar el hormigón del tubo de alimentación a través de la presión de aire suministrada al mismo;
  - (c) conducir la unidad de mandril a una superficie de suelo a una profundidad dada formando así una cavidad;
  - (d) levantar la unidad de mandril para liberar una carga inicial de agregado u hormigón del cabezal de manipulación en la parte inferior de la cavidad;
  - (e) volver a conducir la unidad de mandril para compactar el agregado u hormigón en la parte inferior de la cavidad y formar una base expandida, la base expandida tiene un ancho mayor que el cabezal de manipulación; y
  - (f) retirar la unidad de mandril mientras alimenta continuamente material cementoso o agregado para tratarse posteriormente total o parcialmente con lechada a través del tubo de alimentación, formando así una inclusión cementosa al menos parcialmente dentro de la cavidad, la inclusión cementosa tiene un ancho de la cavidad y se forma sobre la base expandida.
8. El método de la reivindicación 7, en donde el cabezal de manipulación se llena con la carga inicial de agregado u hormigón antes del desplazamiento.
9. El método de la reivindicación 7, en donde el material cementoso es uno seleccionado del grupo que consiste en hormigón, lechada, o agregado que se trata posteriormente total o parcialmente con lechada.
10. El método de la reivindicación 7, que comprende además proporcionar un mecanismo de válvula (7) movable entre una posición abierta y una posición cerrada en la abertura entre el tubo de alimentación y el cabezal de



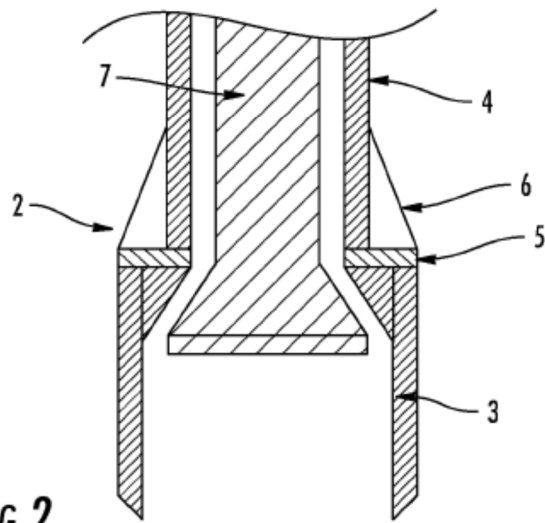
manipulación, para restringir el paso del flujo al cabezal de manipulación, y mover el elemento de cierre a una posición abierta para introducir material cementoso en el cabezal de manipulación, y en una posición cerrada durante la compactación hacia abajo.

- 5 11. El método de la reivindicación 7, que comprende además introducir material cementoso en la región cerrada.
12. El método de la reivindicación 7, que comprende además introducir una tubería (14) a través del tubo de alimentación y el cabezal de manipulación después de la formación de la base expandida, colocar agregado durante la etapa de extracción para rodear parcialmente la tubería, e introducir material cementoso en la tubería después de la colocación del agregado para tratar el agregado.
- 10
13. El método de la reivindicación 7, que comprende además cadenas (8) unidas dentro del interior del cabezal de manipulación para restringir el flujo hacia arriba de material en el tubo de alimentación durante el movimiento hacia abajo del mandril.
- 15
14. El método de la reivindicación 7, que comprende además muescas dentro del interior del cabezal de manipulación para restringir el flujo hacia arriba de material en el tubo de alimentación durante el movimiento hacia abajo del mandril.
- 20
15. El método de la reivindicación 7, que comprende además proporcionar el mandril con un segundo tubo (9) adyacente al tubo de alimentación para permitir la inspección de material cementoso durante el bombeo o que comprende además una tolva ubicada en la parte superior del mandril para alimentar el agregado en el tubo de alimentación del mandril.

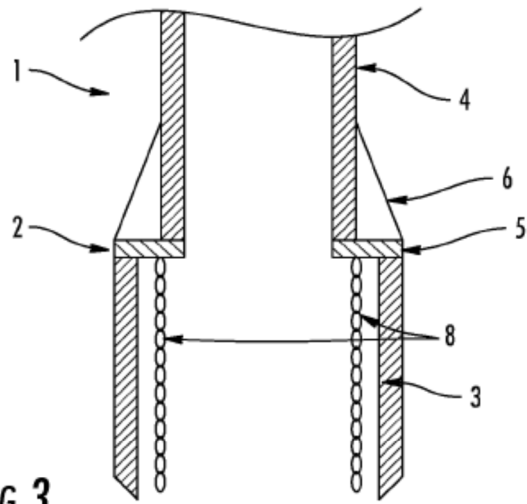
25



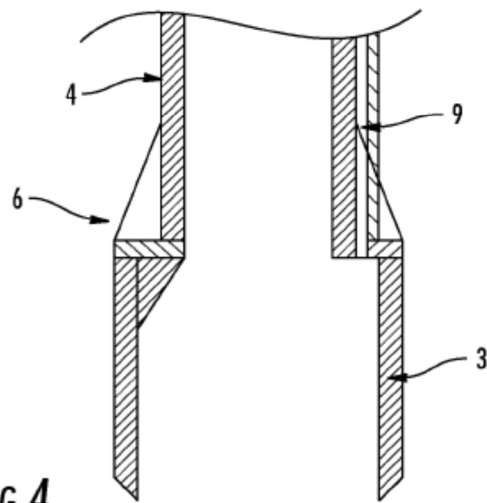
**FIG. 1**



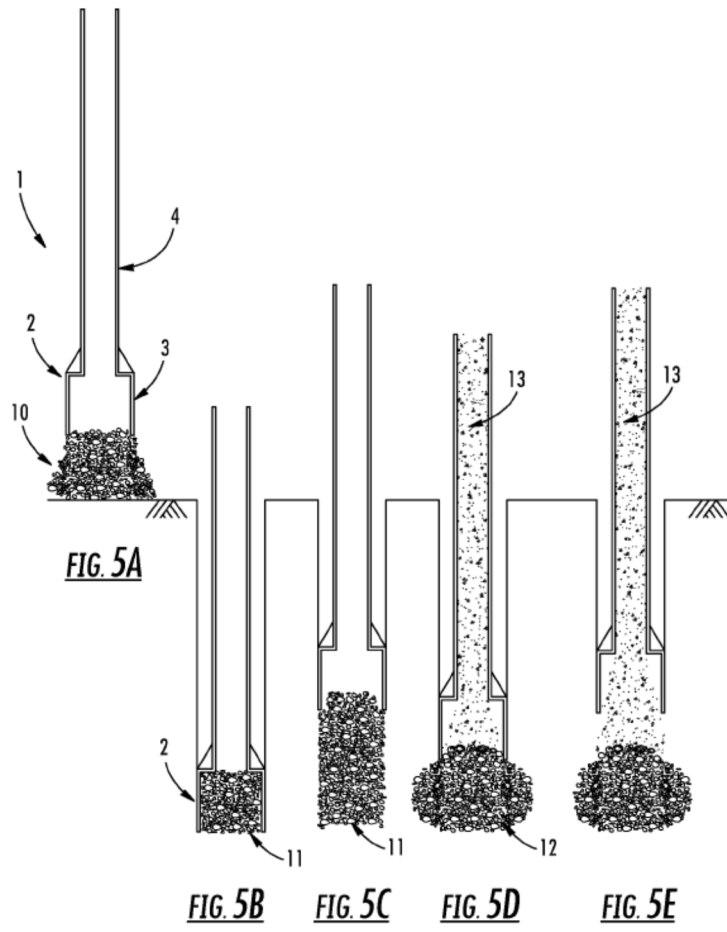
**FIG. 2**

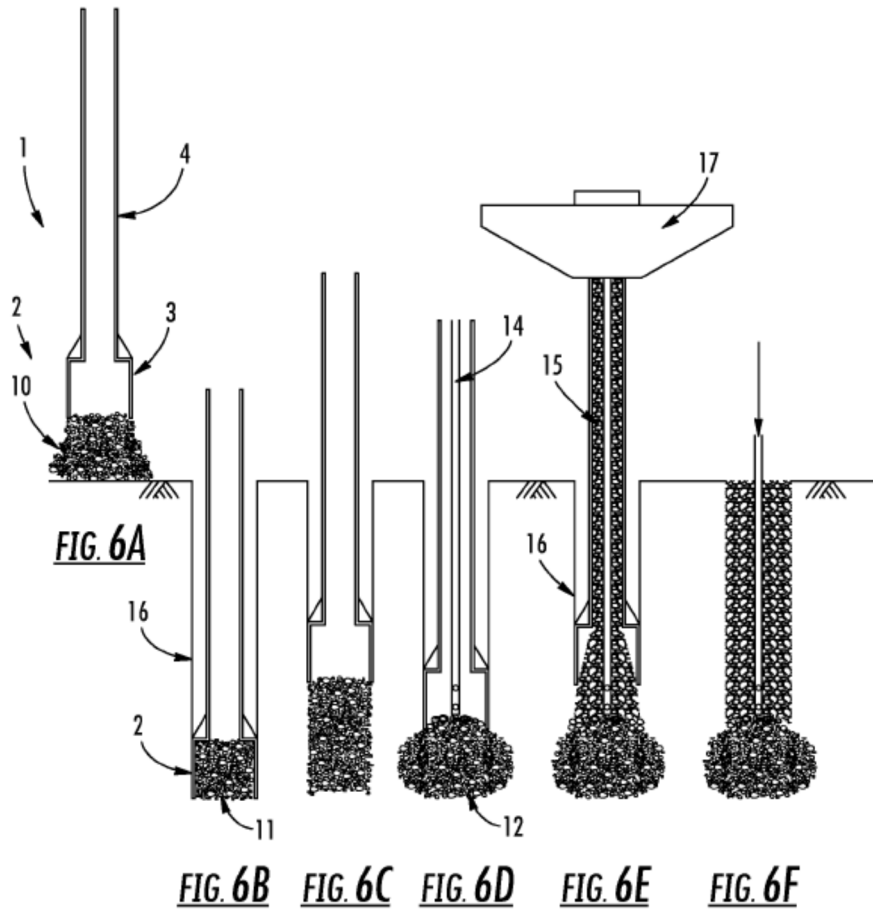


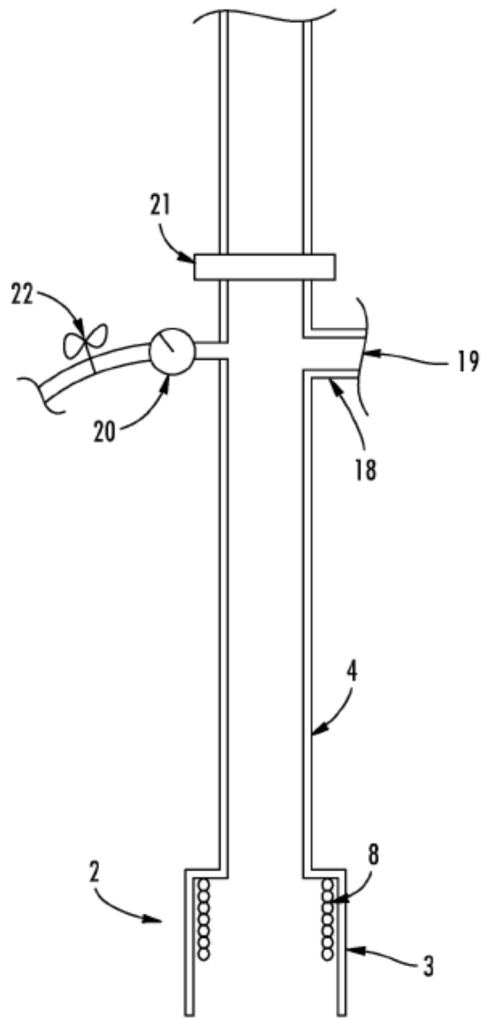
**FIG. 3**



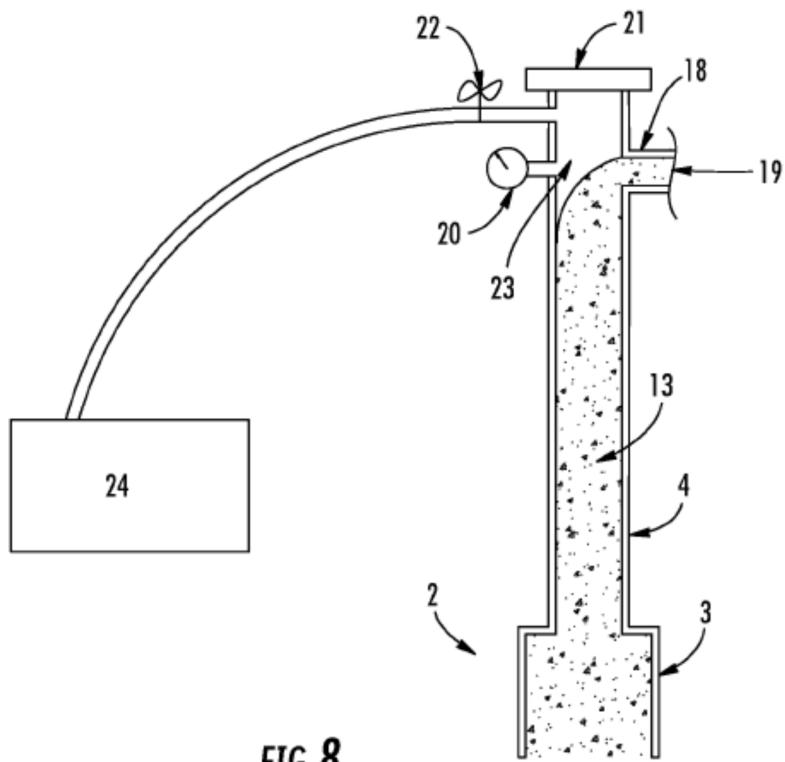
**FIG. 4**







**FIG. 7**



**FIG. 8**

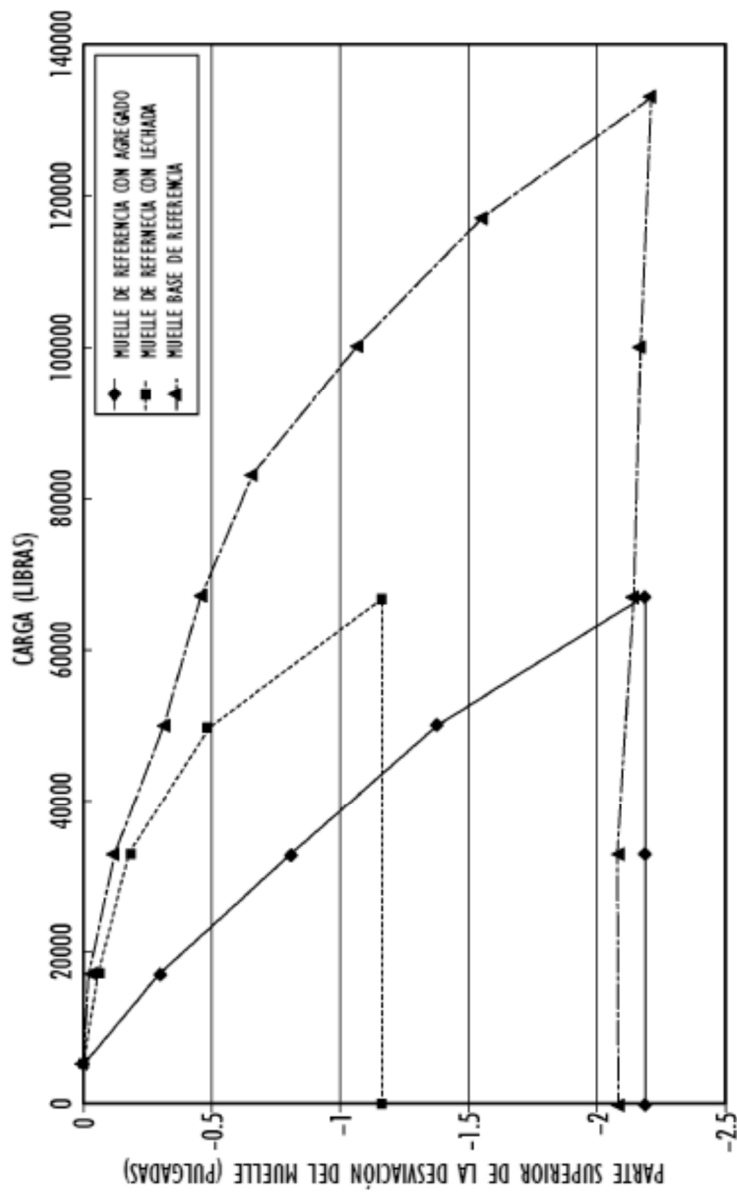
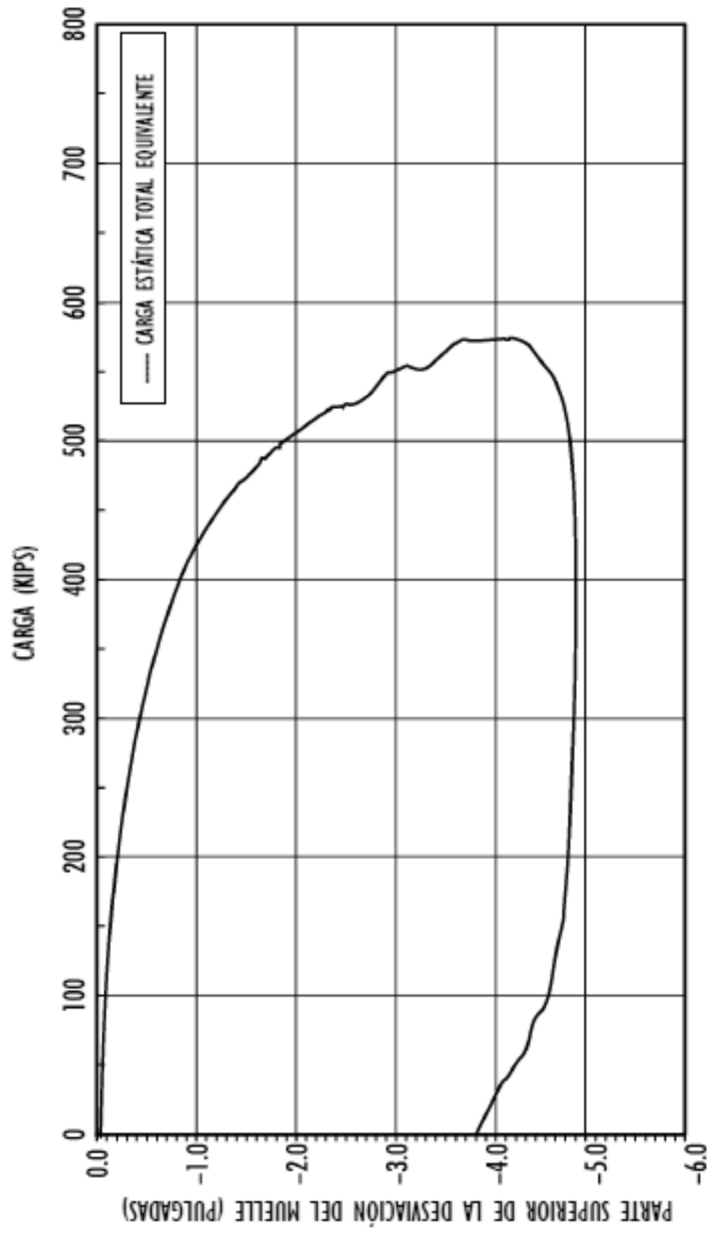


FIG. 9





**FIG. 10**

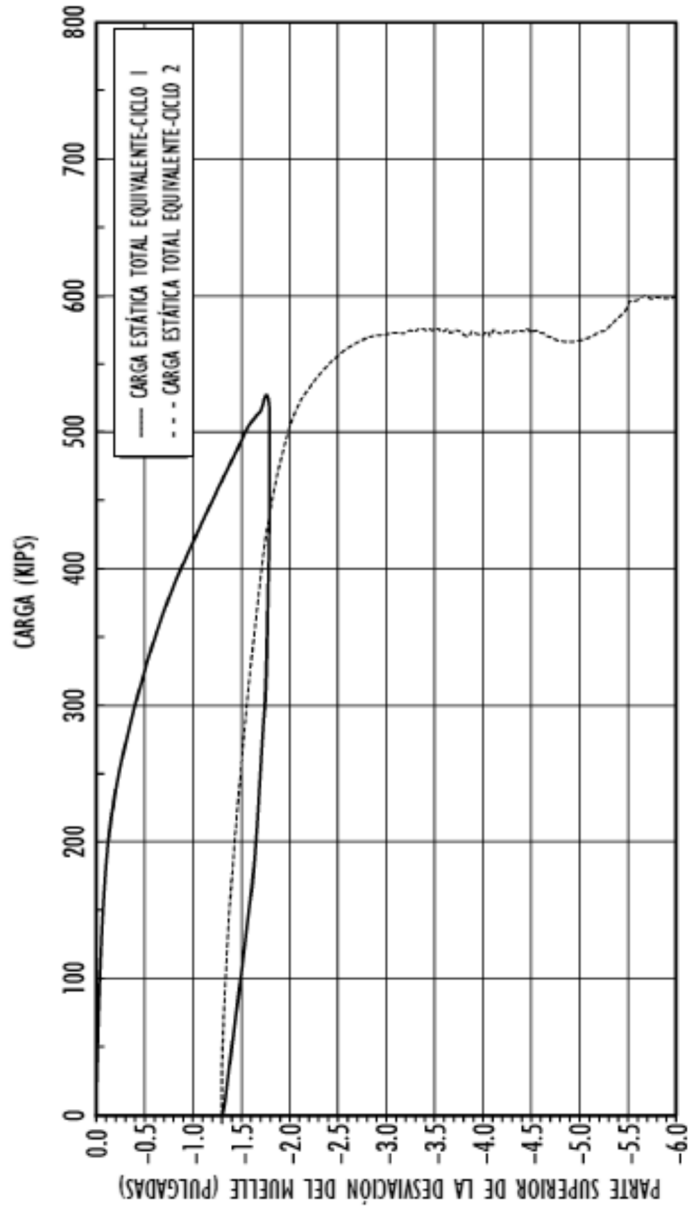


FIG. 11