



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 279 991**

51 Int. Cl.:  
**E02D 3/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04007024 .5**

86 Fecha de presentación : **19.08.1998**

87 Número de publicación de la solicitud: **1431463**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2004**

54 Título: **Tratamiento de terrenos.**

30 Prioridad: **20.08.1997 GB 9717571**  
**23.12.1997 GB 9727003**  
**13.06.1998 GB 9812730**  
**13.06.1998 GB 9812732**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.09.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.09.2007**

73 Titular/es: **Roxbury Limited**  
**28 Irish Town**  
**Gibraltar, GI**

72 Inventor/es: **Bullivant, Roger Alfred**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 279 991 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).

# ES 2 279 991 T3

## DESCRIPCIÓN

Tratamiento de terrenos.

5 El presente invento se refiere al tratamiento del terreno y, en particular, aunque no exclusivamente, a la compactación del terreno tal como la de emplazamientos industriales abandonados, como preparación para edificar en ellos.

10 En el documento EP-0299118-A1 se describen un método y un dispositivo para compactar el suelo. El terreno se compacta dejando caer para ello un peso sobre la superficie superior del terreno. Con objeto de transferir de un modo efectivo la energía al terreno, el peso que se deja caer se guía con respecto a medios de guiado. El invento de la EP-0299118-A1 tiene como objeto proporcionar un método diferente para compactar el terreno, de modo que se mejore el resultado de los golpes de compactación. Para este fin, de acuerdo con ese invento, el peso que cae es guiado con relación a medios de guiado anclados al terreno. El resultado de este guiado es que el peso que se deja caer repetidamente llega al terreno en el mismo lugar y en la misma posición. Los golpes de compactación que van dirigidos sustancialmente en la misma dirección producen un buen efecto en profundidad, incluso en el caso de que el peso que cae se suelte de su guía mientras está todavía por encima del terreno.

15 En el documento US-5249892-A se describen un método y un aparato para producir pilastras de áridos cortas *in situ* en el terreno, incluyendo los pasos de formar una cavidad en el terreno, compactar el suelo en las proximidades de una parte inferior de la cavidad para pretensar y densificar el suelo por debajo de la cavidad, añadir una capa de áridos sueltos para llenar parcialmente la cavidad, compactar la capa de áridos sueltos con un accesorio adaptado para reducir la altura de la capa y adaptado para pretensar y densificar el suelo lateralmente, forzando para ello a que algo de los áridos entre lateralmente por los lados de la cavidad y agrandando también con ello la cavidad en las proximidades de la capa, y repetir los pasos de añadir áridos y compactar los áridos hasta que la cavidad esté sustancialmente llena por completo de áridos compactados, o bien esté llena hasta la altura deseada. La pilastra resultante tiene una superficie exterior abultada, ondulada, que es más capaz de ser soportada por el suelo pretensado que la rodea.

20 El documento US-3138078-A se refiere a un proceso y un aparato para construir estructuras de carretera. El aparato comprende un conjunto de discos de golpear que incluye un disco de hierro grueso de un área sustancial, y un bloque de hierro cónico invertido, fijado centradamente al disco en su cara inferior. Se coloca sobre el terreno el conjunto de disco de golpear con el extremo de la punta del bloque cónico introducido en el terreno en una cierta extensión. Se suelta entonces un peso, y el peso dejado caer incide y golpea en el conjunto de disco. Se repite la operación de golpear hasta que el bloque cónico se haya introducido totalmente en el terreno. Se eleva entonces el conjunto de disco, dejando formado en el terreno un agujero cónico invertido.

25 El invento proporciona un método de compactación del terreno, en el cual se deja caer sobre el terreno un dispositivo contrapesado de compactación del terreno, para producir la compactación del terreno, teniendo el dispositivo un morro relativamente estrecho que proporciona, en uso, el punto de primer contacto con el terreno, y ensanchándose el dispositivo hacia fuera del morro, hasta un hombro que se proyecta hacia fuera desde el dispositivo y que está espaciado del morro a una distancia (L), estando dispuestos el morro y el hombro de modo que el morro se empotrará en el terreno sin que el hombro llegue al terreno, si se compacta el terreno hasta o por encima de un grado predeterminado cuando se deja caer el dispositivo desde una altura predeterminada, y en el que se vigila el grado de compactación dejando caer para ello el citado dispositivo a una velocidad predeterminada sobre el terreno compactado, y anotando la profundidad a la que queda empotrado el dispositivo.

30 Características no esenciales de este aspecto del invento se exponen en las reivindicaciones subordinadas 2 a 6, a las cuales deberá hacerse ahora referencia.

35 El invento proporciona también un dispositivo para tratamiento del terreno, estando el dispositivo contrapesado para efectuar el tratamiento del terreno dejando caer para ello el dispositivo sobre el terreno, y teniendo el dispositivo un morro relativamente estrecho que, en uso, proporciona el punto de primer contacto con el terreno, y ensanchándose el dispositivo hacia fuera del morro, hasta un hombro que se proyecta hacia fuera desde el dispositivo y que está espaciado del morro a una distancia (L), y teniendo el dispositivo medios por los cuales puede colgar de un cable, para permitir que el dispositivo sea elevado y luego dejado caer, estando dispuestos el morro y el hombro de modo que el morro se empotrará en el terreno sin que el hombro llegue al terreno si se compacta el terreno hasta o por encima de un grado predeterminado, cuando se deje caer el dispositivo desde una altura predeterminada.

40 Características no esenciales de este aspecto del invento se exponen en las reivindicaciones subordinadas 8 a 13, a las cuales deberá hacerse ahora referencia.

45 El invento proporciona también un método para formar un soporte calibrado dentro del terreno, en el que se forma primero en el terreno un pilar de material en partículas, se deja caer sobre el pilar un dispositivo para tratamiento del terreno de acuerdo con el segundo aspecto del invento, para crear un hueco en la parte superior del mismo, teniendo el dispositivo un morro relativamente estrecho que, en uso, proporciona el punto de primer contacto con el terreno, y ensanchándose hacia fuera del morro, y en el que el vacío se llena con material de soporte.

50 Características no esenciales de este aspecto del invento se exponen en las reivindicaciones subordinadas 15 a 17, a las cuales deberá hacerse ahora referencia.

## ES 2 279 991 T3

A continuación se describirán con más detalle ejemplos del presente invento, únicamente a modo de ejemplos, y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

5 La Fig. 1 es una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo para tratamiento del terreno para uso en un método de acuerdo con el invento;

Las Figs. 2a a 2e son vistas en corte vertical esquemáticas a través del terreno, mostrando la secuencia de operaciones cuando se usa el dispositivo de la Fig. 1 para compactación del terreno en un método de acuerdo con el invento;

10

La Fig. 3 es una vista en corte vertical esquemática a través de una columna a ser tratada adicionalmente;

La Fig. 4 representa la columna de la Fig. 3 después del tratamiento adicional;

15

La Fig. 5 es una vista en corte vertical esquemática a través de un pilote formado usando el dispositivo de la Fig. 1;

La Fig. 6 es una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo para tratamiento del terreno alternativo;

20

La Fig. 7 es una vista en corte vertical esquemática a través de la línea central del dispositivo de la Fig. 6;

La Fig. 8 es una vista en planta esquemática del dispositivo de la Fig. 6;

25

Las Figs. 9a y 9b son, respectivamente una vista lateral y una vista por debajo de una placa para planchar, para uso después de la compactación del terreno, de acuerdo con el presente invento;

Las Figs. 10a y 10b representan placas para planchar alternativas y se corresponden, por lo demás, con las Figs. 9a y 9b. Las Figs. 11a y 11b representan otras placas alternativas que son en sí mismas de acuerdo con el presente invento; y

30

La Fig. 12 es una vista en alzado lateral esquemática de un dispositivo de acuerdo con el presente invento.

En la Fig. 1 se ha representado un dispositivo 10 para tratamiento del terreno que está contrapesado, como se describirá, para producir tratamiento del terreno dejando caer para ello el dispositivo sobre el terreno. El dispositivo 35 tiene un morro 12 relativamente estrecho, el cual proporciona, en uso, el punto de primer contacto con el terreno. El dispositivo se ensancha hacia fuera desde el morro 12, sobre una parte 14.

Expuesto con más detalle, el dispositivo 10 tiene una disposición de horquilla 16, por medio de la cual se puede colgar de un cable 18 para permitir que el dispositivo sea elevado con una grúa y luego dejado caer sobre el terreno. 40 Por debajo de la horquilla 16 hay dispuesto un disco 20 relativamente ancho, en general horizontalmente, para formar un hombro 22 alrededor de sustancialmente toda la periferia del dispositivo 10. Por debajo del hombro 22, una parte en general tronco cónica 14 se estrecha desde el hombro 22 hacia el morro 12. En el morro 12, una punta aguzada 24 proporciona el punto de primer impacto con el terreno, y será siempre la que esté más baja en el dispositivo, en virtud de la posición de la horquilla 16.

45

Aunque se ha descrito como tronco cónica, puede verse que la parte 14 tiene facetas. Sin embargo, se podrían elegir otras formas. El disco 20 podría haberse hecho también con formas distintas a la circular y, en algunas situaciones, puede no necesitar ser continuo alrededor de la periferia del dispositivo. Sin embargo, es importante que el morro 12 sea relativamente estrecho, en comparación con el resto del dispositivo. Esto hará que el dispositivo se empotre en el 50 terreno cuando se deje caer, como se describirá.

Se selecciona la separación de la punta 24 por debajo del hombro 22 para calibrar el dispositivo 10, estableciendo para ello la profundidad máxima a la que se puede empotrar el dispositivo antes de que el hombro 22 se aplique al terreno e impida que el dispositivo se empotre más, o bien que quede enterrado. Se puede aumentar el diámetro del disco 20 tanto como se considere deseable, para asegurar que el dispositivo no quede enterrado, pero es importante que la longitud l permanezca establecida, para calibrar el dispositivo como se describirá.

A continuación se describirá con más detalle un método para compactación del terreno usando para ello el dispositivo de la Fig. 1, y con referencia a las Figs. 2a a 2e.

60

En la Fig. 2a se ha ilustrado el terreno 30 después de la preparación inicial (si se requiere) mediante la provisión de pilares 32 de piedra o de otro material particular. Los pilares 32 proporcionan un colector para que el agua salga del terreno 30, ó bien para que por dentro de los cuales pueda surgir el agua bajo la influencia de las fuerzas de compactación. Los pilares pueden ser instalados varios días antes de que se inicie la compactación, para permitir que el agua drene hacia fuera, secando así el terreno entre pilares. En otros tipos de terreno, en particular en los terrenos con base de arcilla, el agua puede permanecer dentro del terreno hasta que se inicie la compresión, pero será entonces obligada a entrar en los pilares 32 por la acción de la compactación. La provisión de una ruta de escape para esa agua contribuye a evitar que el material con base de arcilla se rompa, aliviando para ello la presión en los poros que se 65

## ES 2 279 991 T3

acumula dentro de la arcilla como resultado de la compactación. La naturaleza tixotrópica de los materiales de arcilla puede hacer que los mismos se rompan dentro de las capas similares a placas, bajo la acción de la compactación, moviéndose esas capas a través cada una de otra sin que tenga lugar compactación alguna, pero se ha comprobado que si el agua puede salir de la arcilla, es menos probable que se produzca ese tipo de rotura. Cuando el terreno que  
5 esté siendo comprimido sea de naturaleza más granular, tal como lo es un suelo arenoso, es menos probable que el contenido de agua interfiera con la compactación, en cuyo caso puede no ser necesario proporcionar pilares 32 como un paso preliminar.

En la Fig. 2b se ha indicado el principio de la operación de compactación. Se deja caer el dispositivo 10, preferible-  
10 mente repetidamente, y probablemente por medio de una grúa, sobre el terreno entre pilares adyacentes 32. Al hacer impacto la punta 24 sobre el terreno 30, el dispositivo 10 se empotrará en el terreno, como se ha indicado mediante el contorno dibujado en línea de trazos. La naturaleza cónica o aproximadamente cónica del dispositivo, además de hacer que se empotre el dispositivo, proporcionará fuerzas de compactación en general en las direcciones indicadas por las flechas 34 en la Fig. 2b. El gran peso y la elevada altura de caída, pero la pequeña área (punta) garantizan una  
15 gran penetración de las fuerzas de compactación, pero no agujeros profundos. En particular, se pueden elegir el peso y el tamaño del dispositivo, para hacer que el dispositivo venza fácilmente al coeficiente de restitución del terreno (una medida de su elasticidad). En particular, usando un peso pesado y una gran altura de caída, se comunica en cada caída una gran cantidad de energía, pero ésta se concentra en una pequeña área, proporcionando así una compactación de alto rendimiento.

20 Inicialmente el terreno puede ser blando y el dispositivo 10 puede empotrarse profundamente pero impidiéndose que quede enterrado, mediante el hombro 22.

Será fácil de comprender por los expertos en la técnica que la forma aguzada del dispositivo 10 permite que el  
25 impacto contra el terreno tenga lugar con una producción mucho menos violenta de nubes de polvo y de residuos que en el caso de un dispositivo de compactación de placa plana usual, o bola para demolición, incluso aunque la energía entregada sea mayor. La punta aguzada evita la vibración del terreno, y es en general silenciosa. Sin embargo, se puede comunicar al terreno más energía, siendo ésta regulada por el peso del dispositivo 10 y por la altura desde la cual se deja éste caer, pero la energía se dirige más profundamente al interior del terreno, como lo indican las flechas 34.

30 En la Fig. 2c se ha indicado la posición después de haberse dejado caer el dispositivo 10 y de haber sido luego retirado del terreno 20. Se ha formado una depresión 36, y un se ha formado un arco 38 de terreno compactado entre los pilares 32.

35 Se puede dejar caer el dispositivo 10 repetidamente dentro de la depresión 36, aumentando más la compactación del terreno, hasta que el operador llegue a determinar que se ha conseguido un grado adecuado de compactación. En esta etapa, la determinación se conseguirá por juicio y por experiencia, pero a diferencia de la situación con un dispositivo de compactación con placa plana usual, el operador tiene la ayuda de la forma del dispositivo 10 y de la presencia del hombro 22. La profundidad hasta la cual penetre el dispositivo 10 (y en particular la indicación de si  
40 el hombro 22 llega o no hasta el terreno) proporcionan al operador una clara indicación visual acerca de cómo va progresando la compactación.

En esta etapa, se puede llevar a cabo una prueba informal dejando caer para ello el dispositivo 10 desde una  
45 altura predeterminada, comunicando con ello al terreno que está debajo una cantidad de energía predeterminada. Calibrando apropiadamente el dispositivo 10 mediante la elección del peso, de la altura predeterminada y de la longitud l desde la parte superior 24 hasta el hombro 22, el dispositivo 10 se empotrará hasta el hombro 22 si el grado de compactación es igual o menor que un grado predeterminado. Si ese grado predeterminado e inicial de compactación se ha conseguido o se ha excedido, el hombro 22 llegará justamente hasta el terreno, o bien se detendrá a corta distancia del terreno. Por consiguiente, si el dispositivo 10 se empotra con el 22 espaciado por encima del terreno 30 cuando se  
50 deja caer desde la altura predeterminado, el operador puede confiar en que el terreno ha alcanzado el grado deseado de compactación.

Sin embargo, es deseable que sea efectuada una prueba más formal después de haber sido acabado el terreno, como se ha indicado en la Fig. 2d. Para conseguir ese estado, se perturba primero la superficie del terreno por encima de un  
55 nivel 40, indicado en la Fig. 2c, preferiblemente por medio de una aplicación de rodillo, tal como de un rodillo dentado, de un rodillo de pata de cabra o de un rodillo de pata lisa, para romper la superficie y permitir que luego sea nivelada, rellenándose así las depresiones 36 y las partes superiores de los pilares 32. Después de esa aplicación de rodillo y del relleno, se consigue una superficie nivelada 42. Se puede entonces efectuar una prueba final del grado de compactación, dejando caer el dispositivo 10 desde una altura predeterminada h (Fig. 2e), la cual sería cuidadosamente medido en  
60 esta ocasión para asegurar que la velocidad a la cual choca el dispositivo 10 con el terreno, y por lo tanto la energía comunicada por el impacto, es conocida con exactitud. El terreno se identifica sin ambigüedad como debidamente compactado si el resultado es que queda el dispositivo 10 empotrado en el terreno 30 pero con el hombro 22 espaciado por encima del terreno.

65 Aunque cada dispositivo 10 tendrá una altura predeterminada para la prueba, tal como de 4 m, podría usarse éste para compactación desde cualquier altura, en particular desde una altura mayor para conseguir una compactación más rápidamente, tal como de 7 m.

## ES 2 279 991 T3

Se apreciará fácilmente que los dispositivos 10 pueden ser calibrados para medir los diferentes grados de compactación, ya sea simplemente variando la altura  $h$  desde la cual se dejan caer, o ya sea variando el peso y/o la longitud  $l$  del dispositivo 10. El grado de conicidad en la parte 14 puede también afectar a la compactación. No obstante, como se ha dicho, una vez calibrado el dispositivo proporciona una oportunidad continua para que el operador vigile la compactación, mientras está siendo efectuada la compactación, y permite además al operador usar el mismo dispositivo, grúa y personal, para llevar a cabo la prueba de compactación sobre el terreno y fácilmente, con la vista. No se requiere un delicado equipo de prueba, tal como anteriormente había sido propuesto, ni un complejo análisis de los resultados de la prueba.

El peso del dispositivo será preferiblemente grande, tal como de al menos 2.500 Kg, y preferiblemente de 4.000 Kg. o más. (Se han contemplado dispositivos que pesan hasta 15.000 Kg o más). En un ejemplo, las dimensiones del dispositivo podrían ser aproximadamente las siguientes:

Diámetro del morro 12: entre 350 mm y 700 mm

Anchura de la parte 14 en el hombro 22: entre 75 mm y 1-5 m

Peso: 2,5 toneladas a 15 toneladas

Altura de caída para la compactación: 4 m a 15 m

Se espera que un dispositivo de esas dimensiones sea capaz de compactar el suelo con un grado de compactación capaz de soportar al menos  $10 \text{ T/m}^2$ , y superar luego la prueba de una compactación adecuada. El dispositivo puede ser usado para comunicar energía de hasta 100 TM, o más, por caída.

El gran peso del dispositivo 10, cuando se usa para la prueba, permite mejor que las disposiciones garanticen la consistencia en posiciones distribuidas a través de una gran área que esté siendo tratada.

El dispositivo 10 para tratamiento del terreno puede usarse de otras formas, como se ha ilustrado en las Figs. 3 a 8.

La Fig. 3 es una vista en corte a través de un pilar 50 similar a los pilares 32, pero representado a una escala ampliada. El pilar ha sido formado creando para ello un agujero vertical 52 en el terreno, y rellenándolo con material en partículas, tal como de piedra. La finalidad del pilar 50 puede ser, principalmente, para drenaje y reducción de la emergencia de aguas, como se ha descrito en lo que antecede. No obstante, el dispositivo 10 permite usar el pilar 50 para ayudar a soportar un edificio que haya de ser construido por encima del terreno. Si se deja caer el dispositivo 10 sobre el pilar 50, como se ha indicado en la Fig. 3, se creará un espacio vacío 54 en la parte superior del pilar 50, si la altura de caída del dispositivo 10 es suficientemente elevada. El espacio vacío 54 se rellena después con hormigón 56, juntamente con otro refuerzo o con pernos para retener una edificación sobre sus cimientos, como se ha indicado en la Fig. 4. Puede entonces formarse una losa de cimentación 58, tal como una losa de cimentación de hormigón, sobre el pilar 50, para que sea soportada por el hormigón 56 y el pilar 50.

En una disposición alternativa, ilustrada en la Fig. 5, el terreno compactado 60 (compactado de acuerdo con la técnica descrita en lo que antecede, o de otro modo) puede ser perforado en 62, dejando caer para ello el dispositivo 10 para que forme un espacio vacío 64. Puesto que el terreno 60 ha sido ya compactado, sería usualmente necesario dejar caer el dispositivo 10 desde una altura mayor que la altura de prueba, con objeto de conseguir un espacio vacío 64 adecuadamente grande. Después de formar el espacio vacío 64, se puede hilar un pilote 66 a través del espacio vacío 64 en el terreno que esté debajo. El espacio vacío 64 puede ser rellenado de hormigón, tal como de hormigón de una mezcla pobre, o de piedra, para formar una cabeza de seta, de forma en general cónica, en la parte superior del pilote compuesto así formado. Si se instala después una losa de hormigón sobre el pilote, esa cabeza de seta contribuye a proteger la losa contra el efecto de las fuerzas de cizalladura. La cabeza de seta formada en esa disposición, y la disposición ilustrada en la Fig. 4, contribuyen también a que queden satisfechos los dos requisitos, el de soporte de la carga y el de resistencia al momento de flexión, cuyo cumplimiento se exige en este tipo de aplicación.

En las disposiciones de las Figs. 4 y 5, la cabeza de seta podría estar formada de piedra o de hormigón. En la Fig. 5, el pilote podría ser hincado mientras el hormigón de la cabeza de seta estuviese todavía fresco.

En la Fig. 6 se ha representado otro ejemplo de un dispositivo para tratamiento del terreno, contrapesado para producir el tratamiento del terreno dejando caer para ello el dispositivo sobre el terreno. El dispositivo 110 tiene un morro relativamente estrecho 112 que proporciona, en uso, el punto de primer contacto con el terreno. El dispositivo se ensancha hacia fuera desde el morro 112, hacia una parte 114, y luego a una placa 116.

Expuesto con más detalle, el dispositivo 110 tiene una disposición de horquilla 118 por medio de la cual se puede colgar de un cable 120 para permitir que el dispositivo 110 sea elevado por una grúa y luego dejado caer sobre el terreno. Por debajo de la horquilla 118, la placa 116 está dispuesta en general horizontalmente, para formar un hombro 122 alrededor de sustancialmente toda la periferia del dispositivo 10. Por debajo del hombro 122, una parte 114, en general tronco cónica, se estrecha desde el hombro 122 hacia una línea 124 en la cual la parte 114 encuentra al morro 112. El morro 112 tiene forma de punta cónica 126 que se estrecha hasta un punto en 128.

## ES 2 279 991 T3

Cuando el dispositivo 110 está colgando del cable 120, la punta 128 estará en la posición más baja del dispositivo 110, y por lo tanto es la primera en hacer impacto contra el terreno cuando se deja caer el dispositivo 110.

La punta 126 es un cono invertido que se ensancha desde la punta 128 hacia la línea 124, con un ángulo de cono de sustancialmente 45°. (Se usa aquí la denominación de “ángulo de cono” para hacer referencia al ángulo entre el eje geométrico central de un cono y la superficie del cono, en la punta del cono). El ángulo de cono de la punta 126 podría ser mayor de 45°, ciertamente, y el ángulo de cono podría ser de hasta 90°, lo que representaría que el dispositivo 110 tuviera una cara plana a lo largo de la línea 124.

La parte tronco cónica 114 tiene, en este ejemplo, un diámetro de 1 m en la línea 124, y se ensancha con un ángulo de cono de 14° o mayor hasta un diámetro de la base de 1,5 m en la placa 116. Es importante que el ángulo de cono de la parte tronco cónica 114 sea mayor que 14° el denominado “ángulo de Morse”), por razones que se explicarán en lo que sigue. En una realización preferida, el ángulo de cono de la parte tronco cónica 114 puede estar comprendido entre 14° y 20°, y ser preferiblemente de 17°. Con un ángulo de cono de aproximadamente 17°, la parte 114 se ensanchará desde un diámetro de 1 m hasta un diámetro de 1,5 m sobre una altura del cono de aproximadamente 0,8 m.

En el ejemplo ilustrado, la placa 116 es cuadrada, como puede verse en la Fig. 3, con una longitud lateral de sustancialmente 2 m. El dispositivo 110 está destinado para uso en el método de compactación del terreno descrito en lo que antecede con relación a las Figs. 2a a 5. El dispositivo es elevado mediante el cable 120, y luego dejado caer sobre el terreno. Al hacer impacto la punta 126 contra el terreno, el dispositivo se empotrará en el terreno. No obstante, se comprenderá que en virtud del ángulo de cono de sustancialmente 45° de la punta, las fuerzas comunicadas al terreno en el momento del impacto tendrán componentes dirigidas verticalmente hacia abajo y horizontalmente, pero sustancialmente no tendrán componente alguna vertical dirigida hacia arriba.

El hombro 122 permite que el dispositivo sea usado simultáneamente para compactar el terreno y para medir el grado de compactación conseguido. Dejando caer el dispositivo 119 desde una altura predeterminada, comunicándose con ello una cantidad predeterminada de energía al terreno que está debajo, y calibrando el dispositivo 110 mediante la elección del peso, de la altura de caída y de la longitud desde la punta 26 hasta el hombro 122, el dispositivo 110 se empotrará hasta el hombro 122 si el grado de compactación es igual o menor que un grado predeterminado. Si se ha conseguido o se ha excedido ese grado predeterminado y deseado de compactación, el hombro 122 llegará justo hasta el terreno, o bien se quedará a corta distancia del terreno, al empotrarse el dispositivo. Por consiguiente, si se empotra el dispositivo 110 quedando el hombro 122 espaciado por encima del terreno, cuando se deja caer desde la altura predeterminada, el operador puede confiar en que el terreno ha alcanzado el grado deseado de compactación.

El peso del dispositivo es suficiente para producir un efecto significativo de tratamiento del terreno cuando se deja caer, preferiblemente para causar una compactación adecuada en una sola caída, en muchas circunstancias. Por ejemplo, el dispositivo puede tener una masa de al menos 2.500 kg, y de preferencia considerablemente mayor, tal como de 8.000 kg.

Se cree que se mejora el rendimiento de la compactación con relación al de las técnicas de compactación conocidas, según las cuales se dejan caer placas planas sobre el terreno. Principalmente, la energía comunicada por el dispositivo 110 al caer es comunicada al terreno a través de un área más pequeña que la que sería en el caso de una placa plana. Por consiguiente, hay una menor área en el punto de impacto, y por consiguiente una región más pequeña en la cual se ha de vencer el coeficiente de restitución (Módulo de Young) del terreno, antes de que pueda tener lugar un trabajo de acondicionamiento efectivo. Por consiguiente, se pierde una menor parte de la energía comunicada en vencer al coeficiente de restitución, y se usa más para tratamiento del terreno, lo que da por resultado un mayor rendimiento para la operación.

Unos simples cálculos pueden ilustrar la eficacia del dispositivo.

Puesto que la energía comunicada al terreno al dejar caer el dispositivo debe ser sustancialmente igual a la energía absorbida por la operación de tratamiento (ignorando las pequeñas pérdidas no cuantificables), podemos decir que:

$$W \times H \times \text{Eff.} \approx R \times p \times S.F$$

donde:

W = peso del dispositivo (aquí 80 kN)

H = altura de caída (aquí 10 m)

Eff. = rendimiento del sistema, incluidas las pérdidas debidas a tener que vencer el coeficiente de restitución (es decir, la elasticidad del terreno) (que se supone aquí que es de aproximadamente el 60%)

R = resistencia del terreno conseguida mediante la compactación

p = distancia media de penetración del cono (ignorando la profundidad de 500 mm de la punta 128)

## ES 2 279 991 T3

S.F. = coeficiente de seguridad requerido en el cálculo, tomado aquí como de 3 para compensar el asiento a largo plazo de las estructuras resultantes

Tenemos por tanto, para un dispositivo de acuerdo con el invento:

$$80 \times 10 \times 0,6 = R \times (0,8/2) \times 3$$

y por lo tanto

$$R = 400 \text{ kN}$$

Se puede efectuar un cálculo similar para una placa plana usual. Una placa plana de una longitud de lado de 2 m trataría un área de 4 m<sup>2</sup> en una sola caída, y comunicaría la misma cantidad de energía (suponiendo el mismo peso y la misma altura de caída). El área tratada por el dispositivo de la Fig. 1 dependería de la profundidad de penetración (debido a la conicidad), pero podría suponerse que fuese de aproximadamente 1,25 m<sup>2</sup>, sobre la base del diámetro en la parte media de la parte tronco cónica 114. Por consiguiente, la placa plana tendría un valor R, basado en la relación de estas áreas, de:

$$R = 400 \text{ kN} \times (1,25/4) = 125 \text{ kN}$$

Si el rendimiento de una placa plana es menor que el de un dispositivo de acuerdo con el invento, lo que es probable a la vista de la mayor área, el valor R conseguido mediante la placa cuadrada sería todavía menor.

Cuando el dispositivo 110 se haya empotrado en el terreno, puede ser retirado del mismo fácilmente elevándolo, tirando para ello con el cable 120, debido a que los ángulos de cono de la parte 114 y de la punta 126 son ambos mayores que el ángulo de conicidad Morse de 14°. En el caso de la punta 126, el ángulo de cono es mucho mayor que el ángulo de Morse. El ángulo de conicidad de Morse de 14° se considera en general que es el ángulo máximo que aseguraría que se quedase pegado el cuerpo empotrado dentro del agujero creado. Por consiguiente, si se excede de ese ángulo, el dispositivo 110 no se pegará, y puede ser retirado.

En las Figs. 9a a 11b se han ilustrado ejemplos del dispositivo de acuerdo con el presente invento, para uso principalmente en una "pasada de planchado", es decir, una pasada final sobre el área que esté siendo tratada, con la intención de suavizar cualesquiera desigualdades residuales en los niveles conseguidos, o bien en el grado de compactación conseguido. (Esto podría ir seguido luego de un relleno adicional, si se requiriese, y de una aplicación de rodillo, mediante un rodillo adecuado).

En la Fig. 9a se ha ilustrado una primera placa de plancha 130, que comprende un miembro de placa común 132 de forma cuadrada y de 2 m de longitud del lado. La placa 132 es horizontal durante el uso normal y lleva una disposición ordenada de dieciséis pirámides de sección cuadrada que cuelgan hacia abajo 114, que cada una tiene un morro 136 relativamente estrecho que proporciona, en uso, la punta de primer contacto con el terreno, y cada pirámide 134 se ensancha hacia arriba desde el morro 136 hasta la placa 132. En la Fig. 9b se ha ilustrado la disposición ordenada completa de dieciséis pirámides 134, la cual taracea, en virtud de su forma de base cuadrada, para cubrir toda la superficie inferior de la placa 132.

Puede calcularse fácilmente que si cada pirámide tiene una pendiente de 45°, cada una de las pirámides tendrá una longitud del lado de su base de 0,5 m, y una altura de 250 mm. Los morros 136 de las cuatro pirámides 134 en las esquinas de la placa 132 estarán separados por una distancia de 1,5 m.

En las Figs. 10a y 10b se ha representado una placa de plancha alternativa 140, la cual comprende también una placa 142 de la cual penden pirámides 144, que cada una tiene un morro 146 en la punta más inferior, y que se ensancha desde el morro 146 hasta la placa 142. En esta alternativa, la placa 142 tiene también una longitud de lado de 2 m, pero solamente hay formadas cuatro pirámides 144 en la superficie inferior, cada una de una forma de base cuadrada y de una longitud del lado de la base de 1 m, una pendiente de 45°, y una altura de 0,5 m. También puede verse en la Fig. 10b que cada pirámide 144 hace tope con su vecina a lo largo de toda la longitud de su lado, de modo que las pirámides 144 juntas taracean a través de toda la superficie de la placa 142.

En las Figs. 11a y 11b se ha ilustrado otra alternativa. En este caso, la placa de plancha 150 tiene una placa de base 152 que es circular, con un radio de 1,5 m. La placa 152 puede tener un grosor de aproximadamente 200 mm. Se han previsto siete pirámides que cuelgan 154 en la cara inferior de la placa 152, que cada una tiene una forma de base hexagonal, y que se estrechan hasta un morro hexagonal relativamente estrecho 156. Las pirámides 154 están dispuestas a través de la superficie de la placa 152 para taracear en virtud de su forma hexagonal.

Las placas de plancha representadas en las Figs. 9 a 11 tienen, preferiblemente, una masa cada una de al menos 10.000 kg.

## ES 2 279 991 T3

Las placas de plancha 130, 140, 150, pueden usarse de la siguiente manera. En primer lugar, se tratará el terreno de otra forma, preferiblemente por medio de un dispositivo tal como el representado en la Fig. 1 ó en la Fig. 6, hasta que se haya conseguido un grado requerido de compactación del suelo. Esto, sin embargo, puede dejar la capa de la superficie todavía algo desigual o perturbada, y puede haber variaciones locales en el grado de compactación conseguido. Sin embargo, se puede usar entonces la placa de plancha en una pasada final sobre el lugar, dejando caer la placa sobre el lugar en varias posiciones a través del lugar, con objeto de aplastar cualesquiera desigualdades que haya en la capa superior. Esto aumentará todavía más la compactación del terreno, pero lo hará de manera que no cree niveles inaceptables de ruido, de polvo ni de otra contaminación. Puede ser deseable rellenar cualesquiera depresiones (como se ha ilustrado en la Fig. 2d) antes o después de la pasada final, con la placa de plancha, y puede ser deseable tratar con rodillo el terreno después de la pasada.

Será evidente que se podrían proporcionar otras muchas disposiciones de múltiples conos (u otras formas de las proyecciones) en la cara de una placa, para uso en una pasada de planchado. Será también evidente que usando las placas cuadradas, como se ha ilustrado en las Figs. 9 y 10, se permite que sea cubierta toda el área del terreno en la pasada de planchado.

En la Fig. 12 se ha ilustrado otro ejemplo de un dispositivo para tratamiento del terreno que es lo suficientemente pesado como para proporcionar tratamiento del terreno dejando caer para ello el dispositivo sobre el terreno. El dispositivo 210 tiene un morro 212 relativamente estrecho, que proporcionará el punto de primer contacto con el terreno durante el uso. El dispositivo se ensancha hacia fuera desde el morro 212.

Expuesto con más detalle, el dispositivo tiene un cuerpo común 214 en forma de una placa muy gruesa, pesada, de una masa significativa, tal como de 5 - 10 toneladas. El cuerpo 214 tiene una anilla 216 para conectar el cuerpo 214 con el cable 218 de una disposición de elevación, tal como de una grúa (no representada). El cuerpo 214 puede ser de forma en planta sustancialmente cuadrada, con una longitud del lado de aproximadamente 2 m.

El dispositivo 210 tiene también una parte de trabajo 220, la cual puede ser unida de modo que pueda soltarse al cuerpo 214, para que cuelgue por debajo del cuerpo 214. En los dibujos, la unión que puede soltarse se ha ilustrado esquemáticamente como a través de pernos 222 que se extienden hacia abajo a través del cuerpo 214, para encajar en la parte de trabajo 220, pero se apreciará fácilmente que podrían usarse muchas disposiciones de unión alternativas.

La parte de trabajo 220 de la Fig. 12 es en general cónica, teniendo una primera sección tronco cónica 224, y una punta 226 en la extremidad más inferior. La forma y las dimensiones de la parte 220 en general cónica pueden ser como se ha expuesto en lo que antecede, y la forma de uso del dispositivo 210, y las ventajas del mismo, serán como las que se han expuesto en lo que antecede.

La parte de trabajo 220 puede tener una masa de 1 - 2 toneladas, de modo que la parte de trabajo aporta un peso significativo al conjunto del dispositivo, pero no obstante, la parte importante del peso la constituye el cuerpo 214.

El dispositivo representado en la Fig. 12 puede usarse para tratamiento del terreno, en particular para compactación del terreno, dejando caer para ello primero el dispositivo de la Fig. 12, para tratar el terreno por impacto. La forma con conicidad de la parte 220 concentra la energía en un área relativamente pequeña del terreno, aumentándose con ello la eficacia de la compactación, y permite además al operador juzgar acerca del grado de compactación que se haya conseguido, haciendo referencia a la profundidad de penetración de la parte 220 en el terreno.

Una vez que haya sido tratado el terreno, se puede elevar la parte 220 separándola del terreno y retirándola luego del cuerpo 214, soltando para ello los pernos 222.

Ha de quedar entendido que se pueden efectuar muchísimas variaciones y modificaciones en el aparato descrito, pero sin rebasar el alcance del invento, tal como queda definido en las reivindicaciones.

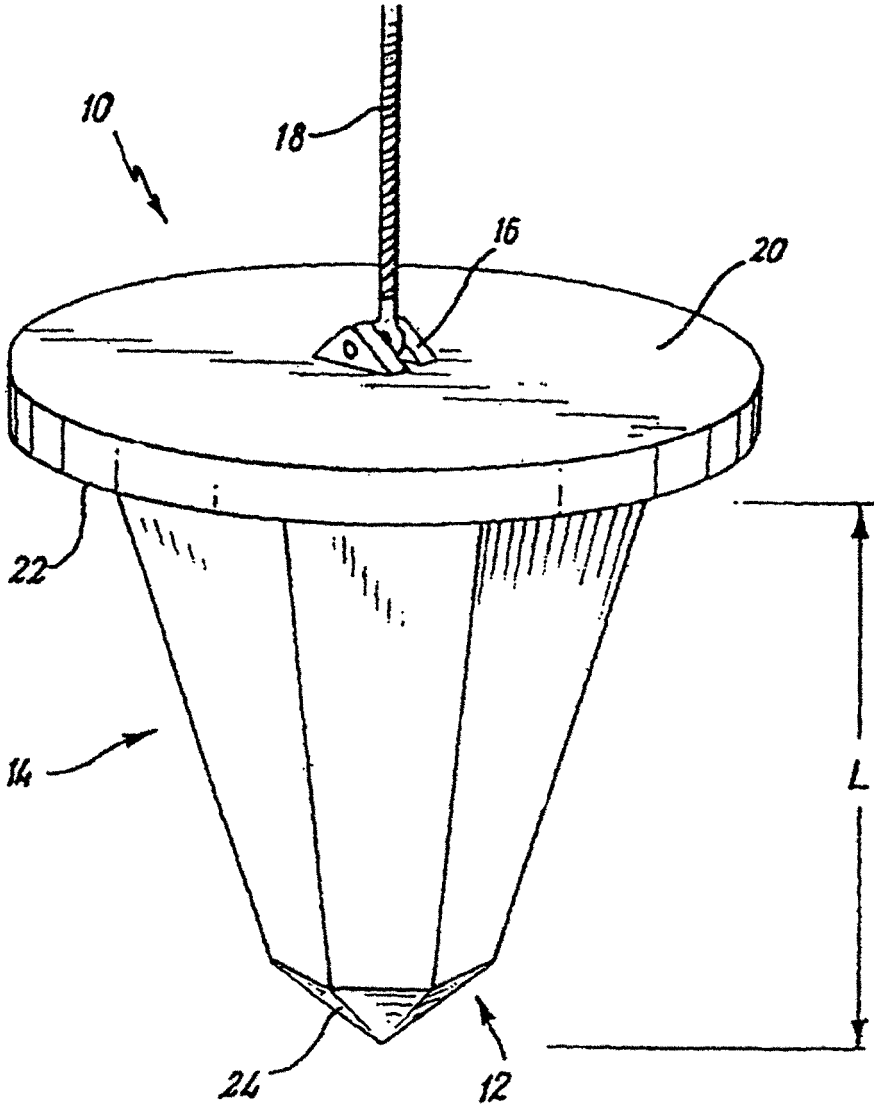
Podrían usarse otras muchísimas formas de dispositivo de tratamiento del terreno, y podrían diseñarse formas de la parte de trabajo, de acuerdo con la naturaleza y el grado del tratamiento del terreno requerido.

Resultará fácilmente evidente que se pueden usar varias características de las versiones antes descritas en combinaciones distintas a las específicamente descritas, pero dentro del alcance del invento tal como éste queda definido en las reivindicaciones.

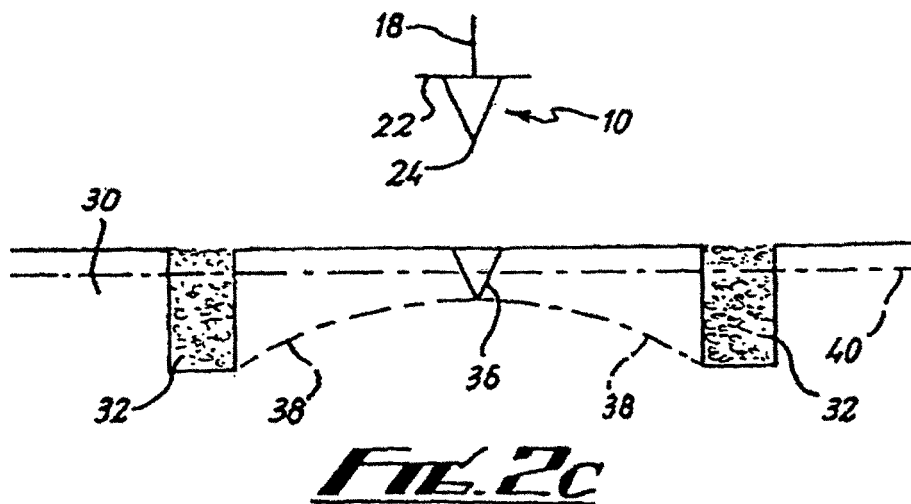
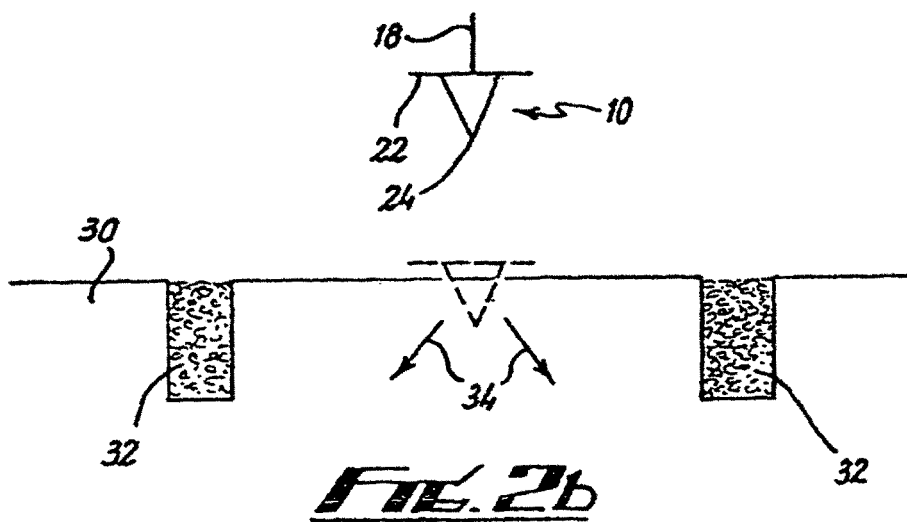
# ES 2 279 991 T3

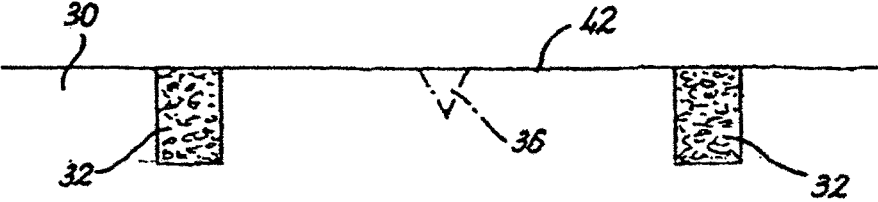
## REIVINDICACIONES

1. Un método de compactación del terreno, en el cual se deja caer sobre el terreno un dispositivo (10, 110) de compactación del terreno, contrapesado para producir la compactación del terreno, teniendo el dispositivo un morro relativamente estrecho (12, 112) que, en uso, proporciona el punto de primer contacto con el terreno y ensanchándose el dispositivo hacia fuera desde el morro hasta un hombro (22, 122) que se proyecta hacia fuera desde el dispositivo y que está espaciado del morro a una distancia (L), estando dispuestos el morro y el hombro de modo que el morro se empotrará en el terreno sin que el hombro llegue al terreno, si el terreno está compactado hasta o por encima de un grado predeterminado, cuando se deja caer el dispositivo desde una altura predeterminada, y en el que se vigila el grado de compactación dejando caer para ello el citado dispositivo sobre terreno compactado, a una velocidad predeterminada, y anotando la profundidad a la cual queda empotrado el dispositivo.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se consigue la velocidad predeterminada dejando caer para ello el dispositivo (10, 110) desde una altura predeterminada por encima del terreno.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que se calibra el dispositivo (10, 110) mediante la selección de su forma y/o de su peso para hacer que el dispositivo se empotre en menos de una profundidad predeterminada cuando el terreno está compactado hasta o por encima de un grado predeterminado.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que el dispositivo (10, 110) es conformado para proporcionar una indicación visual de haber quedado empotrado hasta la citada profundidad predeterminada.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el dispositivo (10, 110) comprende una proyección o marca (22, 122) espaciada a la citada profundidad predeterminada desde el punto más bajo (12, 112).
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el dispositivo (10, 110) es un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13.
7. Un dispositivo (10, 110) para tratamiento del terreno, estando el dispositivo contrapesado para proporcionar tratamiento del terreno dejando para ello caer el dispositivo sobre el terreno, y teniendo el dispositivo un morro relativamente estrecho (12, 112) que proporcionan, en uso, el punto de primer contacto con el terreno, y ensanchándose el dispositivo hacia fuera desde el morro hasta un hombro (22, 122) que se proyecta hacia fuera desde el dispositivo y que está espaciado del morro a una distancia (L), y teniendo el dispositivo medios por los cuales puede colgar desde un cable para permitir que el dispositivo sea elevado y luego dejado caer, estando dispuestos el morro y el hombro de modo que el morro quede empotrado en el terreno sin que el hombro llegue hasta el terreno, si el terreno está compactado hasta o por encima de un grado predeterminado, cuando se deja caer el dispositivo desde una altura predeterminada.
8. Un dispositivo (10, 110) de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el hombro (22, 122) se aplicará al terreno si el terreno no está adecuadamente compactado, para ofrecer resistencia a que el dispositivo llegue a quedar enterrado.
9. Un dispositivo (10, 110) de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que el dispositivo se ensancha hacia fuera desde el morro (12, 112) con un ángulo de sustancialmente 45° o mayor.
10. Un dispositivo (10, 110) de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el morro (12, 112) es una punta sustancialmente cónica y puede tener un ángulo de cono de sustancialmente 45°.
11. Un dispositivo (10, 110) de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, en el que el dispositivo comprende un cuerpo (14, 114) de forma sustancialmente tronco cónica, situado por encima de la punta (12, 112) durante el uso, y que tiene un ángulo de cono mayor que 14°.
12. Un dispositivo (10, 110) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el ángulo de cono está comprendido en la región entre 14 - 20°.
13. Un dispositivo (10, 110) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el ángulo de cono es de 17°.
14. Un método de formación de un soporte calibrado dentro del terreno, en el que se forma en primer lugar en el terreno un pilar (50) de material en partículas, se deja caer sobre el pilar un dispositivo (10, 110) para tratamiento del terreno, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, para crear un espacio vacío (54) en la parte superior del mismo, teniendo el dispositivo un morro relativamente estrecho (12, 112) que, en uso, proporciona el punto de primer contacto con el terreno, y ensanchándose hacia fuera desde el morro, y en el que el espacio vacío se llena con material de soporte (56).
15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el material en partículas es de piedra.
16. Un método de acuerdo con la reivindicación 14 ó 15, en el que el material de soporte (56) es de hormigón.
17. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, 15 ó 16, en el que a través del espacio vacío (64) se introduce en el terreno un pilote (66).

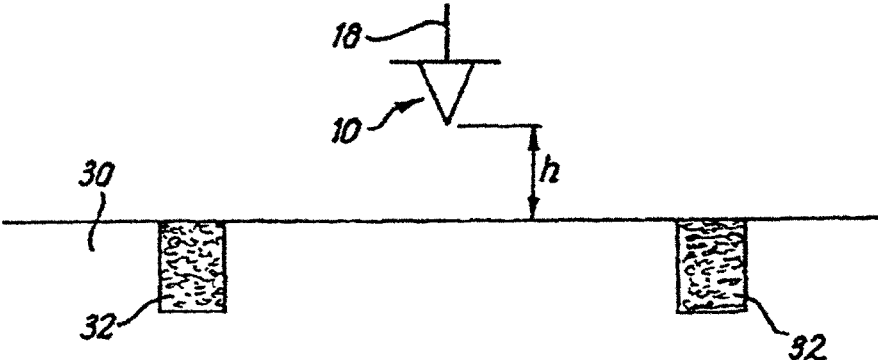


**FIG. 1**

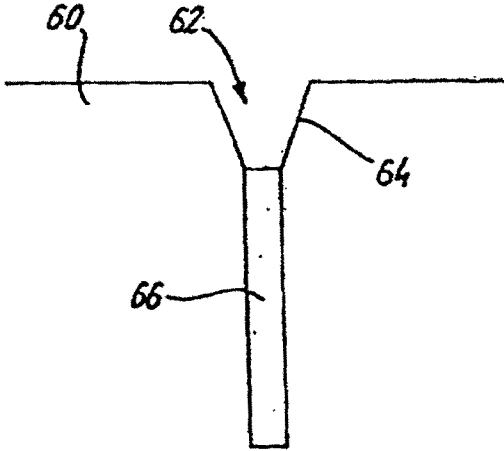




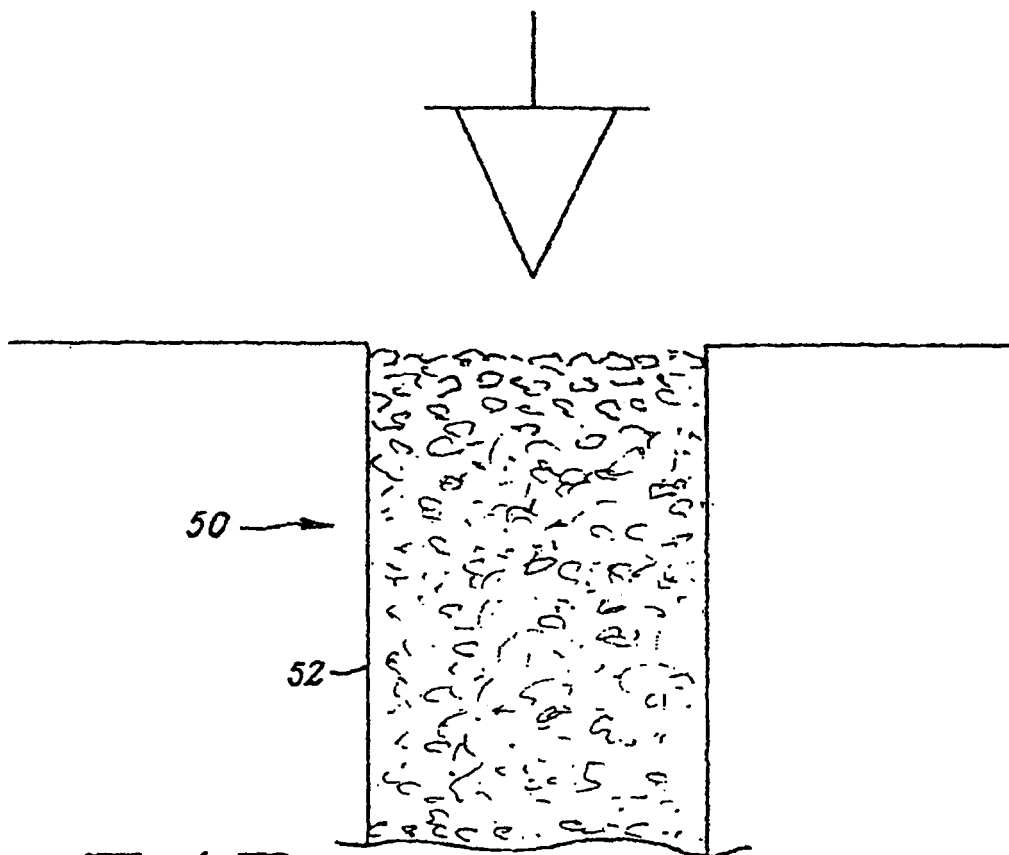
**FIG. 2d**



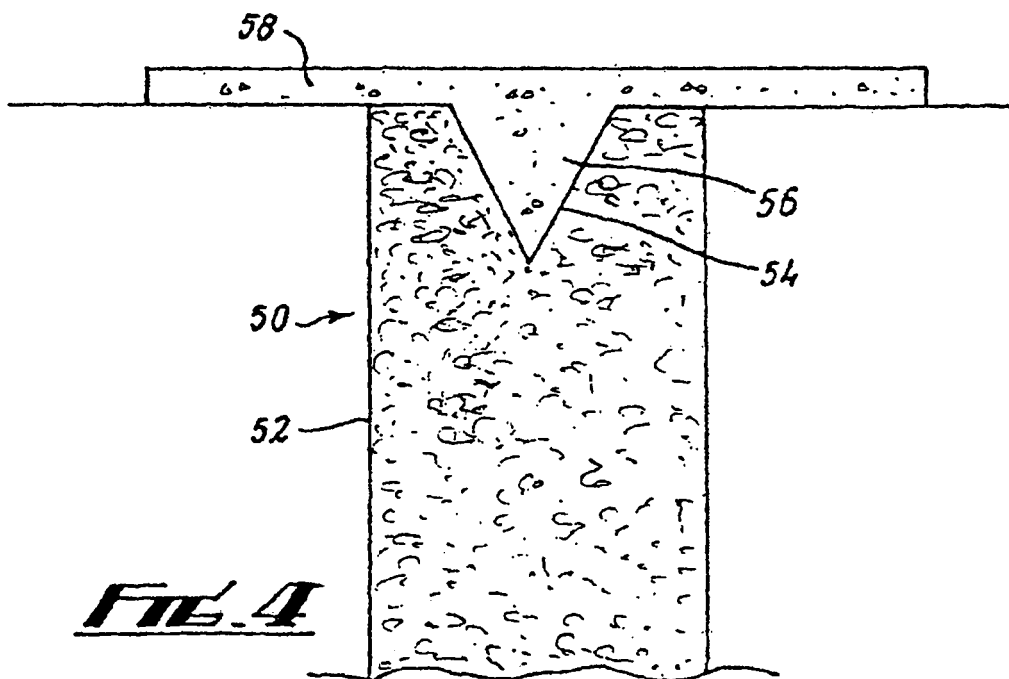
**FIG. 2e**



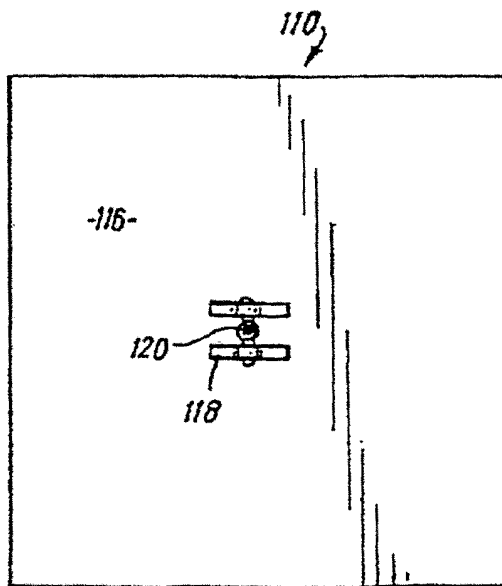
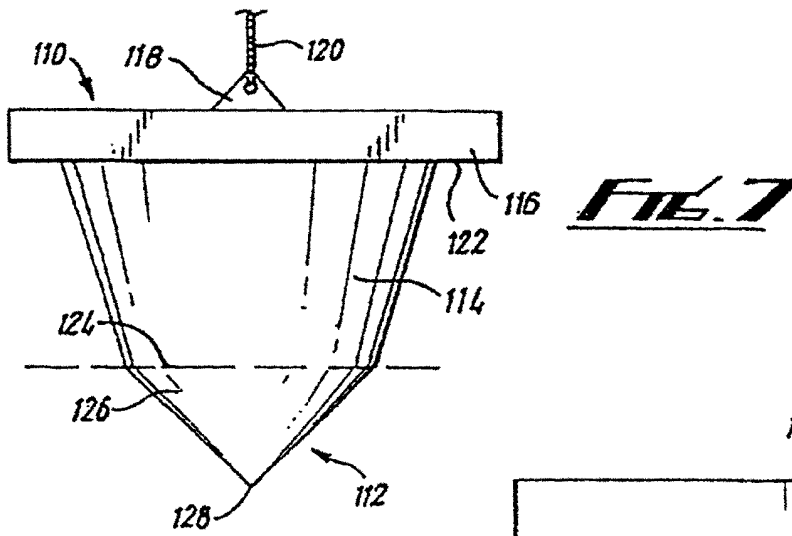
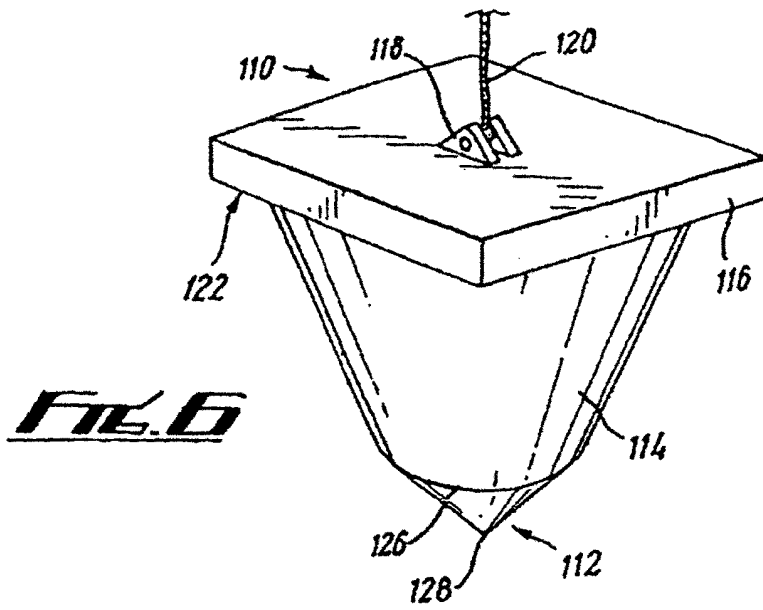
**FIG. 5**

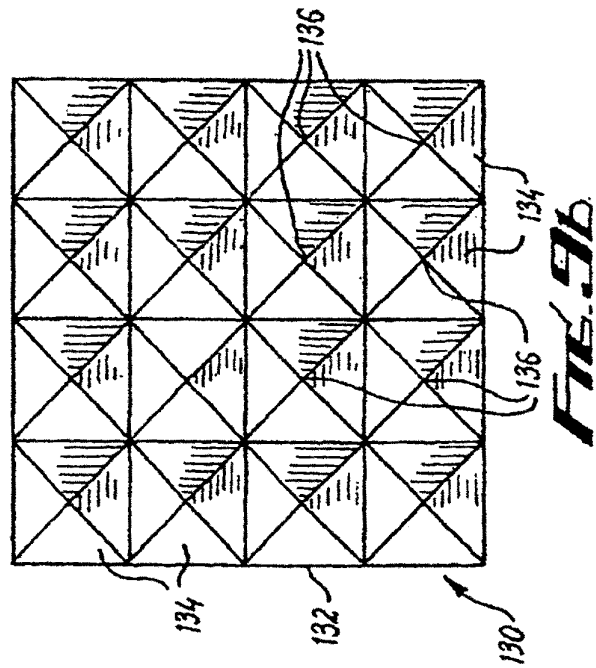
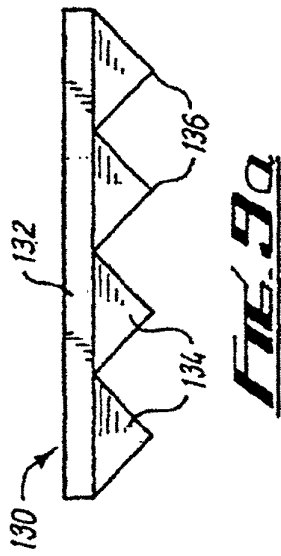
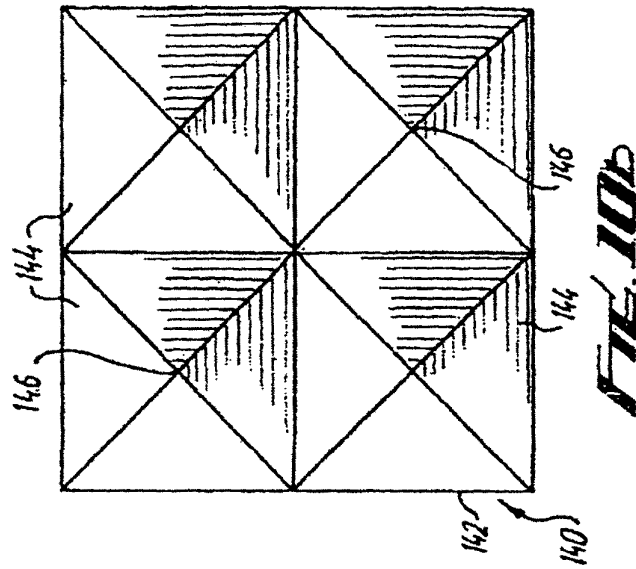
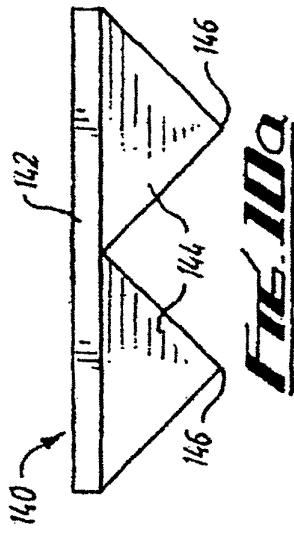


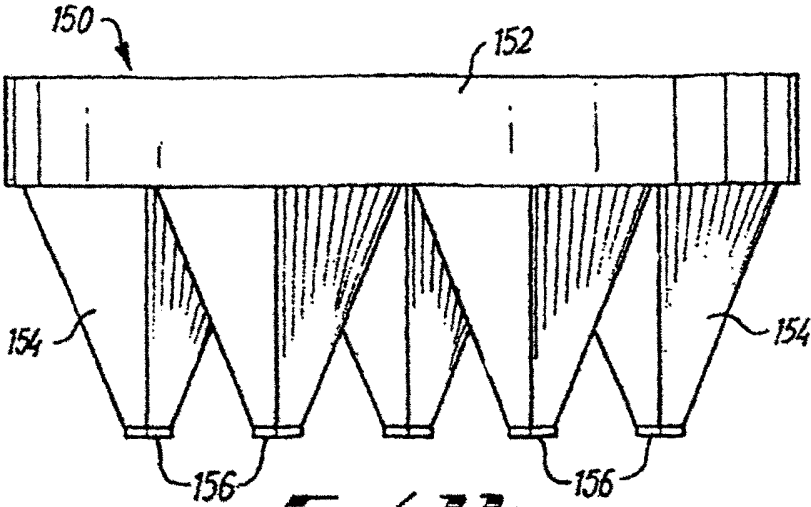
**FIG. 3**



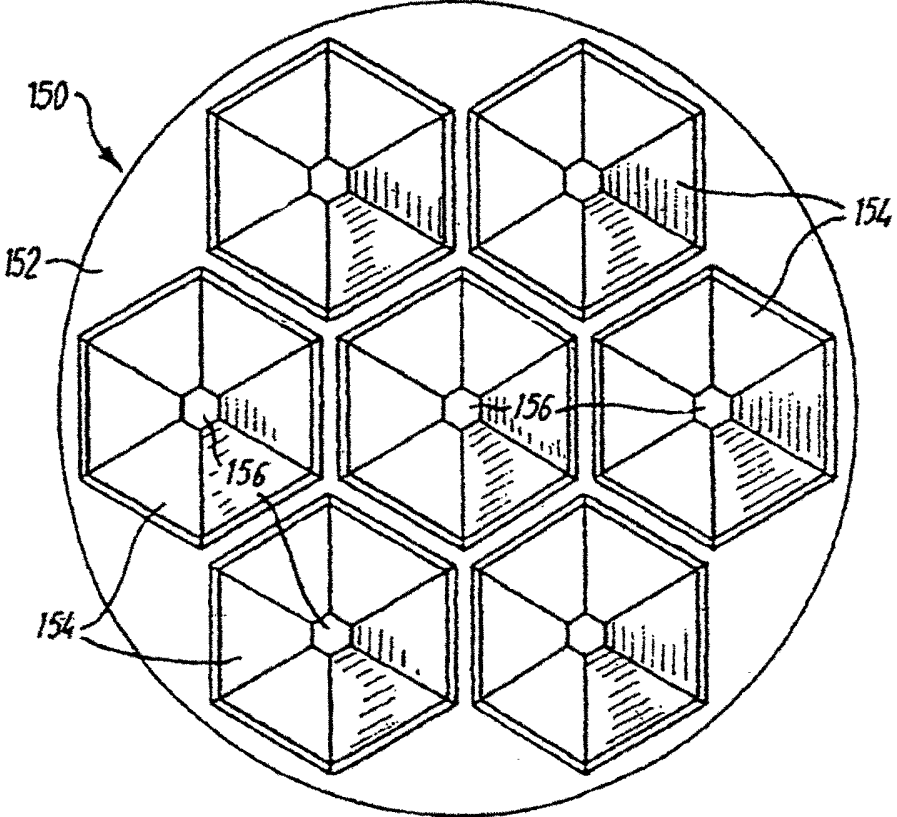
**FIG. 4**



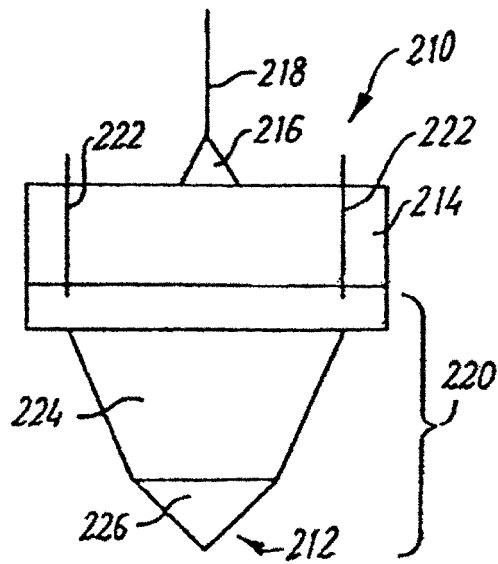




**FIG. 11a**



**FIG. 11b**



**FIG. 12**