

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 607**

51 Int. Cl.:

B64F 1/02 (2006.01)

E01C 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.03.2018 PCT/IB2018/051411**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.09.2018 WO18158756**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2018 E 18718500 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.10.2023 EP 3589547**

54 Título: **Sistema de frenado de emergencia y métodos para formar el mismo**

30 Prioridad:

03.03.2017 US 201762466922 P

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

28.06.2024

73 Titular/es:

**RUNWAY SAFE IPR AB (100.0%)
Box 53257
400 16 Göteborg, SE**

72 Inventor/es:

**BARSOTTI, MATTHEW;
JONES, CLIFF;
HADJIOANNOU, MICHALIS y
PURYEAR, JOHN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 974 607 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

Sistema de frenado de emergencia y métodos para formar el mismo

5 ANTECEDENTES

1. Campo de la invención

10 La presente solicitud se refiere a un sistema de frenado de aeronaves que han rebasado un extremo de pista y a métodos para construir un sistema de este tipo.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 Las pistas de los aeropuertos están configuradas para dar cabida al despegue y al aterrizaje de múltiples tipos de aeronaves. Si bien la inmensa mayoría de estos eventos se producen sin incidentes, puede haber ocasiones en las que una aeronave rebese su pista y necesite ser frenada. Uno de estos métodos de frenado de aeronaves consiste en posicionar un sistema de frenado de emergencia de umbral de pista (EMAS, *Engineered Material Arresting System*, en inglés) en el área de seguridad más allá del extremo de la pista. El EMAS incluye un material disipador de energía, deformable, rompible y/o compactable que se engancha en las ruedas de la aeronave y disminuye la velocidad de la aeronave disipando su energía cinética. El material del EMAS está diseñado para compactarse y hundir los neumáticos de la aeronave durante un evento de rebasamiento de final de pista.

25 Las instalaciones de EMAS pueden estar situadas en uno o ambos extremos de una pista. El EMAS puede estar sometido a cargas de chorro del reactor procedentes de aeronaves que despegan a una distancia del EMAS o que ruedan por delante del EMAS. Estas cargas generan normalmente un empuje ascensional del EMAS, lo que puede ocasionar daños en una bancada de material no cubierto. Como resultado, la integridad del EMAS puede verse comprometida al menos parcialmente, los fragmentos pueden esparcirse por el área de pista y la eficacia del EMAS puede verse reducida.

30 Un método para contrarrestar las fuerzas ascensionales ha sido incorporar paredes continuas de geomalla dentro de la bancada de material compactable, las paredes colocadas en la dirección de rebasamiento de final de pista de la bancada. La geomalla es una estructura similar a una malla que se fija al pavimento subyacente mediante uno o más anclajes a lo largo de su longitud. La geomalla puede sobresalir por encima del material compactable cuando ese material se coloca por vez primera, lo que dificulta la nivelación del material y ralentiza el proceso de instalación. Por otro lado, en caso de daños en la geomalla, las tareas de reparación pueden requerir la excavación de grandes partes del material compactable con el fin de sustituir un tramo de geomalla.

40 Durante los eventos de rebasamiento de final de pista, en los que una aeronave se sale de la pista y es frenada por el sistema EMAS, se ha observado que las cargas de frenado de la aeronave pueden aumentar a velocidades de salida de la aeronave superiores. Por tanto, algunas aeronaves a causa de algunos sistemas EMAS pueden tener velocidades máximas de salida que están limitadas por la carga del tren de aterrizaje en lugar de por la longitud del EMAS disponible.

45 Se ha observado que las aeronaves más pequeñas y ligeras pueden carecer del peso y la carga de neumáticos necesarios para un acoplamiento eficaz con el EMAS durante un evento de rebasamiento de final de pista. En esas situaciones, en lugar de que los neumáticos de la aeronave se enganchen y/o incorporen con el material del EMAS, pueden rodar sobre el EMAS con una penetración vertical escasa o marginal en el material, lo que puede dar lugar a una reducción de la eficacia de ese sistema. Un sistema de bancada de frenado de vehículos se divulga en el documento CA 2 250 544 A1.

50 BREVE SUMARIO

Un sistema de frenado de vehículos se divulga como se especifica en la reivindicación 1 adjunta.

55 En un aspecto, un sistema de frenado de vehículos incluye una capa base que comprende un árido rompible y una capa de recubrimiento que comprende un material cementoso que tiene una densidad anhidra de $1,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (100 lb/ft³) o menos. En otro aspecto, un sistema de frenado de vehículos incluye una capa base que comprende un árido rompible y una capa de recubrimiento que comprende un material cementoso que tiene una densidad anhidra entre aproximadamente $0,64 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (40 lb/ft³) y aproximadamente $1,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (100 lb/ft³), o entre aproximadamente $0,64 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (40 lb/ft³) y aproximadamente $1,44 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (90 lb/ft³), o entre aproximadamente $0,64 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (40 lb/ft³) y aproximadamente $1,28 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (80 lb/ft³), o entre aproximadamente $0,64 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (40 lb/ft³) y aproximadamente $1,12 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (70 lb/ft³), o entre aproximadamente $0,64 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (40 lb/ft³) y aproximadamente $0,96 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (60 lb/ft³), o entre aproximadamente $0,64 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (40 lb/ft³) y aproximadamente $0,80 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (50 lb/ft³).

65 También se divulga un sistema de frenado de vehículos que incluye una bancada de frenado y una pluralidad de anclajes. Cada anclaje incluye una varilla de soporte acoplada a un disco asociado, estando cada varilla de soporte

fijada al pavimento del área de seguridad que se encuentra debajo de la bancada de frenado, y estando cada disco incorporado en la capa de recubrimiento de la bancada de frenado. Adicionalmente, cada varilla de soporte está acoplada a su disco asociado a través de un enlace de cizallamiento diseñado para romperse a una carga predeterminada.

5 También se divulga un método para frenar un vehículo como se especifica en la reivindicación 10 adjunta.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS DIVERSAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

10 La FIG. 1 es una vista en sección de un EMAS que incluye una pluralidad de anclajes puntuales tomados perpendicularmente a una dirección de recorrido;

La FIG. 2 es una segunda vista en sección de un EMAS que incluye una pluralidad de anclajes puntuales tomados perpendicularmente a una dirección de recorrido;

15 La FIG. 3 es una vista en sección de una cuenca por debajo del nivel del suelo con un EMAS para su uso con una pluralidad de anclajes puntuales, la sección tomada paralelamente a una dirección de recorrido;

20 La FIG. 4 es una vista en sección de una realización por encima del nivel del suelo de un EMAS para su uso con una pluralidad de anclajes puntuales, la sección tomada paralelamente a una dirección de recorrido;

La FIG. 5 es una vista isométrica de un subconjunto de anclajes puntuales para su uso en un EMAS;

25 La FIG. 6 es una vista en sección del subconjunto de anclajes puntuales de la FIG. 5;

La FIG. 7 es una vista superior del subconjunto de anclajes puntuales de la FIG. 5;

La FIG. 8 es una vista inferior del subconjunto de anclajes puntuales de la FIG. 5;

30 La FIG. 9 es una vista lateral del subconjunto de anclajes puntuales de la FIG. 5;

La FIG. 10 es una vista en sección de otra realización de un subconjunto de anclajes puntuales;

35 La FIG. 11 es una vista superior del subconjunto de anclajes puntuales de la FIG. 10;

La FIG. 12 es una serie de vistas isométricas detalladas de un fusible rompible o frangible dentro de un subconjunto de anclajes puntuales;

40 La FIG. 13 es una serie de vistas isométricas detalladas de un fusible rompible o frangible dentro de un subconjunto de anclajes puntuales que representa un fallo del fusible a lo largo de la trayectoria de la fractura diseñada;

45 La FIG. 14 es una vista lateral del subconjunto de anclajes puntuales de la FIG. 5 que también representa fuerzas de carga distribuidas de forma ascendente causadas por las cargas ascensionales de losa procedentes de un chorro del reactor de aeronave;

La FIG. 15 es una representación de una vista superior de un EMAS dividido en una pluralidad de zonas que tienen diferentes configuraciones de anclaje;

50 La FIG. 16 es una segunda representación de una vista superior de un EMAS dividido en una pluralidad de zonas que tienen diferentes configuraciones de anclaje;

La FIG. 17 es un gráfico de franja de elementos finitos que representa las deflexiones dentro de un componente de disco de un subconjunto de anclajes puntuales que se somete a 680,3 kg (1.500 libras) de la fuerza de carga;

55 La FIG. 18 es un gráfico de franja de elementos finitos que representa las tensiones de Von Mises del disco de la FIG. 14 durante la misma carga;

60 La FIG. 19 es una representación de elementos finitos de una simulación de rebasamiento de final de pista en la cual un neumático de avión penetra en el EMAS 15,24 cm (6 pulgadas);

La FIG. 20 es una representación de elementos finitos de una simulación de rebasamiento de final de pista en la cual un neumático de avión penetra en el EMAS 30,48 cm (12 pulgadas);

65 La FIG. 21 es un diagrama de flujo que representa un método para instalar un EMAS;

La FIG. 22 es un diagrama de flujo que representa un segundo método para instalar un EMAS;

ES 2 974 607 T3

- La FIG. 23 es una gráfica de fuerza de arrastre normalizada versus distancia para un ejemplo del presente EMAS;
- La FIG. 24 representa varios ejemplos de modos de fallo real versus previsto de un disco utilizado en un EMAS;
- 5 La FIG. 25 es una vista inferior de una vista de una sección de losa utilizada en un EMAS;
- La FIG. 26 es una vista en sección a través de la línea A-A en la FIG. 25;
- 10 La FIG. 27 es una vista inferior de múltiples secciones de losa que tienen partes con nervaduras dispuestas perpendicularmente a una dirección de pista;
- La FIG. 28 es una vista inferior de múltiples secciones de losa que tienen partes con nervaduras dispuestas paralelamente a una dirección de pista;
- 15 La FIG. 29 es una vista inferior de otra vista de una sección de losa utilizada en un EMAS;
- La FIG. 30 es una vista en sección a través de la línea A-A en la FIG. 29;
- 20 La FIG. 31 es una vista en sección a través de la línea B-B en la FIG. 29;
- La FIG. 32 es una vista inferior de una sección de losa que tiene partes en nido de abeja dispuestas perpendicularmente a una dirección de pista;
- 25 La FIG. 33 es una vista inferior de una sección de losa que tiene partes en nido de abeja dispuestas en un ángulo a una dirección de pista;
- La FIG. 34 es una vista inferior de múltiples secciones de losa que tienen partes en nido de abeja de diferente tamaño dispuestas perpendicularmente a una dirección de pista;
- 30 La FIG. 35 es una vista inferior de múltiples secciones de losa que tienen partes en nido de abeja con forma circular de diferente tamaño;
- La FIG. 36 es una vista en sección de un EMAS que tiene un primer tipo de hueco entre la losa y las capas de árido;
- 35 La FIG. 37 es una vista en sección de un EMAS que tiene un segundo tipo de hueco entre la losa y las capas de árido;
- La FIG. 38 es una vista en sección de un EMAS que tiene un tercer tipo de hueco entre la losa y las capas de árido;
- 40 La FIG. 39 es una vista superior de un EMAS con una geomalla siendo usada para fijar la losa a un pavimento subyacente;
- La FIG. 40 es una vista en sección a través de la línea A-A en la FIG. 39;
- 45 La FIG. 41 es una vista superior de un EMAS con anclajes puntuales siendo usados para fijar la losa a un pavimento subyacente;
- La FIG. 42 es una vista en sección a través de la línea A-A en la FIG. 41;
- 50 La FIG. 43 es una vista en sección de un EMAS tomada perpendicularmente a una dirección de pista que ilustra un neumático de aeronave que perfora una capa de losa en una ubicación sobre un hueco;
- La FIG. 44 es una vista en sección de un EMAS tomada paralelamente a la dirección de pista que ilustra el desplazamiento del árido hacia un hueco entre el árido y la losa durante un evento de rebasamiento de final de pista;
- 55 La FIG. 45 es una secuencia de vistas superiores de partes de áridos contiguos usadas para formar la capa de árido de un EMAS;
- La FIG. 46 es una vista en sección a través de la línea A-A en la FIG. 45;
- 60 La FIG. 47 es una secuencia de vistas superiores de un primer ejemplo de partes de áridos superpuestos usadas para formar la capa de árido de un EMAS;
- La FIG. 48 es una vista en sección a través de la línea A-A en la FIG. 47;
- 65 La FIG. 49 es una secuencia de vistas superiores de un segundo ejemplo de partes de áridos superpuestos usadas para formar la capa de árido de un EMAS;

ES 2 974 607 T3

- La FIG. 50 es una vista en sección a través de la línea A-A en la FIG. 49;
- 5 La FIG. 51 es una vista en sección de un EMAS, que ilustra un primer método de instalación de geomalla en el pavimento usando un adhesivo;
- La FIG. 52 es una vista isométrica del pavimento y la geomalla de la FIG. 51;
- 10 La FIG. 53 es una vista detallada de la conexión adhesiva de la FIG. 51;
- La FIG. 54 es una vista isométrica de un segundo método de instalación de geomalla en el pavimento usando un adhesivo;
- 15 La FIG. 55 es una vista detallada de la conexión adhesiva de la FIG. 54;
- La FIG. 56 es una vista isométrica de un tercer método de instalación de geomalla en el pavimento usando un adhesivo;
- La FIG. 57 es una vista detallada de la conexión adhesiva de la FIG. 56;
- 20 La FIG. 58 es una vista isométrica de un cuarto método de instalación de geomalla en el pavimento usando un adhesivo;
- La FIG. 59 es una vista detallada de la conexión adhesiva de la FIG. 58;
- 25 La FIG. 60 es una vista isométrica de un quinto método de instalación de geomalla en el pavimento usando un adhesivo;
- La FIG. 61 es una vista detallada de la conexión adhesiva de la FIG. 60;
- La FIG. 62 es una vista en sección de un aspecto de un EMAS que representa múltiples capas de árido;
- 30 La FIG. 63 es una vista en sección de un segundo aspecto de un EMAS que representa múltiples capas de árido;
- La FIG. 64 es una vista en sección de un tercer aspecto de un EMAS que representa múltiples capas de árido;
- 35 La FIG. 65 es una vista en sección de un cuarto aspecto de un EMAS que representa múltiples capas de árido;
- La FIG. 66 es una vista en sección de un quinto aspecto de un EMAS que representa múltiples capas de árido;
- La FIG. 67 es una vista en sección de un neumático de aeronave grande rodando por el EMAS de la FIG. 62;
- 40 La FIG. 68 es una vista en sección de un neumático de aeronave más pequeño rodando por el EMAS de la FIG. 62;
- La FIG. 69 es una vista en sección de un EMAS que incorpora una cubierta;
- 45 La FIG. 70 es una vista inferior de un tipo de cubierta usada en el EMAS de la FIG. 69;
- La FIG. 71 es una vista inferior de un segundo tipo de cubierta usada en el EMAS de la FIG. 69;
- La FIG. 72 es una vista en detalle de la interfaz entre los agentes de refuerzo de cubierta y una lámina de soporte;
- 50 La FIG. 73 es una vista en detalle de la interfaz entre los agentes de refuerzo de cubierta y los puntales de soporte;
- La FIG. 74 es una representación de un tipo de puntal de soporte;
- 55 La FIG. 75 es una representación de un segundo tipo de puntal de soporte;
- La FIG. 76 es una representación de un tercer tipo de puntal de soporte;
- La FIG. 77 es una representación de un cuarto tipo de puntal de soporte; y
- 60 La FIG. 78 es una vista en sección de un EMAS con una cubierta, que representa un anclaje de la cubierta al pavimento subyacente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 65 En un aspecto, como se observa en las FIG. 1-4, un sistema 50 de frenado de emergencia de umbral de pista (EMAS) incluye un bancada de frenado 52 que comprende una cuenca rellena con un árido 54, una losa 56 dispuesta en la

parte superior del árido 54, y un recubrimiento final 58. La bancada de frenado 52 puede ser una cuenca que incluye partes por debajo del nivel del suelo de la pista, como se observa en la FIG. 3. En otro aspecto, sin embargo, parte o la totalidad del EMAS puede estar en o por encima del nivel del suelo de la pista, como se observa mejor en la FIG. 4. Por ejemplo, una parte inferior de la cuenca puede estar en el nivel del suelo de la pista, y puede haber una pendiente, un montículo, una rampa, o alguna estructura similar que se extiende por encima del suelo hasta la parte superior de la cuenca.

Se pueden usar múltiples materiales para cada capa en el EMAS 50, como se analizará con mayor detalle más adelante. Sin embargo, en un aspecto, El árido 54 puede ser un árido de espuma de vidrio tal como el material disponible con el nombre comercial Glasopor. La losa 56 puede ser un material de baja resistencia controlada (CLSM, *controlled low-strength material*) o un material de hormigón celular. El recubrimiento final 58 puede ser un tratamiento superficial de alta fricción tal como el metacrilato de metilo (MMA) vendido con la marca comercial TRANSPO T-18 o T-28. Alternativamente, el recubrimiento final 58 puede comprender poliurea, epoxi, o un acabado pulverizado o vertido.

El árido 54 es un material rompible y compactable. Por ejemplo, el árido 54 puede ser un relleno de espuma de vidrio con tamaños de árido promedio entre 2,54 y 7,62 cm (1 y 3 pulgadas), y con un intervalo de resistencias de compactación. En un aspecto, la espuma de vidrio puede ser, p. ej., Glasopor de calidad 24 o de calidad 18, con presiones de aplastamiento de 165,5 kPa (24 psi) y 124,1 kPa (18 psi), respectivamente. En un aspecto, la bancada de EMAS puede usar un único árido 54 a lo largo de su longitud. En otro aspecto, como se observa en las FIG. 3 y 4, un primer árido puede rellenar una primera parte de la bancada, y un segundo árido de calidad diferente puede rellenar una segunda parte de la bancada. Por ejemplo, el árido de mayor resistencia al aplastamiento puede rellenar una parte de entrada de la bancada. Alternativamente, un árido de menor resistencia al aplastamiento puede rellenar la parte de entrada de la bancada.

La losa 56 puede ser un material de baja resistencia que está configurado para fallar tras la carga de un neumático de aeronave. Uno de estos materiales es el CLSM, que es una forma particular de material cementoso que puede tener una resistencia a la compresión de entre aproximadamente 1379 y aproximadamente 4137 kPa (200 y 600 psi), con una densidad de aproximadamente $1,76 \times 10^3$ a $2,08 \times 10^3$ kg/m³ (110 a 130 lb/ft³). En un ejemplo, el CLSM puede fabricarse mezclando arena, cemento, cenizas volantes, agua, mezclas aditivas y fibras. Debido a su resistencia y densidad combinadas, el CLSM puede ser adecuado para resistir las fuerzas ascensionales de los chorros del reactor. Al mismo tiempo, sin embargo, su alta densidad puede causar una mayor carga inercial durante el rebasamiento de final de pista, lo que puede aumentar las fuerzas ejercidas sobre los neumáticos de la aeronave que luego se transmiten a los componentes del tren de aterrizaje. En un aspecto, un único material de losa puede ser usado a lo largo de la longitud del sistema 50. En otro aspecto, como se observa en las FIG. 3 y 4, un primer material de losa puede rellenar una primera parte de la bancada, y un segundo material de losa diferente puede rellenar una segunda parte de la bancada. Como ilustran estas figuras, la primera parte de losa puede tener una extensión longitudinal diferente a lo largo de una longitud del EMAS que la primera parte de árido. Por ejemplo, la primera parte de losa puede extenderse longitudinalmente una distancia mayor que la primera parte de árido. En otro aspecto, la primera parte de losa puede extenderse longitudinalmente una distancia menor que la primera parte de árido. En otro aspecto más, la primera parte de losa y la primera parte de árido pueden extenderse sustancialmente la misma distancia longitudinal a lo largo del EMAS. Adicionalmente, variaciones similares son posibles para las partes subsecuentes de la losa y del árido.

En otro aspecto, la losa 56 puede estar formada de hormigón celular, que es un material cementoso ligero que contiene bolsas de aire estable o gas distribuidas uniformemente por todo el material, p. ej., a un volumen superior al 20 %. Como tal, el hormigón celular puede incluir aproximadamente un 65 % de espacio vacío, lo que permite que el material sufra una considerable compactación volumétrica y disipación de energía, p. ej., al ser pisado por el neumático de aeronave. El hormigón celular puede formarse, p. ej., mezclando agua y un agente espumante para generar una espuma preformada. Esta espuma preformada puede mezclarse luego con cemento y agua. A continuación, pueden añadirse fibras a la mezcla para ayudar a aumentar la resistencia a las grietas y la capacidad de deformación por tracción. Por último, la mezcla puede verterse y nivelarse, al igual que otras composiciones de cemento. El hormigón celular usado en el presente documento puede adaptarse a las especificaciones establecidas por el Instituto Americano del Hormigón.

El hormigón celular puede tener una resistencia a la compresión de entre aproximadamente 1379 kPa y aproximadamente 4137 kPa (entre aproximadamente 200 psi y aproximadamente 600 psi), es decir, aproximadamente la misma resistencia que el CLSM. Al mismo tiempo, el hormigón celular puede ser significativamente más ligero que el CLSM, teniendo una densidad de entre aproximadamente $0,64 \times 10^3$ kg/m³ (40 lb/ft³) y aproximadamente $0,8 \times 10^3$ kg/m³ (50 lb/ft³).

Como resultado, un EMAS 50 que incorpore hormigón celular dentro de su losa 56 puede haber mejorado los índices de velocidad de salida y haber mejorado el rendimiento de las aeronaves pequeñas en comparación con un EMAS que incluya únicamente CLSM como su material de losa 56. Adicionalmente, el uso de hormigón celular puede proporcionar sorprendentemente la misma resistencia a la compresión que otros materiales como CLSM, pero a una fracción de la densidad, reduciendo así el peso de la losa 56 en un factor, p. ej., de entre aproximadamente 3 y aproximadamente 3,5.

El uso de una losa 56 puede alterar drásticamente la resistencia efectiva del árido 54 durante un evento de rebasamiento de final de pista. En particular, el árido 54 presenta un comportamiento de resistencia al cizallamiento dependiente de la presión similar al del suelo u otros geomateriales. Al recubrir esa capa, la losa 56 puede limitar y aumentar la resistencia del material del árido 54 proporcionando una carga muerta que provoca una sobrecarga estática leve y constante, proporcionando una resistencia inercial al movimiento vertical del árido y mitigando una onda de arco del árido por delante de un neumático durante el rebasamiento de final de pista, y proporcionando una resistencia no inercial al movimiento del árido a través de la resistencia a la flexión de la losa. En consecuencia, la losa limita el movimiento del árido, aumentando las presiones hidrostáticas y la resistencia efectiva al cizallamiento del árido.

La losa 56 también puede disipar energía durante un evento de rebasamiento de final de pista a través de fallo por cizallamiento, ya que se forma una línea de fallo por cizallamiento en los lados interior y exterior de cada neumático que atraviesa la losa 56. La losa 56 también puede absorber energía del neumático, puesto que el neumático arrastra el material de la losa por debajo y muele ese material mediante la fractura de modo mixto y la trituración por fricción del material de la losa pulverizado contra sí mismo. La losa 56 también puede proporcionar resistencia inercial al neumático de la aeronave y absorber la cantidad de movimiento proporcional a la velocidad de la aeronave y la masa desplazada de la losa.

Regresando a la FIG. 1, el EMAS 50 puede incluir adicionalmente una pluralidad de anclajes puntuales 60 configurados para ayudar a retener el resto del EMAS 50 en su lugar cuando sea sometido a fuerzas ascendentes generadas por el chorro del reactor y/o para disipar la energía del avión durante un evento de rebasamiento de final de pista o frenado. Un anclaje puntual 60 incluye un disco 62 de incorporación y una correa o varilla 64 acoplado al disco 62 en un extremo proximal 66 y colgando, es decir, extendiéndose, hacia abajo del disco 62. Un anclaje 68 de pavimento fija la varilla 64 o la correa al pavimento subyacente del EMAS. Por ejemplo, un perno o remache puede fijar una placa de montaje 70 en un extremo distal 72 de la varilla 64 al pavimento subyacente.

Volviendo a las FIG. 5-9, el disco 62 de incorporación incluye un cubo 74 que recibe el extremo proximal 66 de la varilla 64 y una tapa 76 acoplada de forma frangible al cubo 74. La tapa 76 incluye una superficie superior 78 que, en un aspecto, puede ser sustancialmente lisa. En otro aspecto, la superficie superior 78 puede incluir una o más marcas 80 para facilitar la rotura de la tapa 76 en múltiples piezas o para proporcionar alivio para el enfriamiento posterior al moldeo del disco 62, promoviendo así un espesor uniforme de la tapa 76. Las marcas 80 pueden estar dispuestas en un patrón sobre la superficie superior 78. Por ejemplo, las marcas 80 pueden irradiar hacia afuera desde una cavidad central 82 de la superficie superior 78 y pueden estar espaciadas de forma sustancialmente equidistante con el fin de dividir la superficie superior 78 en una pluralidad de cuñas 84. La tapa 76 puede ser sustancialmente circular vista desde arriba. Alternativamente, la tapa 76 puede adoptar varias otras formas, tales como un triángulo, rectángulo, pentágono, hexágono, etc.

El anclaje puntual 60 también puede incluir un tapón superior (no mostrado) que cubre parte o la totalidad de la tapa 76. En particular, el tapón superior puede estar configurado para cubrir al menos la cavidad central 82 de la tapa 76, cubriendo así las tuercas que sujetan el disco 62 en su lugar y evitando la intrusión de lechada de capa de recubrimiento, suciedad, agua u otros cuerpos extraños en la cavidad central 82. El tapón superior, en un aspecto, puede ser instalado antes del vertido de la losa 56 y/o la aplicación del recubrimiento final 58, previniendo así la intrusión de lechada de losa y/o materiales de recubrimiento final en la cavidad central 82.

La tapa 76 también puede incluir una cara inferior 86 interrumpida por una pluralidad de refuerzos radiales 88. Los refuerzos 88 pueden estar equidistantemente espaciados alrededor del disco y pueden extenderse radialmente desde el cubo 74 hasta una periferia exterior 90 del disco 62. Cada refuerzo 88 puede extenderse hacia abajo desde la cara inferior 86 una mayor distancia longitudinal próxima al cubo 74 que la periferia exterior 90. Por ejemplo, cada refuerzo 88 puede ser aproximadamente triangular, con la hipotenusa 92 conectando la periferia exterior 90 al cubo 74. Los refuerzos 88 pueden adoptar otras formas, incluyendo, p. ej., tener un borde cóncavo o convexo sustituyendo la hipotenusa, como apreciará uno de los expertos en la materia de la técnica relevante.

Como se observa en las FIG. 5 y 6, uno o ambos del cubo 74 y de la cavidad central 82 pueden incluir una abertura configurada para recibir la varilla 64. Por ejemplo, la varilla 64 puede incluir un roscado externo 94, y el cubo 74 y/o la cavidad central 82 pueden incluir un roscado interno. Alternativamente, el cubo 74 y/o la cavidad central 82 pueden estar configurados para recibir una o más tuercas 96, teniendo las tuercas 96 un roscado 98 para enganchar el roscado 94 en la varilla 64. Por ejemplo, el cubo 74 y/o la cavidad central 82 pueden moldearse para tener una forma hexagonal u otra forma que coincida con la de las tuercas 96 o que impida de otro modo la rotación de las tuercas 96 en relación con el cubo 74 y/o la cavidad central 82. El sistema puede incluir un par de tuercas 96a, 96b dispuestas dentro del cubo 74, próximas a la tapa 76 y una tercera tuerca 96c espaciada de las dos primeras tuercas 96a, 96b y dispuesta próxima a una parte inferior del cubo 74. Una arandela 100 puede estar dispuesta entre el par de tuercas 96a, 96b y la tercera tuerca 96c, descansando la arandela 100 sobre un reborde 102 formado dentro del cubo 74. Como tal, la arandela 100 y las tuercas 96a, 96b pueden insertarse en el cubo 74 desde la parte superior, a través de la cavidad central 82, y la tuerca 96c puede insertarse en el cubo 74 desde la parte inferior. La arandela 100 puede ser comprimible con el fin de ajustar la dilatación térmica y la compresión de los componentes del anclaje puntual, incluyendo la varilla 64.

En otro aspecto, en lugar de una conexión roscada, la varilla 164 puede incluir una pluralidad de dientes 165, y el disco 162 puede incluir o estar acoplado operativamente a un trinquete configurado para deslizarse a lo largo de los dientes, similar a una conexión de tipo abrazadera plástica, como se observa mejor en las FIG. 10 y 11. En el caso de que el disco 162 sea presionado demasiado, el trinquete puede incluir un mecanismo de liberación que desengancha el trinquete de los dientes, permitiendo así que el disco 162 se invierta en una dirección a lo largo de la varilla 164. Una conexión de este tipo puede permitir una instalación rápida de una pluralidad de discos 162 mientras que también previene un desplazamiento verticalmente hacia arriba de los discos 162 durante el empuje normal del chorro del reactor debido a la naturaleza unidireccional de tales conectores.

Volviendo ahora a las FIG. 12 y 13, y con referencia al disco de las FIG. 5-9, el disco 62 puede incluir además un enlace débil intencional 104, que puede adoptar la forma de un fusible 106 en el centro del disco 62. El fusible 106 puede estar formado dentro del cubo 74 o de la cavidad central 82 y puede incluir una pluralidad de enlaces de cizallamiento o nervaduras 112 espaciados alrededor de una perifería del fusible 106 y que se extienden longitudinalmente a lo largo de al menos una parte de la longitud del fusible 106 para facilitar la separación de la varilla 64, las tuercas 96 y las arandelas 100 del cubo 74.

El disco 62 y otros elementos de los anclajes puntuales 60 pueden dimensionarse de acuerdo con las cargas a las que se espera que estén expuestos. Por ejemplo, la resistencia de la losa 56 puede determinar el tamaño del disco 62. En un ejemplo, la losa 56 puede tener una resistencia de aproximadamente 1379 a 4137 kPa (200 a 600 psi). Cuando se tiene en cuenta un factor de seguridad, la tapa 76 del disco 62 puede entonces tener un diámetro entre aproximadamente 10,16 cm (4 pulgadas) y aproximadamente 30,40 cm (12 pulgadas), o entre aproximadamente 10,16 cm (4 pulgadas) y aproximadamente 20,32 cm (8 pulgadas), y en un aspecto, aproximadamente 15,24 cm (6 pulgadas). En relación con esto, una menor resistencia de la losa puede requerir el uso de discos 62 más grandes.

El disco 62 también puede tener una altura entre aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada) y aproximadamente 15,24 cm (6 pulgadas), o entre aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada) y aproximadamente 10,16 cm (4 pulgadas), y en un aspecto, aproximadamente 5,08 cm (2 pulgadas). Entre aproximadamente 0,64 cm (1/4 de pulgada) y 2,54 cm (1 pulgada) de dicha altura, o entre aproximadamente 1,27 cm (1/2 pulgada) y 2,54 cm (1 pulgada) de esa altura, o en un aspecto, aproximadamente 1,59 cm (5/8") de esa altura puede corresponder a una parte del cubo 74 sin refuerzos 88. Por otro lado, las cuñas 84, los refuerzos 88, el cubo 74, pueden tener todos un espesor sustancialmente diferente o similar. Por ejemplo, cada uno de estos componentes puede tener un espesor de aproximadamente 0,0794 cm (1/32 de pulgada) a 0,635 cm (1/4 de pulgada), o en un aspecto, aproximadamente 0,159 cm (1/16 de pulgada), aunque otros espesores para uno o más de los componentes pueden ser posibles, p. ej., en función del tamaño del resto del disco 62, el número de discos 62 en una instalación, la carga de diseño, etc.

La varilla 64, las tuercas 96 y la arandela 100 pueden seleccionarse basándose en la disponibilidad habitual de dichos componentes. Por ejemplo, la varilla 64 puede tener un diámetro roscado de aproximadamente 0,635 cm (1/4 de pulgada) a 1,27 cm (1/2 pulgada), o en un aspecto, aproximadamente 0,95 cm (3/8 de pulgada), y las tuercas 96 y la arandela 100 pueden tener de manera similar diámetros internos de aproximadamente 0,635 cm (1/4 de pulgada) a 1,27 cm (1/2 pulgada), o en un aspecto, aproximadamente 0,95 cm (3/8 de pulgada). La varilla 64 y las tuercas 96 también pueden tener un número de roscas similar, p. ej., de 16 a 24 roscas por pulgada, con el fin de acoplarse de forma satisfactoria entre sí.

En aún otro aspecto (no mostrado), el disco 62 puede ser moldeado con roscas internas como una estructura unitaria, eliminando de este modo una o más de la pluralidad de tuercas 96 y/o arandela 100.

En el caso de un rebasamiento de final de pista por parte de un avión, es probable que los neumáticos del avión entren en contacto directo con uno o más de los anclajes puntuales 60. Por tanto, el anclaje puntual 60, con la excepción del anclaje de pavimento 68 y la placa de montaje 70, preferentemente están formados de materiales no metálicos, para evitar pinchazos, cortes u otros daños a los neumáticos. Al mismo tiempo, el anclaje puntual 60, y el disco 62 en particular, son preferentemente lo suficientemente rígidos como para soportar las fuerzas del chorro del reactor en condiciones normales sin deformación plástica o fallo. Por tanto, en un aspecto, el disco 62 puede ser un nailon relleno de vidrio moldeado por inyección no dúctil, tal como un nailon relleno de vidrio al 33 % que tenga un esfuerzo de rotura f_u de aproximadamente 144,790 kPa (21.000 psi) y una deformación última ϵ_u de aproximadamente 4,5 %. Por ejemplo, el disco 62 puede estar hecho de un nailon 70G33HSIL NC010 vendido por DuPont con la marca registrada ZYTEL. Otros materiales adecuados incluyen, pero no se limitan a, polímeros plásticos que son relativamente rígidos, incluyendo, p. ej., acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) natural, ABS con relleno de vidrio, polipropileno natural, polipropileno con relleno de vidrio y polipropileno de alta densidad (HDPE).

De forma similar, la varilla 64, las tuercas 96 y la arandela 100 también pueden estar hechas de materiales no metálicos. La varilla 64 puede ser de fibra de vidrio de alta resistencia, las tuercas 64 también pueden ser de fibra de vidrio, y la arandela puede estar hecha de nailon. Pueden usarse otros materiales, incluyendo otros polímeros plásticos, para cada uno de estos componentes, así como para el disco 62, como apreciará uno de los expertos en la materia de la técnica relevante, siempre que estos materiales hagan que el anclaje puntual 60 se comporte de la siguiente manera bajo diferentes condiciones de carga:

En un funcionamiento de servicio normal, las cargas de una superficie superior de la losa de recubrimiento 56 pueden ser transferidas a la cara inferior 86 del disco 62, que está incorporado en la losa 56, debido al apoyo de la tapa 76 contra la cara superior de la losa 56. Las fuerzas de apoyo pueden ser idealizadas como una carga uniformemente distribuida, como se muestra en la FIG. 14, y esa carga puede ser transferida a la varilla 64 a través de los refuerzo 88 y el cubo 74. Durante el funcionamiento normal, cada disco 62 puede estar configurado para soportar una fuerza ascendente causada por un chorro del reactor de aproximadamente 340,1 (750) a aproximadamente 1360,7 kg (3000 lbs), y en un aspecto, aproximadamente 680,3 kg (1.500 libras). Por tanto, el sistema 50 puede incluir una pluralidad de anclajes puntuales 60 con el fin de distribuir la fuerza del chorro del reactor y mantener la carga máxima en uno cualquiera de un anclaje puntual 60 en el umbral de carga o por debajo del mismo. Por ejemplo, se puede disponer un mayor número de anclajes puntuales 60 a lo largo de un borde más cercano a y perpendicular a la pista o área destinada al rodaje, ya que allí se pueden experimentar los mayores chorros del reactor. En otro ejemplo, una pluralidad de anclajes puntuales puede estar dispuesta en una cuadrícula de filas y columnas sustancialmente perpendiculares, una cuadrícula de filas y/o columnas escalonadas en las que los elementos de fila o columna adyacentes están desplazados unos de otros en lugar de estar en línea, o alguna otra distribución generalmente uniforme.

En otro ejemplo más, como se observa en las FIG. 15 y 16, la bancada puede ser dividida en una pluralidad de zonas alternando entre zonas firmemente ancladas y zonas muy ancladas. Los anclajes en ambas zonas en la FIG. 15 están dispuestos en una cuadrícula cuadrada de filas y columnas alineadas. En contraposición, los anclajes en ambas zonas en la FIG. 16 están dispuestos en un patrón de diamante, por lo que las filas y/o columnas sucesivas de anclajes están desplazadas unas de otras. Se apreciará que un EMAS pueda incluir tanto configuraciones de cuadrículas cuadradas como de diamante, así como otras disposiciones de anclajes puntuales.

Adicionalmente, en ambas figuras, una primera zona más cercana a un extremo de la pista incluye anclajes menos espaciados que en una segunda zona sucesiva, aunque se apreciará que la disposición de las zonas pueda invertirse. También se apreciará que un EMAS pueda incluir más de dos zonas de diferentes disposiciones, donde las zonas pueden ser de longitudes iguales o desiguales.

El espaciado entre los anclajes puntuales 60 puede determinarse por el tamaño de los anclajes, las características de la bancada de frenado del EMAS (p. ej., un espesor de una cobertura de losa, y las cargas ascendentes que pueden ser generadas por la flota de diseño de cada aeropuerto individual, p. ej., los aeropuertos más pequeños pueden no requerir que los anclajes puntuales 60 estén poco espaciados ya que las aeronaves más pequeñas normalmente generan menos empuje ascensional.

En un aspecto, un espaciado de entre aproximadamente 0,61 m (2,0 pies) y aproximadamente 1,83 m (6 pies), o entre aproximadamente 0,76 cm (2,5 pies) y aproximadamente 1,52 m (5 pies), entre los anclajes puntuales 60 puede ser suficiente. En otro aspecto, el espaciado puede variar en función de la distancia del chorro del reactor. Por ejemplo, la bancada puede dividirse en múltiples zonas, con las zonas más cercanas al chorro del reactor teniendo discos 62 que están menos espaciados que las zonas más alejadas del chorro del reactor. En un ejemplo específico, la bancada puede estar dividida por la mitad, con la mitad más cercana al chorro del reactor teniendo discos 62 espaciados aproximadamente 0,76 cm (2,5 pies) de distancia y la mitad más alejada del chorro del reactor teniendo discos 62 espaciados a aproximadamente 1,52 m (5 pies) de distancia.

La FIG. 17 representa un gráfico de franjas que representa deflexiones dentro del disco 62 cuando es sometido a una fuerza de carga de 680,39 kgf (1500 lbf). Los desplazamientos máximos se producen entre los refuerzos 88 próximos a la periferia externa 90 del disco 62 y son inferiores a 0,254 cm (0,1 pulgadas). Tales niveles de desplazamiento pueden considerarse insignificantes y además pueden representar deformaciones elásticas, de tal manera que pueden no tener ningún impacto negativo en el desempeño del grado de eficiencia del EMAS 50 ni degradación del propio disco 62 de incorporación. La FIG. 18 representa los esfuerzos en el disco 62 durante la misma carga. Los esfuerzos están generalmente por debajo de 68,950 kPa (10.000 psi), con un esfuerzo máximo inferior a aproximadamente 110,320 kPa (16.000 psi), ambas muy por debajo del límite de diseño de aproximadamente 144,795 kPa (21.000 psi). Por tanto, en condiciones de funcionamiento de servicio normal, el disco 62 resiste las fuerzas de carga asociadas a las cargas típicas del chorro del reactor, mientras permanece relativamente indeformable. De la misma manera, los esfuerzos son lo suficientemente bajos como para que las deformaciones puedan ser elásticas y, por tanto, las deformaciones son completamente reversibles una vez que se elimina la carga.

Bajo condiciones de carga ascendente extremas, el disco 62 está configurado para romperse y fallar en una o más ubicaciones predeterminadas cuando se alcanza una cantidad de carga predeterminada. Por ejemplo, el disco 62 puede fallar en el fusible 106 y, específicamente, en una o más de las nervaduras 112. Estos elementos pueden permanecer esencialmente indeformables hasta fallar por cizallamiento una vez sobrecargados. Como tal, el fusible 106 puede separarse del resto del disco 62, p. ej., a lo largo de la trayectoria de fractura representada en la FIG. 13. Debido al factor de seguridad incorporado en el disco como resultado de su diseño y elección de materiales, la fractura puede no producirse hasta que el disco 62 experimente una carga ascendente aproximadamente 65 % mayor que la carga de funcionamiento estándar. Por tanto, como resultado de su fallo en una ubicación predeterminada, la inspección de los discos 62 por sobrecarga y su subsecuente reemplazo o reparación puede ser simplificada.

Además de fallar en el fusible 106, el anclaje puntual 60, mediante la elección del material y del diseño, puede configurarse para fallar en una o más ubicaciones adicionales, aunque dicho fallo puede producirse a cargas más altas que la carga de rotura del fusible 106. Dichos modos de fallo adicionales pueden incluir: 1) fallo por perforación del recubrimiento final 58 y/o de la losa 56 por el disco 62 en las proximidades del disco 62; 2) extracción de las roscas 94, 98 de una o ambas de la varilla 64 y de las tuercas 96; 3) fractura de la varilla 64; y 4) fallo por arrancamiento del anclaje 68 de pavimento que fija el anclaje puntual 60 al pavimento subyacente. El EMAS 50 emplea preferentemente un diseño equilibrado, de manera que estos modos de fallo se enumeran generalmente en orden creciente de la carga necesaria para provocar dichos fallos. Por tanto, como puede observarse, es más probable que los fallos del anclaje puntual 60 próximo a una parte superior del EMAS 50 se produzcan en primer lugar, lo que de nuevo simplifica la inspección y la reparación, ya que esos elementos con fallo pueden sustituirse sin tener que retirar todo el árido 54, la losa 56 y el recubrimiento final 58 alrededor del anclaje puntual con el fin de llegar al pavimento donde el anclaje 68 ha sido arrancado.

En condiciones de rebasamiento de final de pista por parte de un avión, el anclaje puntual 60 está configurado para desviarse lejos del neumático de avión y/o fracturarse en una o más ubicaciones. Por ejemplo, las FIG. 19 y 20 representan los resultados de dos simulaciones de rebasamiento de final de pista de elementos finitos en las que un neumático de avión penetra el EMAS 50 15,24 cm (6 pulgadas) y 30,48 cm (12 pulgadas), respectivamente. A partir de estas simulaciones, se puede observar que los anclajes puntuales actúan como elementos de ruptura durante un evento de rebasamiento de final de pista y no causan daños a los neumáticos que pasan por encima de ellos. En el evento de rebasamiento de final de pista menor de la FIG. 19, el disco 62 es desplazado hacia adelante por el neumático, mientras se mantiene conectado por la varilla 64. Con el tiempo, el disco 62 se fractura en el fusible 106, mientras que la tapa 76 se fractura además en múltiples ubicaciones, incluyendo a lo largo de las rayas marcadoras 80. Modos de fallo similares se observan en el evento de rebasamiento de final de pista mayor de la FIG. 20. En este último evento, también se observará que el neumático desplaza el árido y la losa 56, forzando a la losa 56 a una subida vertical. Ese desplazamiento puede aplicar suficiente empuje para provocar la fractura del fusible 106 incluso antes de entrar en contacto con el neumático. Por tanto, la tapa 76 puede proporcionar una resistencia escasa o nula al neumático, reduciendo aún más la probabilidad de que la tapa dañe el neumático. Como tal, puede entenderse que un enfoque primario del anclaje puntual 60 es mantener el árido 54 y la losa 56 en su lugar, mientras que el objetivo de disminuir la velocidad del avión en un evento de rebasamiento de final de pista es manejado principalmente por el árido 54 y la losa 56.

En otro aspecto, una de las tuercas 96 puede ser metálica. Alternativamente, el disco 62 puede incluir un componente metálico incorporado, sin dejar de ser principalmente no metálico. Como tal, puede ser posible localizar los anclajes puntuales 60 usando un detector de metales, incluso cuando están cubiertos por la losa 56 y/o el recubrimiento final 58.

El uso de anclajes puntuales 60 en el EMAS 50 puede facilitar la construcción de la bancada de frenado, incluyendo la reducción de tiempo durante la instalación y reparación. Sin tener que trabajar alrededor de las secciones de geomalla ya instaladas en la bancada, el relleno, la compactación y la nivelación del árido 54 en el sistema y método actuales pueden producirse más rápidamente que en instalaciones anteriores y, en última instancia, pueden dar como resultado una losa 56 con un espesor más uniforme para proporcionar características de frenado más consistentes. Adicionalmente, en lugar de tener que excavar grandes secciones de la bancada de frenado, el reemplazo completo de un anclaje puntual 60 puede requerir solamente excavar un área pequeña con el fin de llegar al anclaje 68 en la parte inferior de la bancada. Es más, si la varilla 64 permanece intacta pero el disco 62 se fractura en una o más ubicaciones, puede ser posible reemplazar sólo el disco 62 sin realizar ninguna excavación o excavando solamente unos pocos centímetros (donde 1 pulgada = 2,54 cm) de la bancada. Este ahorro de tiempo puede ser particularmente importante cuando se aplica a pistas muy transitadas que no pueden permanecer cerradas durante largos períodos de tiempo. Por otro lado, debido a que el disco 62 puede estar incorporado debajo del recubrimiento final 58, puede ser posible conducir el equipo de retirada de nieve sobre el EMAS 50 sin causar daños a ninguno de los discos 62, manteniendo así la integridad del EMAS 50.

Adicionalmente, el uso de los anclajes puntuales 60 en el EMAS 50 puede mejorar el rendimiento del EMAS durante los eventos de rebasamiento de final de pista. Las bancadas de frenado que emplean los anclajes puntuales 60 pueden tener un rendimiento de frenado uniforme, independientemente de una dirección de rodadura de los neumáticos de la aeronave.

Volviendo a la FIG. 21, el siguiente método 200 puede ser empleado para instalar el EMAS 50 en el extremo de una pista. El método 200 puede incluir fijar 202 los anclajes puntuales 60 al pavimento o a otra base de una bancada, p. ej., mediante el uso de un anclaje 68 de pavimento pasado a través de una placa de montaje 70 en un extremo distal 72 de la varilla 64 y luego incorporado en el pavimento o base. Antes o después de la etapa de fijación 202, el método 200 también puede incluir fijar 204 la varilla 64 al anclaje puntual 60. Adicionalmente, el método 200 puede incluir rellenar 206 el área de bancada con árido 54. El método 200 también puede incluir ajustar el disco 62 en relación con la varilla 64, p. ej., girándolo a lo largo del roscado para subirlo o bajarlo, hasta que se alcance una posición deseada del disco.

Después del relleno 206 del área de bancada con el árido 54, el método 200 incluye compactar 208 y nivelar 210 el árido 54 hasta alcanzar una altura deseada. Como resultado de la compactación, el árido puede dividirse en una pluralidad de capas horizontales generalmente apiladas una sobre la otra. Por ejemplo, el árido puede incluir una primera sección y una segunda sección, donde la primera sección está dispuesta por debajo de la segunda sección, y la segunda sección está en contacto con una capa de separación instalada por encima del árido. La segunda sección puede estar mejor compactada, de tal manera que puede ser más densa que la primera sección.

Después de eso, el método 200 puede incluir instalar 212 la capa de separación para prevenir la intrusión de lechada de losa en el árido. En un aspecto, la capa de separación puede ser un tejido geotextil, aunque pueden emplearse otros materiales de capa de separación, como una lámina de plástico de polipropileno, como apreciará uno de los expertos en la materia de la técnica relevante. El método 200 puede incluir además acoplar 214 el disco 62 al extremo proximal 66 de la varilla, p. ej., mediante el uso del roscado 94, 98, las tuercas 96 y la arandela 100. Opcionalmente, el método 200 también puede incluir fijar 216 un tapón superior sobre el disco 62.

Tras la etapa de instalación, el método 200 puede incluir verter 218 material de losa 56 sobre la bancada. El material de losa puede estar en forma de una lechada cementosa, de tal manera que puede fluir por debajo del disco 62 de incorporación a medida que se vierte, rellenando los espacios entre los refuerzos 88. El método 200 puede entonces incluir enrasar 220 o nivelar de otro modo la losa de tal manera que la losa se encuentre en o por encima de la superficie superior 78 del disco 62. Por ejemplo, la losa 56 puede ser vertida a una altura que cubra sustancialmente el disco 62, de tal manera que el disco 62 quede incorporado dentro de la losa 56.

En un aspecto, la losa 56 puede comprender un único material tal como hormigón celular o CLSM. En otro aspecto, la losa 56 puede comprender múltiples materiales tales como hormigón celular y CLSM. En este último aspecto, los múltiples materiales pueden verse como múltiples zonas dentro del EMAS 50. Por ejemplo, el CLSM puede usarse para formar la parte de la losa 56 más cercana a la pista, es decir, una parte de entrada del EMAS 50, y el hormigón celular puede usarse para formar la parte de la losa 56 más alejada de la pista. En otro aspecto, los múltiples materiales pueden formar zonas alternas perpendiculares a la dirección de la pista. Todavía pueden ser posibles otras configuraciones de losa que empleen múltiples materiales.

Después de que la losa 56 se haya curado lo suficiente, el método 200 puede incluir superponer 222 el recubrimiento final 58 para producir un EMAS 50 acabado.

La varilla 64 puede ser suficientemente rígida para permanecer sustancialmente vertical bajo su propio peso después de ser fijada al pavimento subyacente o a la base de la bancada. En otro aspecto, un manguito de soporte puede ser colocado alrededor de la varilla 64 con el fin de posicionarla verticalmente. Una vez colocado el árido 54, el manguito puede retirarse, dejando la varilla 64 en la ubicación final deseada. En esta alternativa, el disco 62 puede no acoplarse a la varilla 64 hasta después de retirar el manguito.

En una realización alternativa, como se observa en la FIG. 22, el método 300 puede incluir rellenar 302 el área de bancada con el árido 54, luego compactar 304 y nivelar 306 el árido 54, e instalar 308 una capa de separación. A continuación, el método 300 puede incluir perforar o prensar 310 a través del árido hasta la cimentación de bancada, seguido de fijar 312 los anclajes 68 de pavimento al pavimento subyacente o a base de la bancada, p. ej., uniendo la varilla al anclaje de pavimento usando un acoplador, y fijando 314 los anclajes 68 de pavimento a sus respectivas varillas 64. El método 300 también puede incluir acoplar 316 el disco 62 al extremo proximal 66 de la varilla, p. ej., mediante el uso del roscado 94, 98, las tuercas 96 y la arandela 100, de tal manera que una cara inferior 86 del disco 62 descansa sobre o justo por encima de la parte superior del árido 54. Aunque se muestra como continuación de las etapas de fijación 312, 314, la etapa de acoplamiento 316 puede preceder alternativamente a cualquiera o ambas de dichas etapas de fijación. En cualquier caso, el método 300 también puede incluir ajustar la altura del disco 62 en relación con la varilla 64, p. ej., girándolo a lo largo del roscado de varilla para subirlo o bajarlo, hasta que se alcance una altura deseada del disco. Opcionalmente, el método 300 también puede incluir fijar 317 un tapón superior sobre el disco 62.

El método 300 puede acto seguido incluir verter 318 material de losa 56 sobre la bancada. El material de losa puede estar en forma de una lechada, de tal manera que puede fluir por debajo del disco 62 a medida que se vierte, rellenando los espacios entre los refuerzos 88. El método 300 puede entonces incluir enrasar 320 o nivelar de otro modo la losa de tal manera que la losa se encuentre en o por encima de la superficie superior 78 del disco 62. Por ejemplo, la losa 56 puede ser vertida a una altura que cubra sustancialmente el disco 62, de tal manera que el disco 62 quede incorporado dentro de la losa 56.

Después de que la losa 56 se haya curado lo suficiente, el método 300 puede incluir superponer 322 el recubrimiento final 58 para producir un EMAS 50 acabado.

Pasando ahora a la FIG. 23, se representa un ejemplo de la fuerza de arrastre normalizada versus distancia para una prueba física que implica un recorrido de neumático de avión a través de una bancada de EMAS con una capa de recubrimiento de hormigón celular. Como se observa en esa figura, la fuerza de arrastre normalizada tiende a disminuir a medida que la aeronave se desplaza a través del EMAS en función de la velocidad durante la prueba. Esa fuerza

normalizada también se mantiene generalmente entre 0,5 y 0,9, lo que indica que el neumático de la aeronave experimenta una carga de arrastre generalmente constante, e indica además la ausencia de efectos de carga extremos.

5 La FIG. 24 representa varios ejemplos de modos de fallo real versus previsto del disco 62, cuando estos discos estaban incorporados en un EMAS del tipo descrito en el presente documento y estaban expuestos a un recorrido de neumático de aeronave a través del EMAS, como sería probable durante un evento de rebasamiento de final de pista. Como ilustra la figura, los discos fallaron en varios puntos a lo largo de la tapa 76. Si bien no se muestra en esta figura, ninguno de los discos 62 dañó o de otro modo afectó al neumático de prueba.

10 A partir de este ensayo, se puede observar que los anclajes puntuales 60 pueden usarse tanto con hormigón celular como con CLSM como material de losa. También, estos anclajes puntuales 60 son mucho más fáciles de trabajar que la geomalla, proporcionando facilidad y rapidez de instalación, buen rendimiento de rotura, y ausencia de daños aparentes en los neumáticos de las aeronaves.

15 Pasando ahora a las FIG. 25-34, se contemplan variantes adicionales a la parte de losa del EMAS. En particular, la cara inferior de la losa está configurada para incluir huecos entre el árido y la losa suprayacente. Cada una de las variantes descritas en el presente documento puede ser empleada con las diversas configuraciones de áridos analizadas anteriormente, o pueden ser empleadas sobre la parte superior de otros áridos rompibles como sería apreciado por los expertos en la materia de la técnica relevante.

20 Las FIG. 25 y 26 ilustran una losa 400 que tiene una cara inferior 402 que incluye una pluralidad de nervaduras 404 colgando hacia abajo de la misma. Cada nervadura 404 puede tener un primer espesor t_1 , mientras que las partes 406 de la losa 400 entre las nervaduras 404 pueden tener un segundo espesor t_2 . En un caso, el primer espesor puede ser tan grande o más grande que el segundo espesor. Por ejemplo, el primer espesor puede ser entre aproximadamente 1 1/2 y aproximadamente 3 veces el del segundo espesor o, en otro ejemplo, aproximadamente el doble al del segundo espesor. Las nervaduras 404 pueden ser ahusadas, de tal manera que un extremo distal libre 408 puede tener una anchura menor que la anchura en un extremo proximal 410. Cada lado 412 puede formar un ángulo θ con el extremo distal 408, donde ese ángulo preferentemente está entre aproximadamente 45 grados y aproximadamente 90 grados y, en una realización, es de aproximadamente 60 grados. Adicionalmente, la distancia d_2 del extremo distal 408 puede ser diferente a una distancia d_1 de las partes 406 entre las nervaduras 404. Por ejemplo, la distancia d_1 puede ser al menos tan grande como la distancia d_2 y, preferentemente, es mayor que esa distancia. La Fig. 26 ilustra que, en un caso, la distancia d_1 puede ser aproximadamente el doble de la distancia d_2 .

35 Las nervaduras 404 pueden ser sustancialmente paralelas entre sí a lo largo de una longitud del EMAS. Como se observa en la FIG. 25, las nervaduras 404 pueden ser sustancialmente lineales a lo largo de sus longitudes, aunque otras variaciones están dentro del alcance de esta divulgación. Por ejemplo, las nervaduras pueden estar en zig-zag, ser sinusoidales o, de otro modo, curvilíneas, mientras que aún permanecen sustancialmente paralelas entre sí.

40 Volviendo ahora a las FIG. 27 y 28, se apreciará que las nervaduras 404 puedan ser orientadas en una o más formas a lo largo de un EMAS con respecto a una dirección de recorrido de una aeronave, es decir, con respecto a una dirección de una pista adyacente a la cual está instalado el EMAS. La FIG. 27 ilustra que las nervaduras 404 pueden estar orientadas generalmente en perpendicular a esa dirección de recorrido, mientras que la FIG. 28 ilustra de manera alternativa que las nervaduras 404 pueden estar orientadas generalmente en paralelo a la dirección de recorrido. En otra alternativa más, las nervaduras 404 pueden estar desplazadas en algún ángulo entre las orientaciones de las FIG. 27 y 28, p. ej., en un ángulo de 45 grados con respecto a ambas.

50 Las FIG. 27 y 28 también ilustran que el EMAS puede ser dividido en una pluralidad de zonas, incluyendo una primera zona 414 adyacente a una entrada 416 al EMAS y una segunda zona 418 adyacente a la primera zona 414. La primera zona 414 puede incluir nervaduras 404a menos espaciadas entre sí que las nervaduras 404b de la segunda zona 418, lo que puede dar lugar a una mayor resistencia y desaceleración de los neumáticos de la aeronave que pasan por la primera zona 414 en comparación con la segunda zona 418. Alternativamente, el espaciado entre nervaduras puede variar dentro de una zona, p. ej., de un conjunto de nervaduras a otro, en lugar de tener múltiples zonas distintas donde el espaciado entre nervaduras es sustancialmente idéntico dentro de una zona dada.

55 Adicionalmente, las nervaduras 404a, 404b pueden servir para dar rigidez a sus respectivas zonas de losa 414, 418 y mejorar la resistencia a la flexión. Como resultado del mayor número de nervaduras 404a próximas a la entrada 416 al EMAS, la primera zona 414 puede presentar mejores características de resistencia, resistiendo así mejor las cargas ascensionales debidas al chorro del reactor y al viento, que pueden ser significativas cuando las aeronaves están en un punto alejado del EMAS, p. ej., cuando se utiliza el extremo de la pista en el que está situado el EMAS como extremo de inicio para los despegues de aeronaves.

65 Pasando ahora a las FIG. 29-31, en otro aspecto, la losa 430 puede incluir una cara inferior 432 con un patrón en forma de nido de abeja 434 colgando hacia abajo de la misma. El patrón en forma de nido de abeja 434 puede comprender una primera serie de nervaduras 436 colgando hacia abajo de la cara inferior 432 en una primera dirección y una segunda serie de nervaduras 438 colgando hacia abajo de la cara inferior 432 en una segunda dirección, donde la segunda dirección puede ser perpendicular a o de otra manera estar en ángulo con respecto a la primera dirección.

En un aspecto, las series de nervaduras primera y segunda 436, 438 pueden tener una forma similar, p. ej., tener una forma similar a las nervaduras 404 descritas anteriormente. Por ejemplo, las nervaduras 436 pueden tener un primer espesor t_3 , mientras que las partes 440 de la losa 430 entre las nervaduras 436 pueden tener un segundo espesor t_4 . Las nervaduras 438 pueden tener de manera similar un primer espesor t_5 , mientras que las partes de la losa 430 entre las nervaduras 438 pueden tener un segundo espesor t_6 . El espesor t_3 puede ser sustancialmente igual al espesor t_5 , y el espesor t_4 puede ser sustancialmente igual al espesor t_6 . Alternativamente, los respectivos primeros espesores pueden ser diferentes y los respectivos segundos espesores pueden ser diferentes, aunque un total de los espesores primero y segundo para cada serie de nervaduras 436, 438 puede ser sustancialmente igual. En otra realización más, los primeros espesores pueden ser diferentes de los segundos espesores y el total de los espesores primero y segundo de la primera serie de nervaduras 436 puede ser diferente del total de los espesores primero y segundo de la segunda serie de nervaduras.

Adicionalmente, cada una de la primera serie de nervaduras 436 y la segunda serie de nervaduras 438 puede ser ahusada, de tal manera que un extremo distal libre 444, 446, respectivamente, puede tener una anchura menor que la anchura en un extremo proximal 448, 450, respectivamente. Cada lado 452 de la primera serie de nervaduras 436 puede formar un ángulo α con el extremo distal 444, y cada lado 454 de la segunda serie de nervaduras 438 puede formar un ángulo β con el extremo distal 445. Cada uno de los ángulos α y β puede estar entre aproximadamente 45 grados y aproximadamente 90 grados y, en una realización, cada uno es de aproximadamente 60 grados.

Adicionalmente, la distancia d_4 del extremo distal 444 de la primera serie de nervaduras 436 puede ser diferente a una distancia d_3 de las partes 440 entre las nervaduras 436. Por ejemplo, la distancia d_4 puede ser al menos tan grande como la distancia d_3 y, preferentemente, es mayor que esa distancia. La segunda serie de nervaduras 438 puede estar configurada de manera similar con respecto a las distancias d_6 y d_5 respectivas. La Fig. 30 ilustra que, en un caso, la distancia d_3 puede ser entre aproximadamente una y dos veces mayor que la distancia d_4 . Por el contrario, la distancia d_5 puede ser entre aproximadamente 3 y aproximadamente 5 veces la distancia d_6 . Las distancias d_1 a d_6 respectivas pueden modificarse según sea necesario, p. ej., con el fin de personalizar la frangibilidad de las losas 400, 430 respectivas o con el fin de cambiar las formas del patrón en nido de abeja. Por ejemplo, las nervaduras 436, 438 en la FIG. 29 dan como resultado un patrón en nido de abeja en el cual un área rebajada central 456 es rectangular. Alternativamente, las FIG. 32 y 33 representan un patrón en nido de abeja en el que las nervaduras 436, 438 están dimensionadas y espaciadas de tal manera que el área rebajada central es cuadrada.

Pasando ahora a las FIG. 32-34, se apreciará que las nervaduras primera y segunda 436, 438 puedan ser orientadas en una o más formas a lo largo de un EMAS con respecto a una dirección de recorrido de una aeronave, es decir, con respecto a una dirección de una pista adyacente a la cual está instalado el EMAS. La FIG. 32 ilustra que las primeras nervaduras 436 pueden estar orientadas generalmente en paralelo a esa dirección, mientras que las segundas nervaduras 438 están orientadas generalmente en perpendicular a esa dirección. Alternativamente, la FIG. 33 ilustra que ambas nervaduras 436, 438 pueden estar desplazadas en algún ángulo relativo a la dirección de recorrido, p. ej., en un ángulo de 45 o 135 grados, aunque otras cantidades de desplazamiento son posibles. Adicionalmente, en la FIG. 33, las nervaduras primera y segunda 436, 438 permanecen generalmente perpendiculares una a la otra. En otro aspecto, las nervaduras pueden estar en ángulo agudo u obtuso entre sí.

La FIG. 34 ilustra que el EMAS puede ser dividido en una pluralidad de zonas, incluyendo una primera zona 458 adyacente a una entrada 460 al EMAS y una segunda zona 462 adyacente a la primera zona 458. La primera zona 458 puede incluir nervaduras primera y segunda 436a, 438a menos espaciadas entre sí que las nervaduras 436b, 438b en la segunda zona 462. La FIG. 34 ilustra además que el espaciado relativo entre las nervaduras primera y segunda puede variar de la primera zona 458 a la segunda zona 462, p. ej., provocando que la forma de los patrones en nido de abeja cambie de generalmente cuadrada a rectangular. La alineación y dimensionamiento de las nervaduras dentro de cada zona y entre zonas puede ser modificado para lograr resultados similares analizados anteriormente con respecto a las disposiciones de las FIG. 27 y 28.

En otro aspecto, la configuración de las nervaduras puede variar de zona a zona, por lo que una primera zona puede incluir sólo nervaduras y una segunda zona puede incluir nervaduras con patrón en nido de abeja o viceversa. En otro aspecto más, el EMAS puede incluir una o más zonas planas sin nervaduras ni nidos de abeja, donde la zona o zonas planas pueden estar situadas delante de las otras zonas, entre una o más otras zonas, o después de las otras zonas. En otro aspecto adicional, los nidos de abeja pueden ser algo más que rectangulares. Por ejemplo, la FIG. 35 representa un EMAS con varios nidos de abeja circulares. Otras formas para la cara inferior de la losa son posibles, como apreciará uno de los expertos en la materia de la técnica relevante.

Las configuraciones de nervaduras o nidos de abeja analizadas anteriormente pueden mejorar las losas planas que se instalan directamente encima de un árido al proporcionar una perforación más fácil por parte de un neumático de aeronave y un menor limitación del árido subyacente. En particular, este último beneficio puede permitir una mayor transferencia de energía de la aeronave al árido, lo que permite que el EMAS frene la aeronave más rápidamente.

Tales beneficios pueden lograrse haciendo que las nervaduras o los patrones de nido de abeja definan una pluralidad de huecos entre la losa y el árido subyacente. A este respecto, debe entenderse que un hueco no se refiere

necesariamente a un espacio vacío o con relleno de aire entre las dos estructuras. Más bien, un hueco debe ser considerado como una o más áreas entre el árido y la losa que están rellenas con algo distinto a la losa. La FIG. 36 representa un EMAS con un primer hueco 464, donde ese hueco está relleno de aire. La FIG. 37 representa un EMAS con uno o más segundos huecos 466, donde los huecos 466 están definidos por un encofrado 468 que proporciona una forma de las nervaduras resultantes en la losa, así como una parte con relleno de aire 470 entre el encofrado 468 y el árido. La FIG. 38 representa todavía otro EMAS con uno o más terceros huecos 472, donde el tercer hueco 472 está definido por un encofrado 474 que descansa sobre el árido y sustancialmente rellena por completo un área entre el árido y la losa. En otro aspecto más, los huecos de las FIG. 36 y 37 pueden reemplazarse una o más de las partes con relleno de aire con un medio diferente, p. ej., una espuma ligera o plástico.

Con respecto a las FIG. 37 y 38, los encofrados 468, 474 pueden comprender un material que proporcione suficiente resistencia para soportar la losa mientras que sea lo suficientemente quebradizo para fracturarse con facilidad bajo las cargas provocadas por los neumáticos de aeronave que pasan por el EMAS. Por ejemplo, el encofrado puede comprender un plástico o polímero con características quebradizas incluyendo, pero sin limitación, poliestireno, ácido poliláctico (PLA), cloruro de polivinilo (PVC), metacrilato de polimetilo u otros acrílicos.

Como se ha analizado anteriormente, un método para fabricar una losa es verter el material de losa, p. ej., CLSM, hormigón celular, u otro material de losa, encima del árido. En estos casos de colado in situ (CIP, *cast-in-place*), el método puede modificarse para incluir la etapa de posicionar un encofrado encima del árido antes de verter la losa. Como tal, el material de losa puede fluir para ajustarse a la forma del encofrado, dando lugar a la formación tanto de la losa como del hueco subyacente. En el caso de que el hueco incluya algún medio distinto del aire y además del encofrado, ese medio adicional puede instalarse encima del árido o en los espacios del encofrado, antes de instalar el encofrado.

Como alternativa a los métodos de CIP, la losa puede ser precolada (PC) en su forma deseada antes de instalar la losa encima del árido. El precolado puede ser favorable, puesto que reduce el tiempo necesario para construir el EMAS, lo que puede ser significativo cuando ese EMAS se está instalando en el extremo de las pistas activas o cuando esa instalación requiere cerrar una pista activa. En tales ocasiones, el material de losa puede verterse en un molde que forma la cara inferior deseada y se deja curar. Una vez curada, la losa puede separarse del encofrado, lo que permite instalar únicamente la losa encima del árido. Alternativamente, el encofrado puede permanecer adherido a o en contacto de otro modo con la losa vertida, con ambos componentes siendo instalados encima del árido, de forma que el encofrado se convierte en un componente permanente del EMAS.

Cualquiera de las losas analizadas anteriormente también pueden ser fijadas al EMAS usando una o más de las estructuras de fijación analizadas en el presente documento, o usando otro método de fijación como apreciarían los expertos en la materia de la técnica relevante. Por ejemplo, las FIG. 39 y 40 ilustran un ejemplo de una losa con nervaduras que se instala usando geomalla, y las FIG. 41 y 42 ilustran un ejemplo de una losa con nervaduras que se instala usando elementos de retención tipo disco. En ambos ejemplos, la geomalla y los discos se instalan en línea con las nervaduras, lo que puede aumentar el espesor de la losa a través de la cual pasan esos mecanismos de fijación, aumentando así su eficacia. Al mismo tiempo, una geomalla, disco u otro mecanismo de fijación puede instalarse a través de otras partes de la losa. Adicionalmente, en ambos ejemplos, el hueco se representa como un medio único y uniforme, que puede ser aire u otro medio como el poliestireno. Como se ha analizado anteriormente, sin embargo, el hueco puede comprender una pluralidad de medios diferentes, lo que puede no tener ningún efecto sobre el método de fijación de la losa al resto del EMAS.

Las estructuras de losa que incluyen las nervaduras o estructuras en nido de abeja descritas en el presente documento pueden ser más rígidas y ligeras que una losa plana equivalente y, en relación con esto, pueden formarse usando menos material que una losa plana. Al mismo tiempo, estas losas presentan mejores características de resistencia con respecto a las cargas ascendentes. Por ejemplo, la inclusión de nervaduras o de una estructura similar a un nido de abeja puede servir para dar rigidez a la losa y aumentar su resistencia a la flexión en comparación con una losa plana. Como resultado, puede que sea necesario usar menos anclajes (p. ej., geomalla o los anclajes de disco analizados en el presente documento) para fijar la losa, lo que reduce aún más los materiales y el tiempo de construcción. Es más, como se observa en la FIG. 43, la formación de regiones de losa más delgadas entre las nervaduras puede dar como resultado regiones comparativamente más débiles que permiten la perforación o fractura de la losa durante un evento de rebasamiento de final de pista por parte de aeronaves más pequeñas y/o más ligeras, permitiendo así que un único EMAS sea efectivo para un mayor intervalo de aeronaves que una losa plana.

Asimismo, como se observa en la FIG. 44, la inclusión de uno o más huecos entre el árido y la losa puede permitir o mejorar el desembolso del material árido, es decir, reducir la limitación de ese material. Este comportamiento mejorado puede dar lugar a que el EMAS tenga una respuesta más uniforme a un intervalo más amplio de cargas verticales provocadas por un intervalo más amplio de tamaños de neumáticos y aeronaves. El tamaño y la forma de los huecos también pueden personalizarse para ajustar el nivel de limitación al aeropuerto al que presta servicio el EMAS. Por ejemplo, los aeropuertos regionales o locales pueden tener principalmente aeronaves más pequeñas que usan sus pistas en comparación con los aeropuertos internacionales, donde estos últimos pueden requerir un mayor grado de desplazamiento de árido para dispersar la energía, así como una losa más rígida para resistir mejor las corrientes ascendentes provocadas por motores más grandes. Alternativamente, una menor limitación del árido puede dar lugar

a una respuesta efectiva más maleable, como si se estuviera usando una calidad de material más blando. Como tal, permitir una menor limitación en un EMAS diseñado para prestar servicio a aviones más pequeños puede permitir una penetración más profunda y mayores fuerzas de frenado.

5 Pasando ahora a las FIG. 45-50, y además con respecto a las losas coladas in situ y precoladas analizadas anteriormente, las losas pueden ser formadas por un sistema de encofrado 500 que comprende una pluralidad de encofrados 502a-d contiguos y potencialmente superpuestos. Una característica común de los encofrados mostrados en estas figuras es que cada encofrado está diseñado para permanecer con la parte de losa resultante 504a-d que forma. Adicionalmente, cada encofrado incluye un punto de anclaje 506a-d para ayudar a fijar un disco de
10 incorporación como los anclajes 60 descritos en el presente documento. Tales anclajes pueden ser modificados para incluir una pluralidad de patas 508 para ayudar en la alineación de los anclajes 60 en una orientación deseada.

Las FIG. 45 y 46 ilustran un primer aspecto de un sistema de encofrado 500a de este tipo. El sistema incluye una pluralidad de encofrados 502a-d que están diseñados para formar las nervaduras o patrones de nido de abeja descritos anteriormente, teniendo cada encofrado una cara inferior 510 que se configura para formar el hueco 512 entre el árido 514 que descansa encima del pavimento 516 y la losa resultante 504. Cada encofrado tiene también un lado superior 518 configurado para recibir el material de losa. Adicionalmente, un primer encofrado 502a incluye un primer lado 520 configurado para ser contiguo con un lado opuesto 522 de un segundo, o primer encofrado adyacente 502b. El primer encofrado 502a también puede incluir un segundo lado 524 configurado para ser contiguo con un lado opuesto 526 de un tercer encofrado 502c que es adyacente en una dirección diferente, p. ej., perpendicular al primer encofrado adyacente 502b. Es más, el sistema de encofrado puede incluir al menos un cuarto encofrado 502d adyacente a los encofrados segundo y tercero 502b, 502c. Como se observa en la FIG. 45, el cuarto encofrado 502d también puede ser en general diametralmente opuesto al primer encofrado.

25 En un aspecto, los lados contiguos pueden ser sustancialmente lineales. En otro aspecto, los lados contiguos pueden tener formas curvilíneas, dentadas u otras formas, siempre que los lados sean generalmente imágenes especulares entre sí para facilitar el tope.

30 Cuando es contigua, al menos una abertura 528 puede ser definida entre los encofrados adyacentes. Por ejemplo, en la FIG. 45, cada uno de los encofrados 502a-d incluye una muesca cóncava 530a-d. Como tal, los encofrados contiguos definen una abertura circular 528. Otras formas de muesca son posibles, como apreciará uno de los expertos en la materia de la técnica relevante, p. ej., un segmento lineal que elimina efectivamente una esquina triangular del encofrado de tal manera que los encofrados contiguos definen un cuadrado u otra abertura rectangular.

35 Como se ha analizado anteriormente, el EMAS puede incluir una pluralidad de anclajes puntuales 60 para fijar la losa 504 al pavimento subyacente 516 a través de una correa o varilla 64. La abertura 528 definida entre los encofrados 502a-d puede estar dimensionada para recibir dicha correa o varilla 64, de tal manera que el anclaje puntual 60 puede estar generalmente centrado sobre la intersección entre los encofrados 502a-d contiguos. Como tal, cada anclaje puntual 60 puede funcionar para fijar al menos una parte, p. ej., una esquina, de cada encofrado 502a-d y su respectiva losa 504a-d al pavimento 516.
40

Como se ha analizado anteriormente, cada encofrado 502a-d también puede incluir un punto de anclaje respectivo 506a-d configurado para recibir una pata de anclaje 508 definida por o en comunicación con el anclaje puntual 60. Además de una fuerza de compresión generada entre el anclaje puntual 60 y las partes de losa 504a-d, las patas de anclaje 508 pueden fijar adicionalmente el anclaje puntual 60 a esas partes de losa 504a-d y también pueden impedir el movimiento rotacional del anclaje puntual 60 con respecto a la losa 504.
45

Alternativamente, en lugar de extenderse hacia abajo desde el anclaje puntual 60, las patas de anclaje 508 pueden fijarse en y extenderse hacia arriba desde el árido 514 antes de la instalación de los encofrados 502a-d y sus respectivas losas 504a-d. Los puntos de anclajes 506a-d pueden entonces descender alrededor de las patas de anclaje 508, sirviendo para posicionar con precisión las losas 504a-d en el EMAS.
50

También como se ha analizado anteriormente, los encofrados 502a-d pueden estar hechos de un material frágil y de baja resistencia con el fin de fracturarse con relativa facilidad durante un evento de rebasamiento de final de pista. La región 532 subyacente al anclaje puntual 60 puede estar reforzada o formada por un material de mayor resistencia con el fin de resistir la fractura provocada por las fuerzas de compresión ejercidas por el anclaje puntual 60.
55

Además de proporcionar un punto de sujeción para los anclajes puntuales, las aberturas 528 entre encofrados pueden permitir un fácil acceso a estos sistemas de anclaje, permitiendo una rápida inspección y un mantenimiento más específico en comparación con los sistemas en los que la losa es una bancada continua de material. Las aberturas 528 también pueden reducir el tiempo necesario para construir la bancada de EMAS, ya que pueden reducir o eliminar la necesidad de taladrar aberturas separadas para la correa o varilla 64 y las patas de anclaje 508. Por ejemplo, una columna que tenga una sección transversal igual o similar a los puntos de anclaje 506a-d y/o a la abertura 528 puede colocarse en esas aberturas antes de verter la losa. A medida que el material de losa se vierte, puede fluir alrededor de esas columnas para que se establezca una ruta clara a través de la losa a esas aberturas, reduciendo o eliminando la necesidad de perforación posterior para crear esas rutas.
60
65

Adicionalmente, aunque los encofrados 502a-d en la FIG. 45 son representados como que tienen un solo punto de anclaje 506a-d y muesca 530, se apreciará que cada encofrado pueda incluir múltiples puntos de anclaje y muescas de este tipo. Por ejemplo, un encofrado puede incluir características similares en una o más otras esquinas del encofrado, en uno o más puntos localizados más centralmente a lo largo de los lados del encofrado, o en una o más ubicaciones definidas más internamente lejos de los lados del encofrado.

Volviendo ahora a las FIG. 47 y 48, en otro aspecto, los encofrados 502a-d, además de ser contiguos entre sí a lo largo de sus longitudes, también pueden superponerse en puntos distintos, p. ej., en las esquinas 534a-d. En lugar de tener una pluralidad de muescas que definen una abertura, cada uno de estos encofrados puede incluir un saliente 536a-d que se extiende desde las esquinas 534a-d. Como se observa en la FIG. 48, los salientes 536 pueden extenderse a diferentes profundidades y en diferentes ángulos relativos tanto a una cara inferior 510 como a un lado superior 518 de los encofrados 502a-d, permitiendo así que los salientes se apilen sustancialmente unos sobre otros cuando sus partes de losa 504a-d se instalan en el EMAS.

Cada saliente 536a-d puede incluir una o más aberturas complementarias 538a-d que pueden alinearse verticalmente cuando los encofrados 502a-d y sus respectivas losas 504a-d se instalan en el EMAS, combinándose estas aberturas 538a-d para proporcionar una trayectoria para la correa o varilla 64. Cada encofrado 502a-d también puede incluir una o más aberturas (no mostradas) para recibir las patas de anclaje 508 para posicionar los encofrados 502a-d en la ubicación adecuada dentro del EMAS. Dichas aberturas pueden alinearse entre sí de modo que una pata de anclaje 508 pueda pasar a través de múltiples aberturas. Alternativamente, una o más de esas aberturas pueden ser dimensionadas y/o posicionadas de tal manera que una pata de anclaje pase a través de esa pata de anclaje solamente.

Volviendo ahora a las FIG. 49 y 50, en otro aspecto más, los encofrados 502a-d pueden estar configurados para tener uno o más lados que se superponen con los encofrados adyacentes. Por ejemplo, el primer lado 520 del primer encofrado 502a puede superponerse con el primer lado 522 del encofrado adyacente 502b, y el segundo lado 524 puede superponerse con el primer lado 526 de un encofrado 502c adyacente diferente. Al igual que con los salientes superpuestos en el aspecto analizado anteriormente, cada lado puede incluir una o más aberturas complementarias 538a-d que se alinean verticalmente cuando los encofrados 502a-d y sus respectivas losas 504a-d se instalan en el EMAS con el fin de proporcionar una trayectoria para la correa o varilla 64.

En los aspectos de superposición, los encofrados pueden ser usados en instalaciones de colado in situ, de modo que el material de losa puede ser vertido encima de todas las partes de superposición, es decir, los salientes 536a-d o los lados, una vez que los encofrados 502a-d están instalados. En las instalaciones precoladas, las losas se pueden formar en los encofrados, pero las losas pueden incluir paredes desmontables o permanentes (no mostradas) que separan las partes de superposición del resto de los encofrados. De esta manera, puede que no haya ningún material de losa precolada vertido sobre las partes de superposición que impida el posterior apilamiento o superposición de estas partes. En ese caso, el proceso de instalación puede incluir el relleno del área por encima de las partes de superposición con material de losa in situ, y después de que las losas 504a-d hayan sido instaladas.

Alternativamente, todos menos uno de los encofrados de superposición 502a-d pueden incluir paredes que separen sus partes de superposición del resto del encofrado. La parte de superposición que estaría más arriba en el proceso de superposición puede no incluir ninguna de tales paredes de manera que ese encofrado pueda recibir material de losa cuando se cuele, permitiendo así la superposición de las partes y reduciendo o eliminando una necesidad de vertido adicional de material de losa después de la instalación de las losas 504a-d.

Pasando ahora a las FIG. 51-61, se apreciará que una malla de geomalla 600 pueda ser usada en lugar de o además de los elementos de retención de disco descritos anteriormente, con el fin de conectar una capa de recubrimiento 602 del EMAS a un pavimento subyacente 604. En tales ocasiones, la geomalla 600 también puede extenderse a través de una capa de árido 606 y/o una capa de losa (no mostrada). La geomalla 600 puede instalarse en la dirección de rebasamiento de final de pista de la bancada, aunque también puede instalarse perpendicular a o en ángulo a la dirección de rebasamiento de final de pista.

Con el fin de funcionar correctamente, la geomalla 600 debe estar conectada en un extremo proximal 608 y en un extremo distal 610 al pavimento subyacente 604 y a la capa de recubrimiento 602, respectivamente. Convencionalmente, la geomalla se instala con anclajes puntuales que fijan el extremo proximal 608 al pavimento 604 y correas rígidas entre los anclajes para proporcionar una limitación uniforme de la geomalla entre las ubicaciones de los anclajes puntuales. La instalación de cada anclaje puntual requiere la perforación de un orificio en el pavimento 604 y, a continuación, la introducción del anclaje a través de la geomalla y el pavimento 604, lo que supone un proceso largo y laborioso. Como se observa en la FIG. 51, los anclajes pueden ser reemplazados por el uso de un adhesivo 612 para fijar una o más secciones de la geomalla 600 al pavimento. En otro aspecto (no mostrado), el adhesivo puede ser utilizado junto con uno o más anclajes, aunque el adhesivo puede permitir el uso de menos anclajes de los que serían necesarios sin el adhesivo.

El adhesivo seleccionado debe conservar sustancialmente sus características de sujeción a lo largo del tiempo y bajo

un intervalo de condiciones climáticas extremas, no debe degradarse y debe proporcionar suficiente resistencia para resistir las cargas proyectadas. Adhesivos ilustrativos incluyen adhesivos tixotrópicos tales como adhesivos de base bituminosa, epoxis, o adhesivos a base de silicona.

5 Las FIGS. 52-61 representan varios métodos para instalar una geomalla 600 con adhesivo. En cada caso, el extremo proximal 608 de la geomalla 600 se dobla en un ángulo sustancialmente recto con respecto a una región central 614 de la geomalla 600.

10 En las FIG. 52 y 53, una capa de adhesivo 612 se aplica al pavimento 604, y el extremo proximal 608 se presiona en el adhesivo y se deja curar, con o sin la adición de calor, dependiendo del tipo de adhesivo usado. Opcionalmente, puede aplicarse a continuación una capa adicional de adhesivo encima de la primera capa y la geomalla. El proceso entonces se repite según sea necesario con el fin de instalar secciones adicionales de geomalla en la bancada de EMAS. Una vez que todas las secciones de geomalla han sido instaladas, con las regiones centrales 614 siendo dispuestas en general verticalmente hacia arriba, la bancada es rellenada con árido y recubierta con una losa, como se analiza en el presente documento.

15 Las FIG. 54 y 55 representan un aspecto en el que una barra o placa suplementaria 616 es añadida y posicionada por encima del pavimento 604 y el adhesivo. En este aspecto, una primera capa 612a de adhesivo se aplica al pavimento, el extremo proximal 608 se presiona en esa primera capa, una segunda capa 612b de adhesivo se añade entonces encima del extremo proximal 608, ya sea antes o después de que la primera capa se cure, la placa 616 se presiona en la segunda capa 612b de adhesivo, y esa capa de adhesivo se deja curar. En un caso, la placa 616 tiene una anchura menor que la anchura del extremo proximal 608, y la placa 616 está dispuesta próxima a una intersección 618 del extremo proximal 608 y la región central 614 de la geomalla. En otro caso, la placa 616 tiene una anchura menor que una anchura del extremo proximal 608, y la placa 616 está situada en cualquier lugar a lo largo de la anchura del extremo proximal 608, siempre que la totalidad o al menos una parte de la placa 616 se superponga con el extremo proximal 608. En aún otro caso, la placa 616 tiene una anchura igual o mayor que la del extremo proximal 608, y la placa 616 está dispuesta ya sea próxima o separada de la intersección 618. Adicionalmente, la placa 616 se representa en estas figuras como un miembro plano, sustancialmente planar, aunque alternativamente puede ser un miembro en forma de L, en forma de U, u otro miembro en ángulo que fija y/o ayuda a orientar la región central 614 en una dirección generalmente vertical u otra dirección. La placa 616 puede ser lo suficientemente rígida como para evitar que la geomalla 600 se desprege del adhesivo 612 y/o forme concentraciones de esfuerzos en relación con el adhesivo 612. Los materiales ilustrativos para la placa 616 incluyen acero, aluminio y varios polímeros rígidos. Adicionalmente, la placa 616 puede estar formada para evitar tales concentraciones de esfuerzos. Por ejemplo, las concentraciones de esfuerzos pueden formarse en los extremos de cada placa 616, por lo que esos extremos pueden ser agrandados o redondeados en comparación con el resto de cada placa 616.

20 Las FIG. 56 y 57 representan un aspecto adicional en el que el extremo proximal 608 de la geomalla 600 está dividido en una o más primeras partes 608a que se extienden lateralmente lejos de un lado de la región central 614 y una o más segundas partes 608b que se extienden lateralmente lejos de un lado opuesto de la región central 614. Las partes primera y segunda 608a, 608b pueden tener longitudes predeterminadas, en donde la parte proximal 608 de la geomalla puede segmentarse antes del suministro de la geomalla en el lugar de instalación. Alternativamente, la parte proximal 608 puede ser rayada a intervalos periódicos, permitiendo al instalador seleccionar las ubicaciones en las que separar el extremo proximal 608 en las partes primera y segunda 608a, 608b. En otro aspecto más, la geomalla 600 puede llegar al lugar de instalación como una sola pieza unificada, y entonces el instalador puede usar algún tipo de instrumento de corte para seccionar el extremo proximal 608 de la geomalla en las partes primera y segunda 608a, 608b en el momento de la instalación. Para instalar esta geomalla, el instalador primero puede depositar una o más regiones de adhesivo 612 sobre el pavimento 604. La geomalla puede prepararse de forma que las primeras partes 608a y las segundas partes 608b se alternen y se extiendan en direcciones opuestas. A continuación, estas partes 608a, 608b se presionan luego contra el adhesivo y se dejan curar, con o sin adición de calor, dependiendo del tipo de adhesivo usado. Opcionalmente, puede aplicarse a continuación una capa adicional de adhesivo encima de la primera capa y la geomalla. El proceso entonces se repite según sea necesario con el fin de instalar secciones adicionales de geomalla en la bancada de EMAS. Una vez que todas las secciones de geomalla han sido instaladas, con las regiones centrales 614 siendo dispuestas en general verticalmente hacia arriba, la bancada es rellenada con árido y recubierta con una losa, como se analiza en el presente documento.

25 Las FIG. 58 y 59 representan una variación del aspecto de las FIG. 56 y 57 en la cual una pluralidad de barras o placas suplementarias 616a, 616b están situadas encima de las partes del extremo proximal de la geomalla 608a, 608b. Estas figuras representan las placas 616a, 616b como miembros planos, sustancialmente planares, aunque alternativamente pueden tener forma de L, forma de U, u otro miembro en ángulo que fija y/o ayuda a orientar la región central 614 en una dirección generalmente vertical u otra dirección. Adicionalmente, las placas 616a, 616b se representan en estas figuras como elementos discretos generalmente iguales en longitud a las longitudes de sus respectivas partes proximales 608a, 608b. En otro aspecto, las placas 616a, 616b pueden ser sustancialmente más largas que las partes proximales de geomalla 608a, 608b. Por ejemplo, las placas 616a, 616b pueden abarcar aproximadamente toda la anchura de la geomalla 600, o una distancia suficiente para cubrir dos de las partes de extremo proximales 608a o dos de las partes de extremo proximales 608b, o aproximadamente cinco partes, o aproximadamente diez de dichas partes, o aproximadamente veinte de dichas partes. En este aspecto, una primera

capa 612a de adhesivo se aplica al pavimento, las partes de extremo proximales 608a, 608b son presionadas contra esa primera capa, una segunda capa de adhesivo 612b entonces es añadida encima de las partes de extremo proximales 608a, 608b, ya sea antes o después de que la primera capa se deje curar, las placas 616a, 616b son presionadas en la segunda capa 612b de adhesivo, y esa capa de adhesivo se deja curar.

En cada uno de los aspectos mostrados en las FIG. 52-59, la geomalla 600 adicionalmente puede ser fijada al pavimento 604 con una o más sujeciones. Debido a la inclusión del adhesivo, sin embargo, se pueden requerir menos sujeciones para proporcionar una adhesión equivalente para la geomalla 600 que un sistema similar que no incluya el uso de adhesivos.

Volviendo ahora a las FIG. 60 y 61, en otro aspecto más, se forma un canal 620 en el pavimento 604, siendo el canal 620 ligeramente más ancho que la anchura de la geomalla 600. Un adhesivo 612, p. ej., un adhesivo autoexpandible, y el extremo proximal 608 se colocan acto seguido en el canal 620. El adhesivo se deja curar entonces. El proceso se repite según sea necesario para instalar elementos adicionales de geomalla, y se añade a continuación un árido alrededor de los elementos de geomalla. Como se observa en la FIG. 61, el canal 620 puede tener una profundidad al menos tan grande como la anchura, o al menos dos veces más grande que la anchura, o al menos 2,5 veces más grande que la anchura.

Pasando ahora a las FIG. 62-68, modificaciones adicionales a las capas de árido y/o losa pueden mejorar la operabilidad del EMAS. Si bien no se muestra en estas figuras, se entenderá que el EMAS puede incluir un recubrimiento final o revestimiento de algún tipo, así como uno o más tipos de sistemas de anclaje, como tales características que se analizan en mayor detalle en el presente documento.

La FIG. 62 representa un aspecto en el cual una primera capa 700 de árido es vertida encima de un pavimento subyacente 702. El árido es compactado y una primera capa 704 de losa, ya sea PC o CIP, es instalada encima de la primera capa 700 de árido. Una segunda capa 706 de árido se vierte encima de la primera capa 704 de losa y se compacta. Una segunda capa 708 de losa, ya sea PC o CIP, se instala luego encima de la segunda capa 706 de árido. Las capas 700, 706 de árido pueden comprender el mismo material y el mismo método de compactación, p. ej., usando un bobcat, placa vibratoria, etc. Alternativamente, las capas de árido pueden comprender diferentes materiales y/o diferentes métodos de compactación. La FIG. 62 también ilustra que las capas de áridos tienen aproximadamente la misma profundidad, aunque se apreciará que pueden ser vertidas a diferentes profundidades para proporcionar diferentes características de frenado. Por ejemplo, la primera capa 700 de árido puede ser más profunda que la segunda capa 706 de árido, o viceversa. También se apreciará que capas adicionales de árido y/o losa puedan ser añadidas en la parte superior de las capas mostradas o entre las mismas.

La FIG. 63 representa un segundo aspecto en el cual una primera capa 700 de árido es vertida encima del pavimento 702 y compactada. Una delgada capa de separación 710 es instalada encima de la primera capa 700 de árido, y la segunda capa 706 de árido es vertida encima de la capa de separación 710 y luego compactada. Por último, la capa 704 de losa se instala encima de la segunda capa de árido, p. ej., usando uno o más de los métodos descritos en el presente documento. En este supuesto, la capa de separación 710 puede ser un material relativamente delgado, relativamente quebradizo o frangible tal como fibra de vidrio, panel de fibrocemento, o polipropileno rígido, teniendo un espesor entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 13 mm. Adicionalmente, las capas de árido primera y segunda en este aspecto se muestran que ha resultado ser el mismo material, compactado usando el mismo método, y que tiene sustancialmente la misma profundidad. Se apreciará, sin embargo, que los materiales de árido diferentes, los métodos de compactación, y/o las profundidades pueden ser usados para las capas de árido diferentes. También se apreciará que se puedan añadir capas adicionales de árido, de separación y/o de losa encima de las capas mostradas o entre las mismas.

La FIG. 64 representa un tercer aspecto en el cual una primera capa 700 de árido es vertida encima del pavimento 702 y compactada. Una segunda capa 706 de árido es vertida encima de la primera capa y compactada, y una tercera capa 712 de árido es vertida encima de la segunda capa y compactada. Por último, la capa 704 de losa se instala encima de la tercera capa de árido, p. ej., usando uno o más de los métodos descritos en el presente documento. En este aspecto, las capas de árido pueden comprender diferentes tipos de áridos, p. ej., diferentes calidades de árido de espuma de vidrio o diferentes tipos de material árido en general. Las capas de áridos pueden compactarse usando el mismo método, aunque también es posible compactar una o más de las capas usando un método diferente. Adicionalmente, las capas de árido se representan como teniendo sustancialmente la misma profundidad, aunque se apreciará que una o más de las capas puedan tener una profundidad diferente a las otras capas. También se apreciará que se puedan añadir capas adicionales de árido, de separación y/o de losa encima de las capas mostradas o entre las mismas.

La FIG. 65 representa un cuarto aspecto en el cual una primera capa 700 de árido es vertida encima del pavimento 702 y compactada. Una segunda capa 706 de árido es vertida encima de la primera capa y compactada, y una tercera capa 712 de árido es vertida encima de la segunda capa y compactada. Por último, la capa 704 de losa se instala encima de la tercera capa de árido, p. ej., usando uno o más de los métodos descritos en el presente documento. En este aspecto, las capas de árido pueden comprender el mismo tipo de áridos, aunque una o más de las capas pueden comprender un tipo diferente de árido en comparación con las otras capas. También en este aspecto, pueden usarse

diferentes métodos de compactación en al menos una de las capas de áridos. Adicionalmente, las capas de árido se representan como teniendo sustancialmente la misma profundidad, aunque se apreciará que una o más de las capas puedan tener una profundidad diferente a las otras capas. También se apreciará que se puedan añadir capas adicionales de árido, de separación y/o de losa encima de las capas mostradas o entre las mismas.

5 La FIG. 66 representa un quinto aspecto en el cual una primera capa 700 de árido es vertida encima del pavimento 702 y compactada. Una segunda capa 706 de árido es vertida encima de la primera capa y compactada, y una tercera capa 712 de árido es vertida encima de la segunda capa y compactada. Por último, la capa 704 de losa se instala encima de la tercera capa de árido, p. ej., usando uno o más de los métodos descritos en el presente documento. En este aspecto, cada una de las capas de árido puede comprender una composición de árido diferente y puede ser compactada usando un método diferente, aunque al menos dos de las capas pueden comprender la misma composición y/o método de compactación. Adicionalmente, las capas de árido se representan como teniendo sustancialmente la misma profundidad, aunque se apreciará que una o más de las capas puedan tener una profundidad diferente a las otras capas. También se apreciará que se puedan añadir capas adicionales de árido, de separación y/o de losa encima de las capas mostradas o entre las mismas.

Las FIG. 67 y 68 representan diferentes eventos de rebasamiento de final de pista para los cuales las diferentes estratificaciones de áridos y losas pueden ser particularmente adaptadas. En la FIG. 67, un neumático grande puede rodar por el EMAS y penetrar ambas capas de losa y ambas capas de árido. Este neumático puede beneficiarse del árido adicional, más profundo y/o de la losa para proporcionar el rendimiento de frenado deseado. Alternativamente, en la FIG. 68, un neumático más pequeño, p. ej., conectado a una aeronave más pequeña, puede rodar por el EMAS y sólo penetrar la segunda capa 708 de losa y la segunda capa 706 de árido, dejando la primera capa 704 de losa y la primera capa 700 de árido intactas. En tales ocasiones, puede no ser necesario retirar la primera capa 704 de losa y/o la primera capa 700 de árido después de un evento de rebasamiento de final de pista, lo que reduce el tiempo de inactividad antes de que la pista esté operativa o el EMAS sea reparado, además de reducir el coste de tales reparaciones. Resultados similares pueden obtenerse para los otros ejemplos de estratificación analizados anteriormente. Como tal, el efecto neto de un sistema de múltiples capas puede ser permitir que la respuesta de un EMAS se adapte a los diferentes tamaños de las aeronaves, de forma que el diseño de la bancada llegue a ser un diseño de sistema de varios en uno que pueda manejar clases de aeronaves de múltiples tamaños de forma cercana a sus ideales de diseño.

Pasando ahora a las FIG. 69-78, el EMAS también puede incluir una o más partes de cubierta 750 encima de la losa o en lugar de la misma. Cada parte de cubierta 750 puede adoptar la forma de un panel que está dispuesto encima de una capa 752 de árido y que adicionalmente incluye uno o más anclajes 754 para fijar al pavimento subyacente 756. Una superficie superior expuesta 758 de la parte de cubierta 750 puede ser sustancialmente plana. Por el contrario, una superficie de cara inferior 760 de la parte de cubierta 750 puede incluir uno o más miembros de refuerzo 762. El número, tamaño y orientación de los miembros de refuerzo 762 pueden ajustarse para la instalación de EMAS particular con el fin de equilibrar una mayor resistencia y rigidez para manejar las cargas de servicio causadas por el chorro del reactor, el viento u otros factores, con la necesidad de proporcionar frangibilidad y una limitación de áridos deseado durante eventos de rebasamiento de final de pista.

En un aspecto, como se observa en la FIG. 69, los miembros de refuerzo 762 pueden adoptar la forma de una pluralidad de nervaduras 764 que se extienden en una única dirección a lo largo de la cara inferior 760 de la cubierta 750. En otro aspecto, como se observa en la FIG. 70, los miembros de refuerzo pueden adoptar la forma de una primera pluralidad de nervaduras 764a que se extienden en una primera dirección y una segunda pluralidad de nervaduras 764b que se extienden en una segunda dirección perpendicular a la primera dirección. Pueden emplearse otras configuraciones de miembros de refuerzo, incluidas nervaduras desplazadas en ángulos no perpendiculares, nervaduras circulares, nervaduras curvilíneas, etc., siempre que se consiga el equilibrio deseado entre resistencia y frangibilidad. La elección y el grosor del material seleccionado para su uso en la cubierta también puede ser un factor para lograr el equilibrio deseado. En un aspecto, la cubierta puede estar hecha de un material plástico frangible, como fibra de vidrio, polietileno, cloruro de polivinilo rígido, poli(metacrilato de metilo), polipropileno, o policarbonato, que no es abarcado por la reivindicaciones adjuntas cuando el EMAS comprende dichas cubierta en lugar de la capa de recubrimiento especificada en las reivindicaciones, aunque se pueden usar otros materiales, como apreciará uno de los expertos en la materia de la técnica. Adicionalmente, se apreciará que cuanto más resistente sea el material usado, más delgada puede ser la cubierta, y viceversa.

La FIG. 71 ilustra cómo los miembros de refuerzo 762 descansan sobre la capa de árido 752 y separan la cara inferior 760 de la cubierta 750 de un extremo superior 766 del árido 752, lo que conlleva a la formación de uno o más huecos 768 entre el árido 752 y la cara inferior 760. En lugar de descansar directamente sobre el árido, sin embargo, el EMAS puede incluir una o más láminas de soporte o una pluralidad de puntales de soporte para recibir un extremo distal. Por ejemplo, la FIG. 72 representa el uso de una lámina de soporte de plástico 772, y la FIG. 73 representa el uso de una pluralidad de puntales de soporte 774 dispuestos entre el extremo distal 770 de los miembros de refuerzo 762 y el extremo superior 766 del árido 752. Tanto la lámina de soporte 772 como los puntales de soporte 774 aumentan un área de contacto superficial en comparación con el extremo distal 770 de los miembros de refuerzo 762, reduciendo así la presión causada por una fuerza sobre la cubierta 750 y distribuyendo esa fuerza sobre un área mayor. Adicionalmente, la lámina de soporte 772 puede ser usada en instalaciones donde se desea una mayor limitación del

árido 752 durante un evento de rebasamiento de final de pista, ya que puede inhibir el movimiento ascendente del árido 752 en el hueco 768 durante un evento de rebasamiento de final de pista.

5 Las FIGS. 74-77 representan varios ejemplos de puntales de soporte 774. En particular, estos puntales pueden ser divididos en dos categorías generales, es decir, una primera categoría de soportes puntuales tales como los de las FIG. 74 y 75, y una segunda categoría de soportes generalmente continuos, tales como los de las FIG. 76 y 77. Los soportes puntuales pueden recibir segmentos más pequeños de los miembros de refuerzo pero pueden proporcionar a un instalador una mayor libertad en el posicionamiento de los soportes a lo largo de los miembros de refuerzo. Por el contrario, los soportes generalmente continuos pueden ocupar más espacio que los soportes puntuales, pero
10 también pueden proporcionar un aumento significativo del área superficial en comparación con los soportes puntuales, reduciendo drásticamente la presencia de concentraciones de esfuerzos en la interfaz miembro de refuerzo-árido.

Volviendo a la FIG. 78, uno o más anclajes puntuales 776 similares a los anclajes puntuales 60 descritos anteriormente pueden ser usados acto seguido para fijar cada cubierta 750 al pavimento subyacente 756. Cada anclaje puntual 776
15 puede ser enganchado de forma deslizante o enroscada en una varilla 778 anclada en el pavimento. Un extremo superior 780 de la varilla puede incluir además un roscado para recibir una o más arandelas o tuercas con el fin de fijar el anclaje puntual 776 contra la cubierta 750. En particular, los anclajes puntuales 776 pueden incluir un enlace de fusible (no mostrado) similar al enlace de fusible en los anclajes 60 con el fin de promover la fractura del enlace antes de la fractura de otros componentes del sistema de fijación, p. ej., la varilla que se extiende hacia arriba o el
20 anclaje de pavimento.

Si bien la descripción escrita anterior de la invención permite a un experto en la materia hacer y utilizar lo que actualmente se considera el mejor modo de la misma, los expertos en la materia entenderán y apreciarán la existencia de variaciones y combinaciones de la realización ilustrativa específica y del método en el presente documento. Por lo tanto, la invención no debería estar limitada por la realización y el método que se han descrito anteriormente, sino por
25 el alcance de la invención tal como se reivindica.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de frenado de vehículo, que comprende:
una capa base que comprende un árido rompible; y
5 una capa de recubrimiento que comprende un material cementoso que tiene una densidad anhidra de $1,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (100 lb/ft^3) o menos, caracterizado por que:
la capa de recubrimiento tiene una cara inferior que incluye una pluralidad de nervaduras colgando hacia abajo de la misma, en donde la pluralidad de nervaduras define una pluralidad de huecos entre la capa de recubrimiento y el árido rompible.
10
2. El sistema de frenado de vehículo de la reivindicación 1, en donde: el material cementoso tiene una densidad anhidra:
15 de $1,28 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (80 lb/ft^3) o menos,
o de $0,96 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (60 lb/ft^3) o menos,
o de $0,64 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (40 lb/ft^3) a $0,80 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (50 lb/ft^3).
3. El sistema de frenado de vehículo de la reivindicación 1, en donde:
20 el material cementoso:
incluye bolsas de gas estables distribuidas por todo el material en un porcentaje de volumen del 33 % o superior en volumen del material, o
tiene una resistencia a la compresión de 1379 a 4137 kPa (200 a 600 psi), o
se forma preparando una mezcla incluyendo agua y un cemento, formando una espuma, mezclando la espuma en la mezcla para formar una mezcla espumada, y dejando que la mezcla espumada se endurezca para formar el material cementoso.
25
4. El sistema de frenado de vehículo de la reivindicación 1, en donde:
30 el árido:
se selecciona del grupo que consiste en espuma de vidrio, hormigón celular, perlas de cerámica, y mezclas de los mismos,
y opcional o preferentemente tiene una densidad anhidra inferior o igual a la densidad anhidra del material cementoso
o una densidad anhidra de $0,32 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (20 lb/ft^3) o menos, o tiene una resistencia a la compresión de 276 kPa (40 psi) o inferior al 20 por ciento de compactación.
35
5. El sistema de frenado de vehículo de la reivindicación 1, en donde:
40 la capa base tiene un espesor en un intervalo de:
2,54 a 76,2 cm (1 a 30 pulgadas), o
2,54 a 10,16 cm (1 a 4 pulgadas).
6. El sistema de frenado de vehículo de la reivindicación 1, en donde:
45 la capa base comprende un árido que tiene un grado variable de compactación a lo largo de su profundidad, de tal manera que una parte superior de la capa de árido tiene mayor compactación que una parte inferior de la capa de árido, donde la parte inferior de la capa de árido está en contacto con un pavimento subyacente.
7. El sistema de frenado de vehículo de la reivindicación 1, que comprende además:
50 una pluralidad de anclajes que comprenden una varilla de soporte acoplada a un disco de incorporación asociado, en donde cada varilla de soporte está fijada a una cimentación de pavimento que soporta la capa base, y en donde cada disco está incorporado en la capa de recubrimiento.
8. El sistema de frenado de vehículo de la reivindicación 7, en donde:
55 al menos algunos de los discos incluyen uno o más refuerzos que se extienden lejos de una cavidad central del disco, estando los refuerzos incorporados en la capa de recubrimiento, o
cada varilla de soporte está acoplada a su disco asociado a través de un enlace de cizallamiento que es quebradizo a una carga predeterminada, o
el sistema de frenado de vehículo tiene un borde delantero y un borde trasero, y varios de los anclajes están posicionados cerca del borde delantero del sistema de frenado de vehículo.
9. El sistema de frenado de vehículo de la reivindicación 1, en donde:
60 la capa de recubrimiento comprende una única losa que resiste las fuerzas ascensionales del chorro del reactor.
10. Un método para frenar un vehículo, comprendiendo el método:
65 depositar una capa base en una región donde el vehículo va a ser frenado, comprendiendo la capa base un árido rompible; y
caracterizado por:
depositar una capa de recubrimiento sobre la capa base, comprendiendo la capa de recubrimiento un material

cementoso que tiene una densidad anhidra de $1,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (100 lb/ft^3) o menos y en donde la capa de recubrimiento tiene una cara inferior que incluye una pluralidad de nervaduras colgando hacia abajo de la misma, en donde la pluralidad de nervaduras define una pluralidad de huecos entre la capa de recubrimiento y el árido rompible.

5
11. El método de la reivindicación 10, que comprende además:
fijar una pluralidad de varillas de soporte a una cimentación que soporta la capa base antes de depositar la capa de recubrimiento sobre la capa base;
10 conectar un disco a cada varilla de soporte para crear una pluralidad de anclajes que comprenden cada varilla de soporte acoplada a su disco asociado; e
incorporar cada disco en la capa de recubrimiento.

12. El método de la reivindicación 10, en donde:
15 el árido es una espuma de vidrio,
el material cementoso tiene una densidad anhidra de $0,64 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (40 lb/ft^3) a $0,80 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (50 lb/ft^3), y el material cementoso tiene una resistencia a la compresión de 1379 a 4137 kPa (200 a 600 psi), y opcional o preferentemente en donde:
el vehículo a frenar es un avión, y
la región está situada en una área de seguridad más allá de un extremo de una pista.

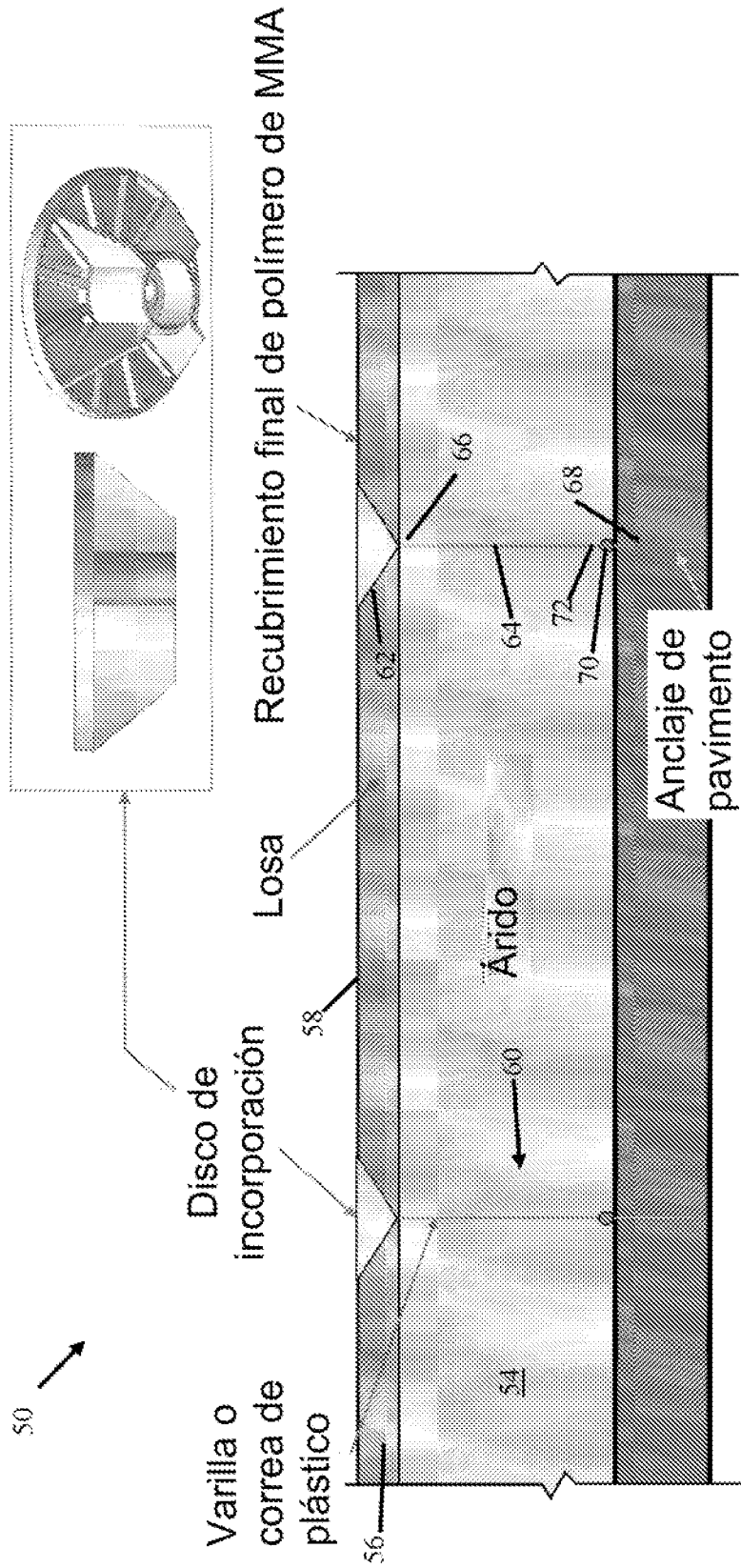


FIG. 1

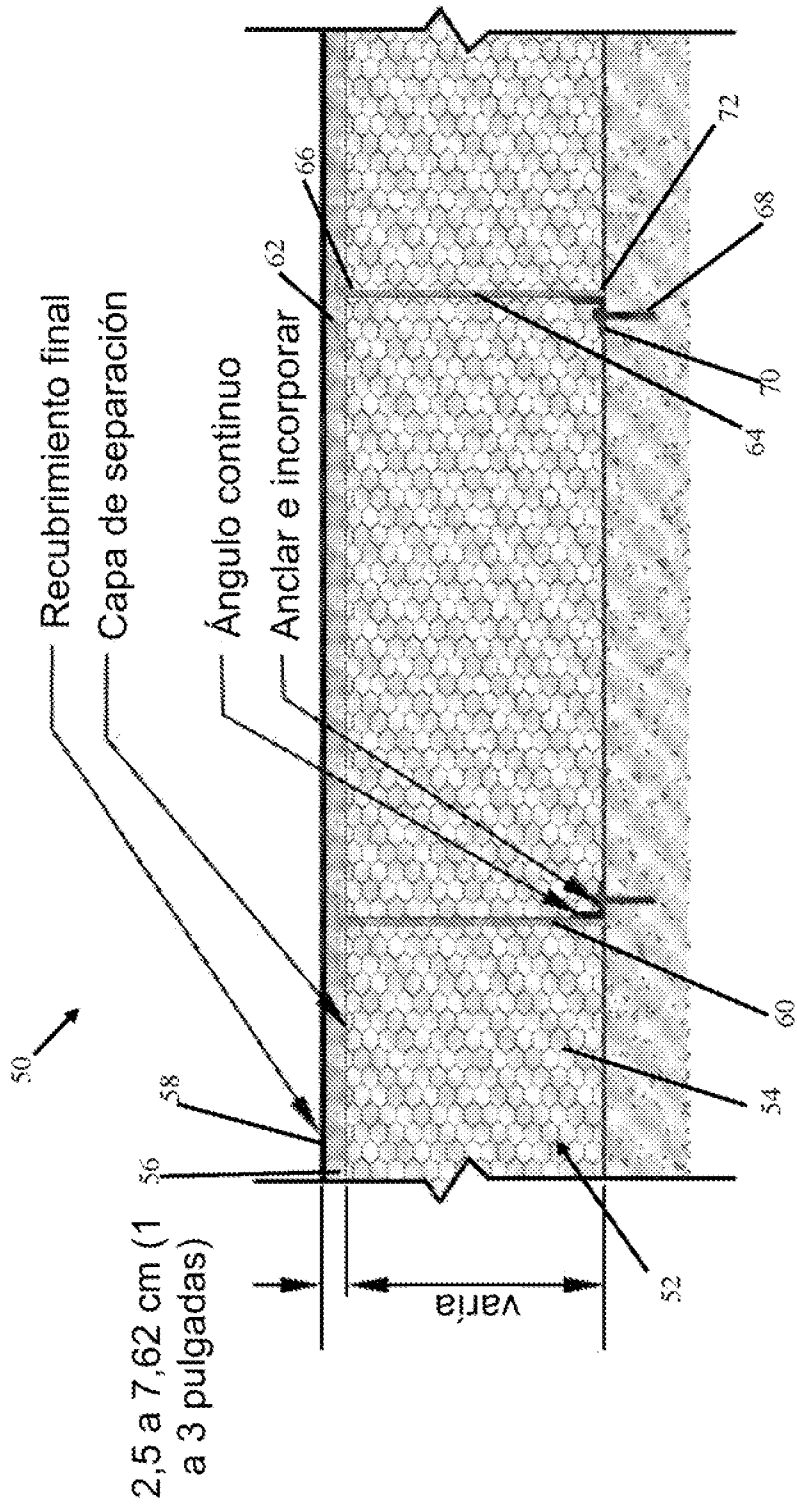


FIG. 2

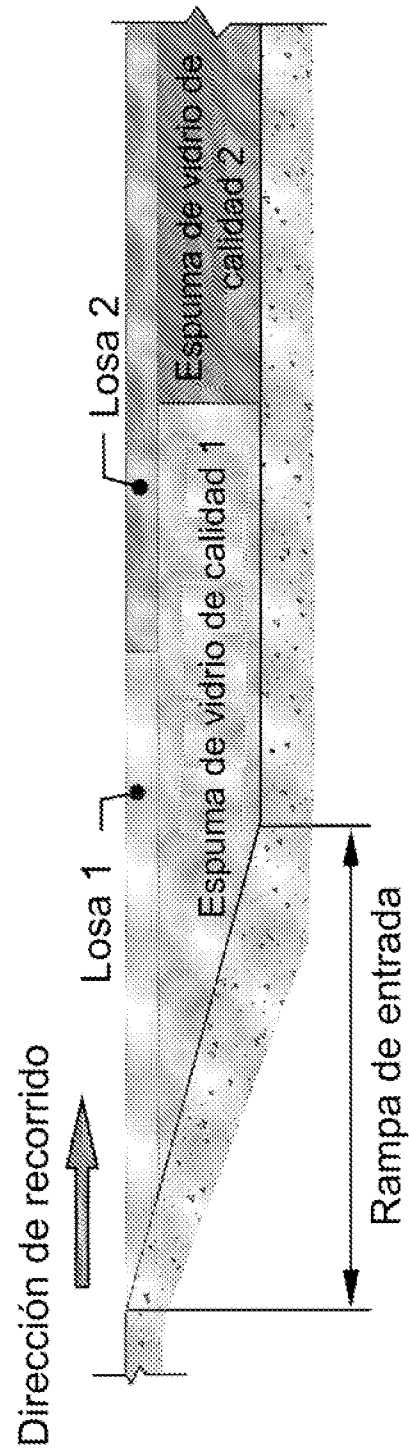


FIG. 3

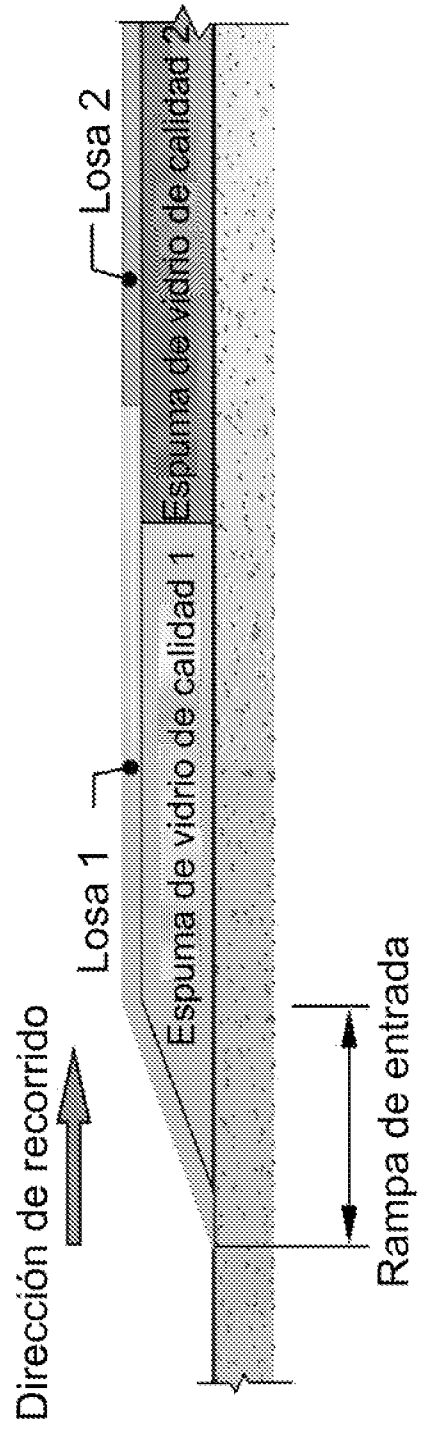


FIG. 4

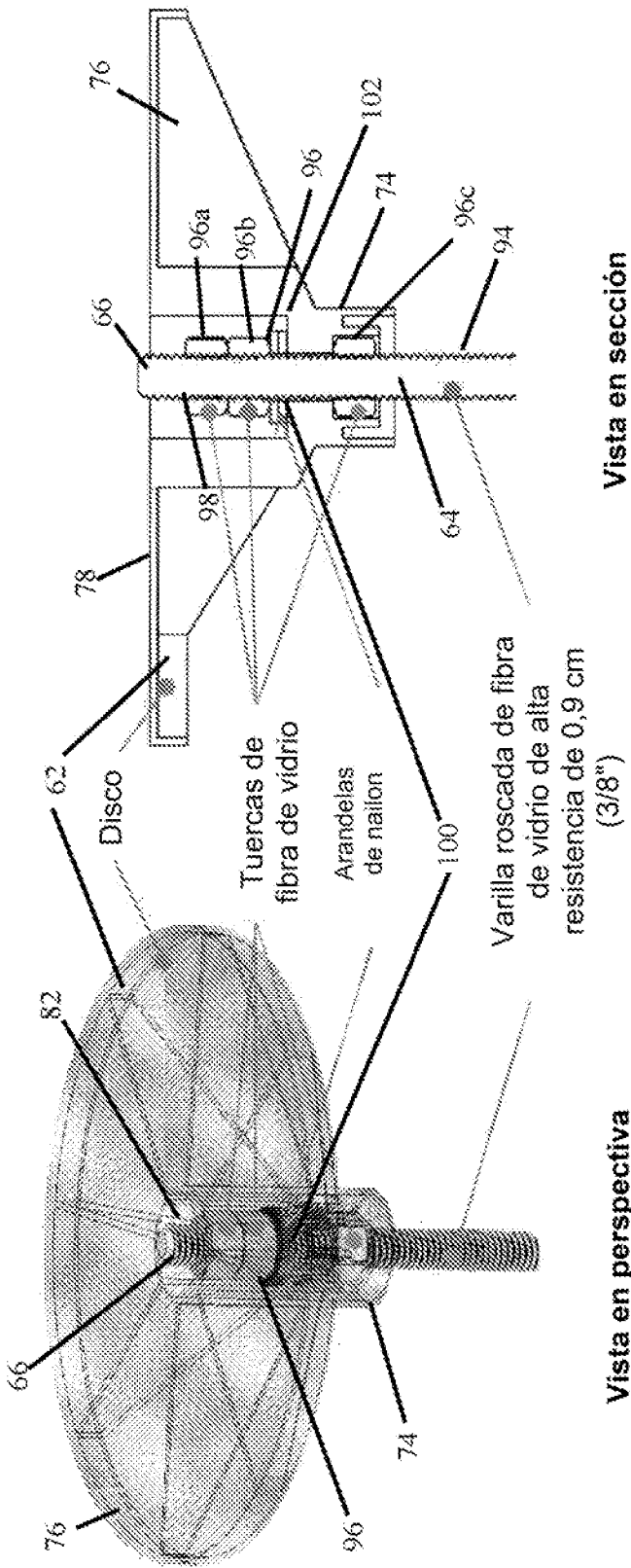
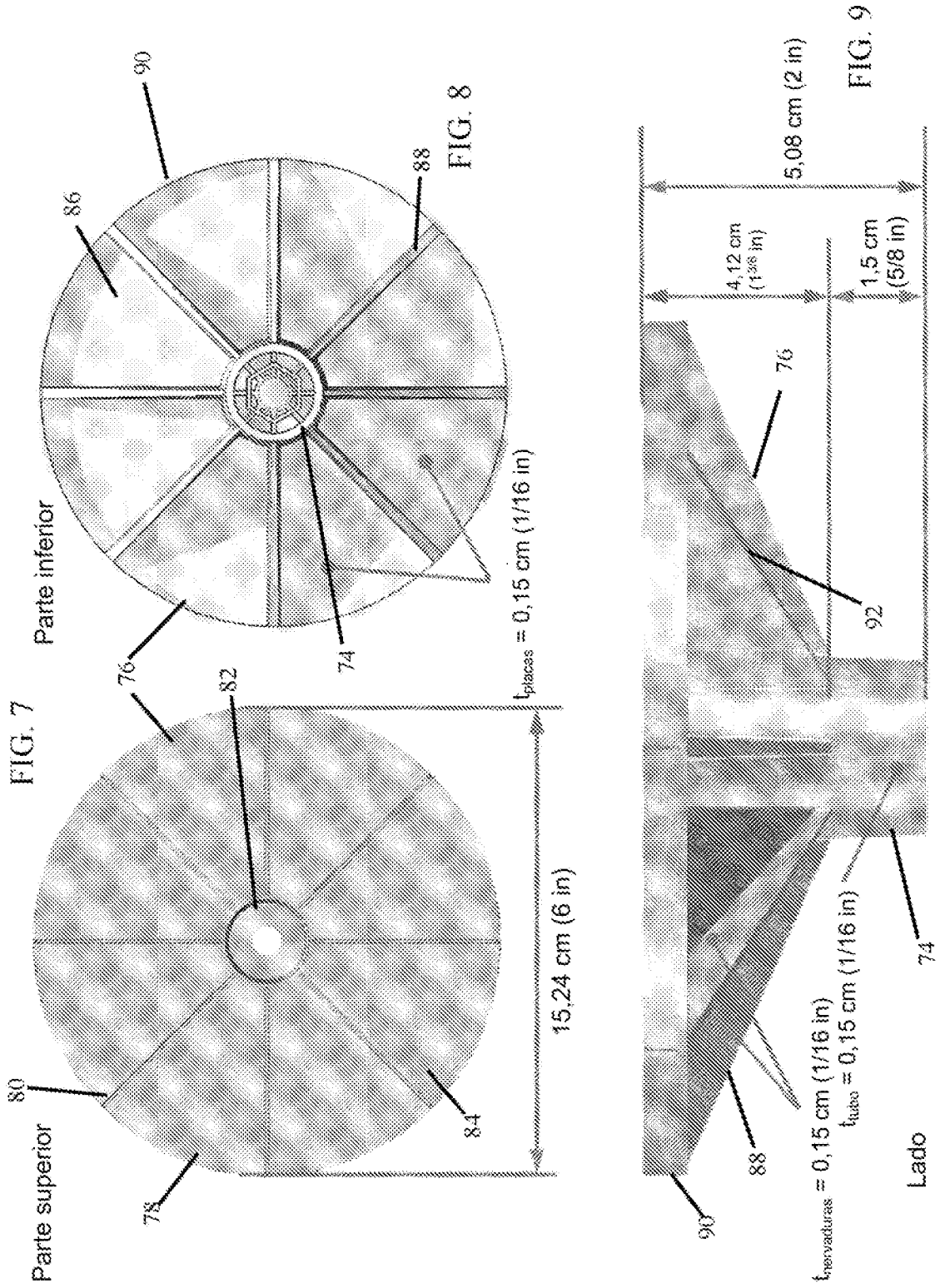


FIG. 6

FIG. 5



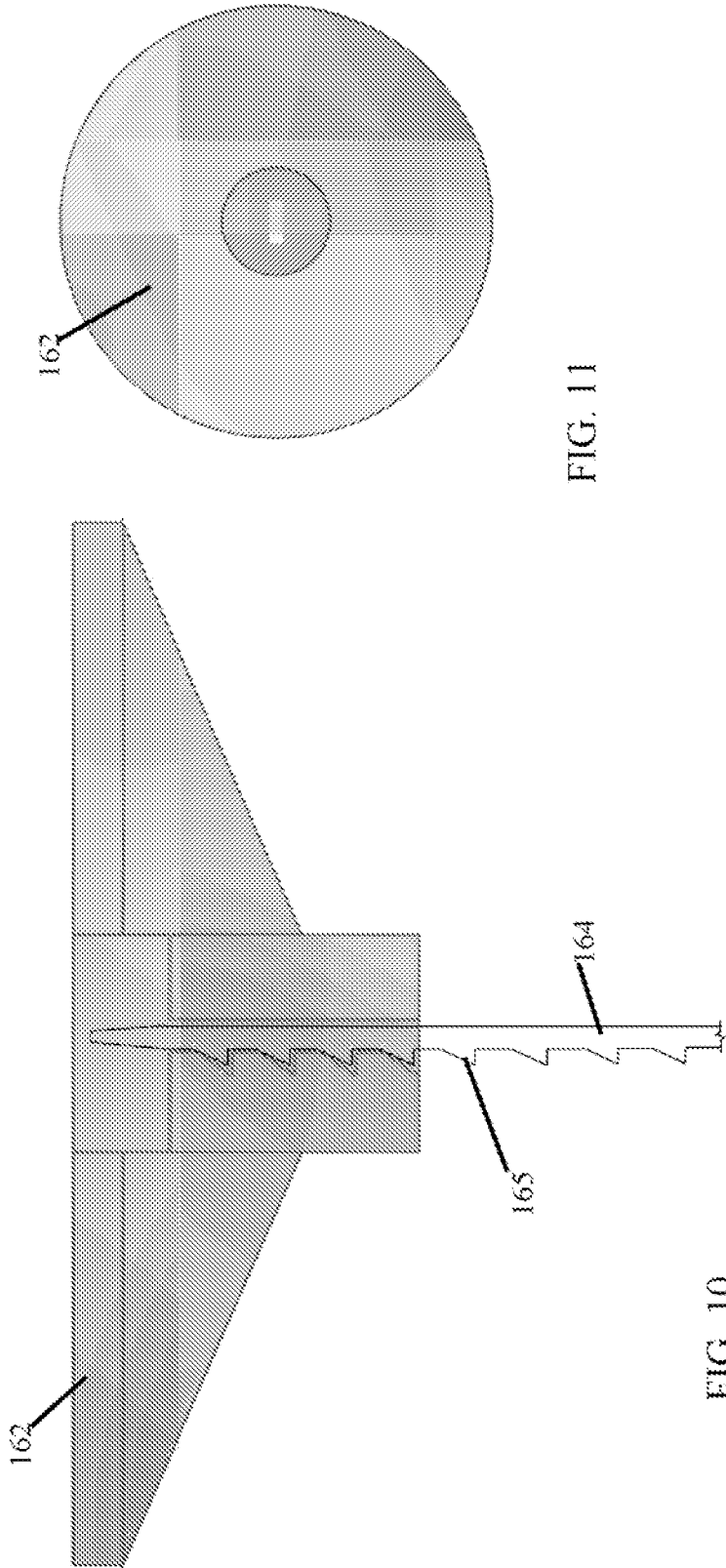


FIG. 11

FIG. 10

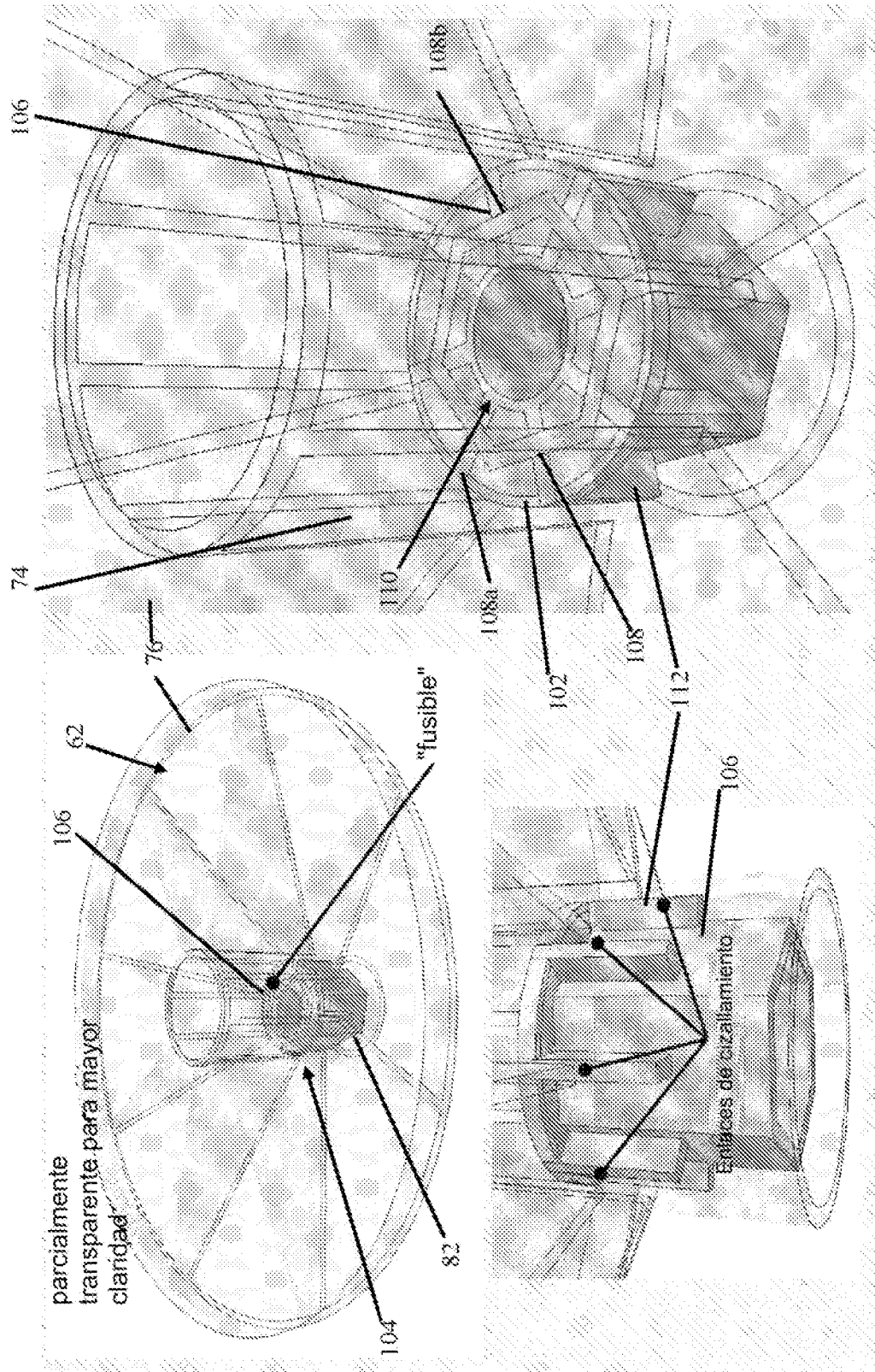


FIG. 12

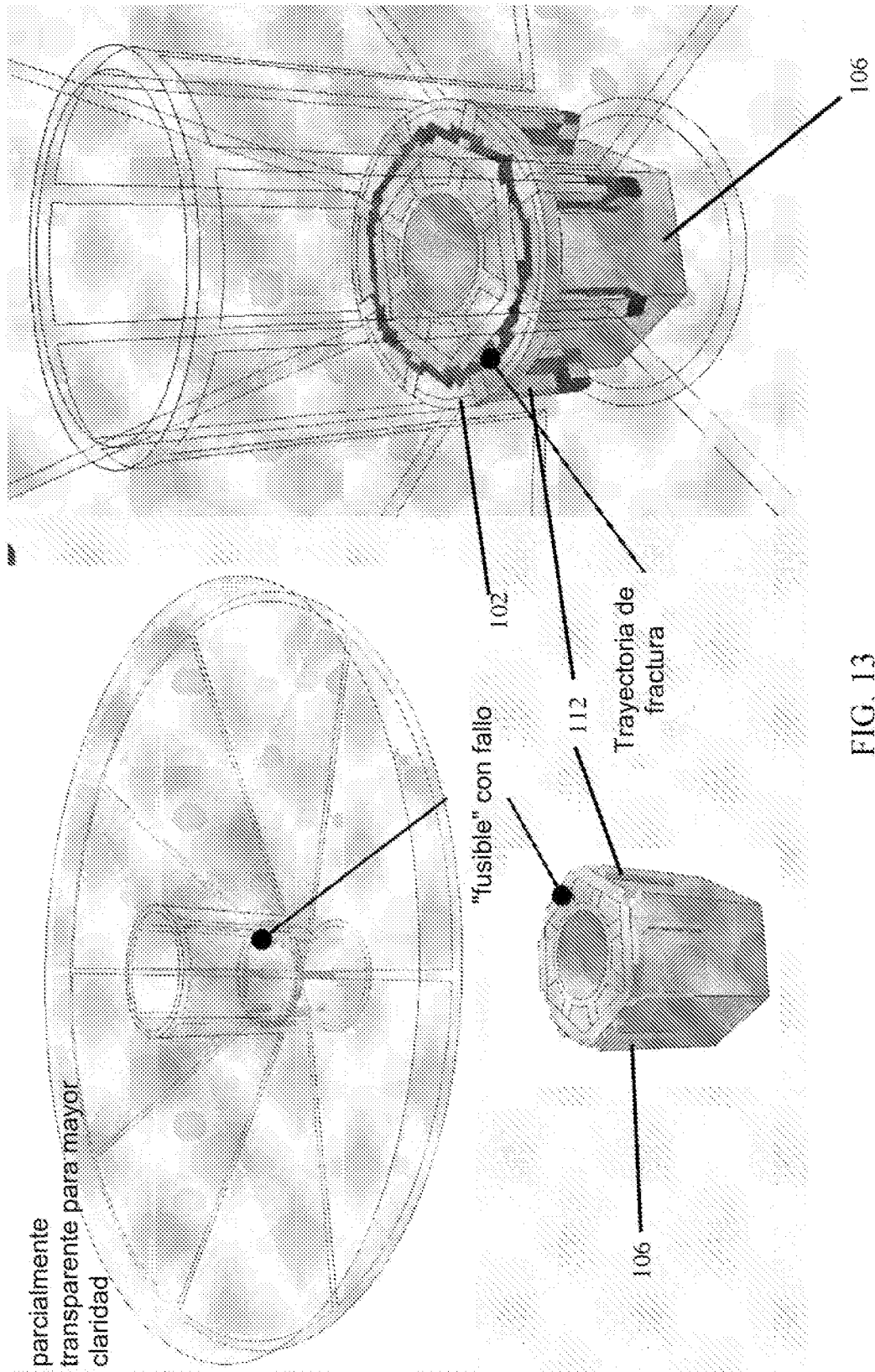


FIG. 13

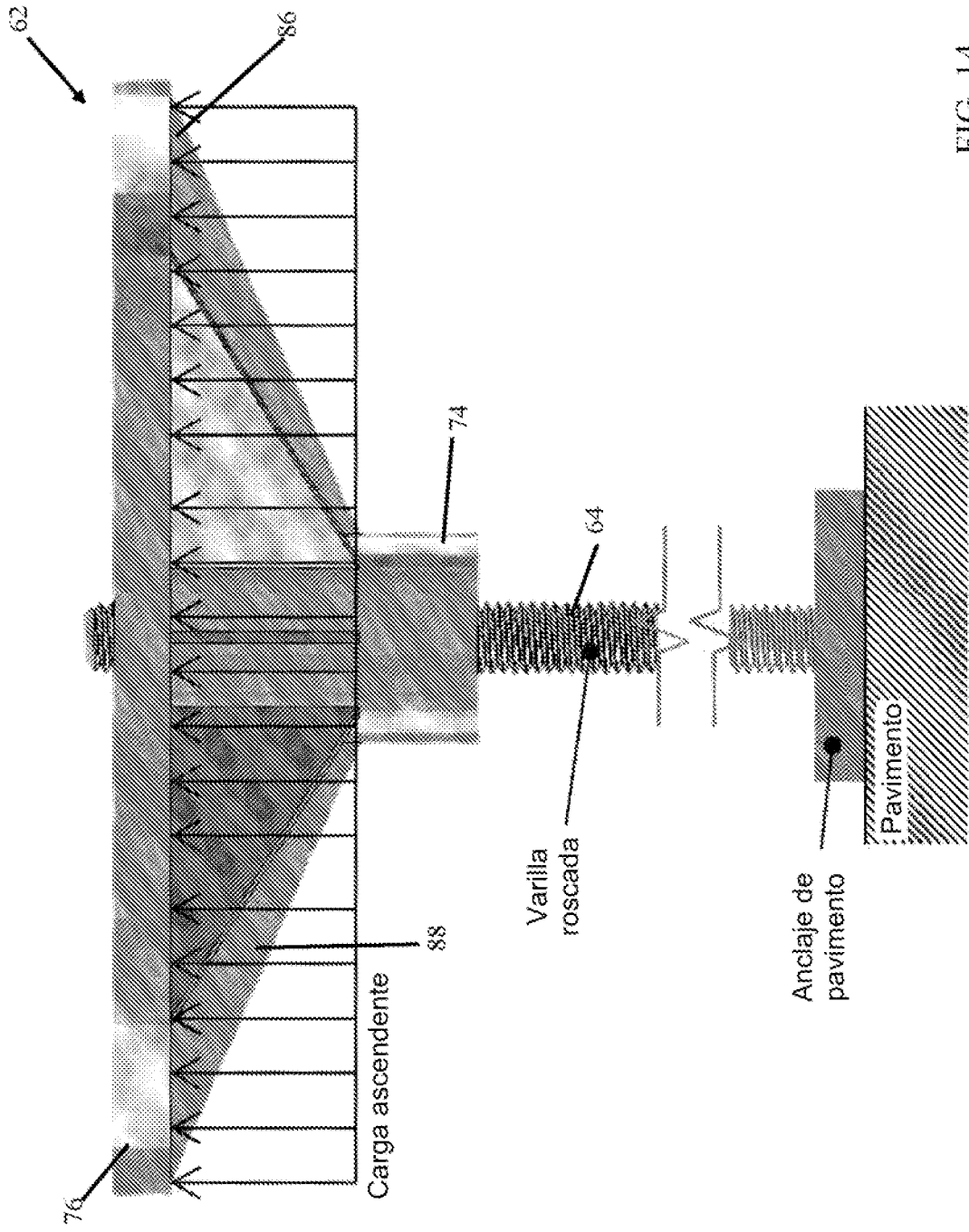


FIG. 14

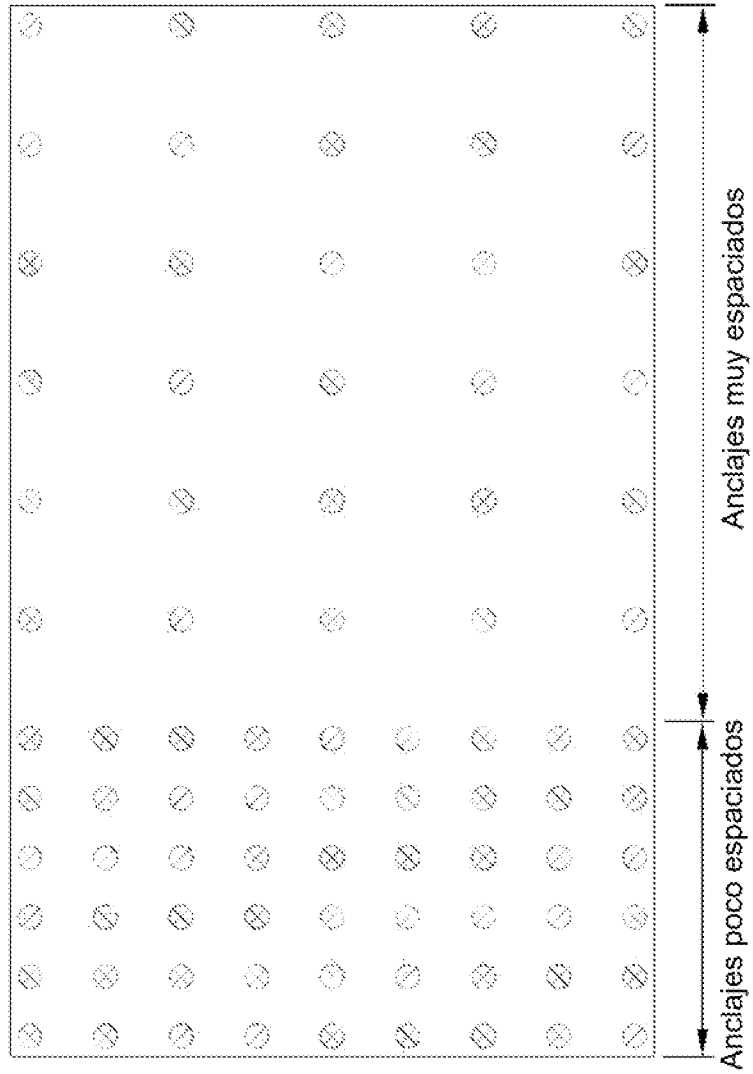


FIG. 15

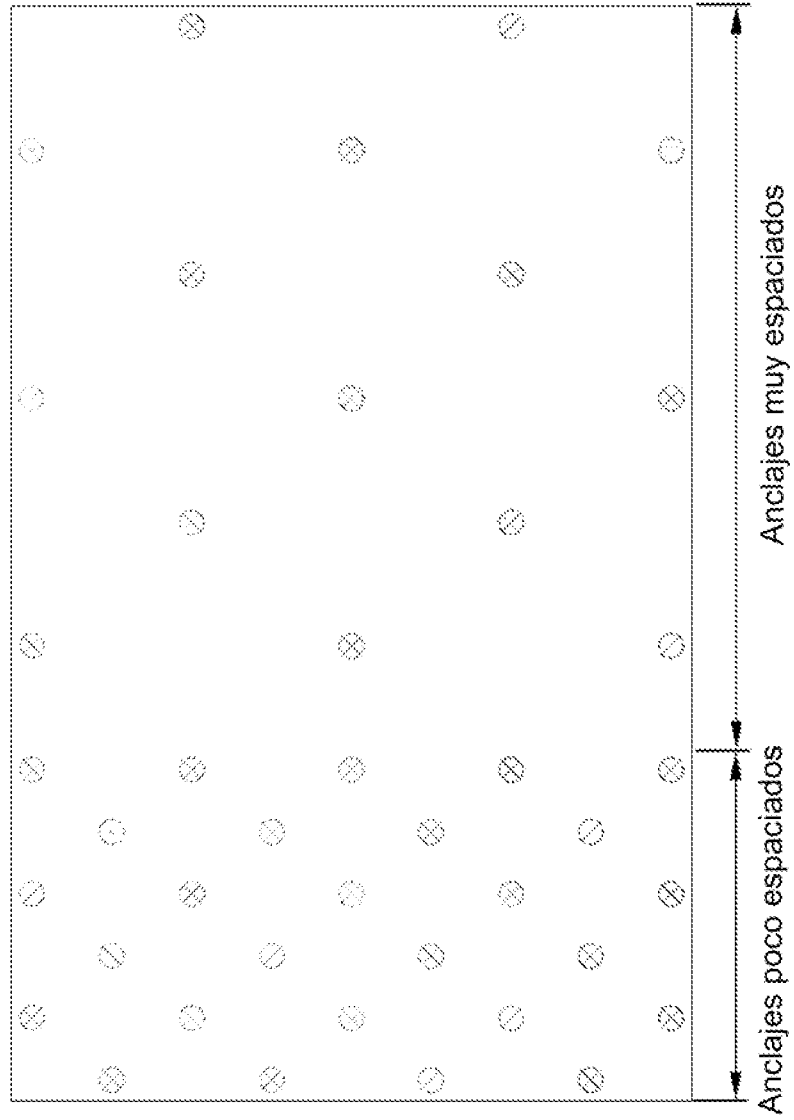


FIG. 16

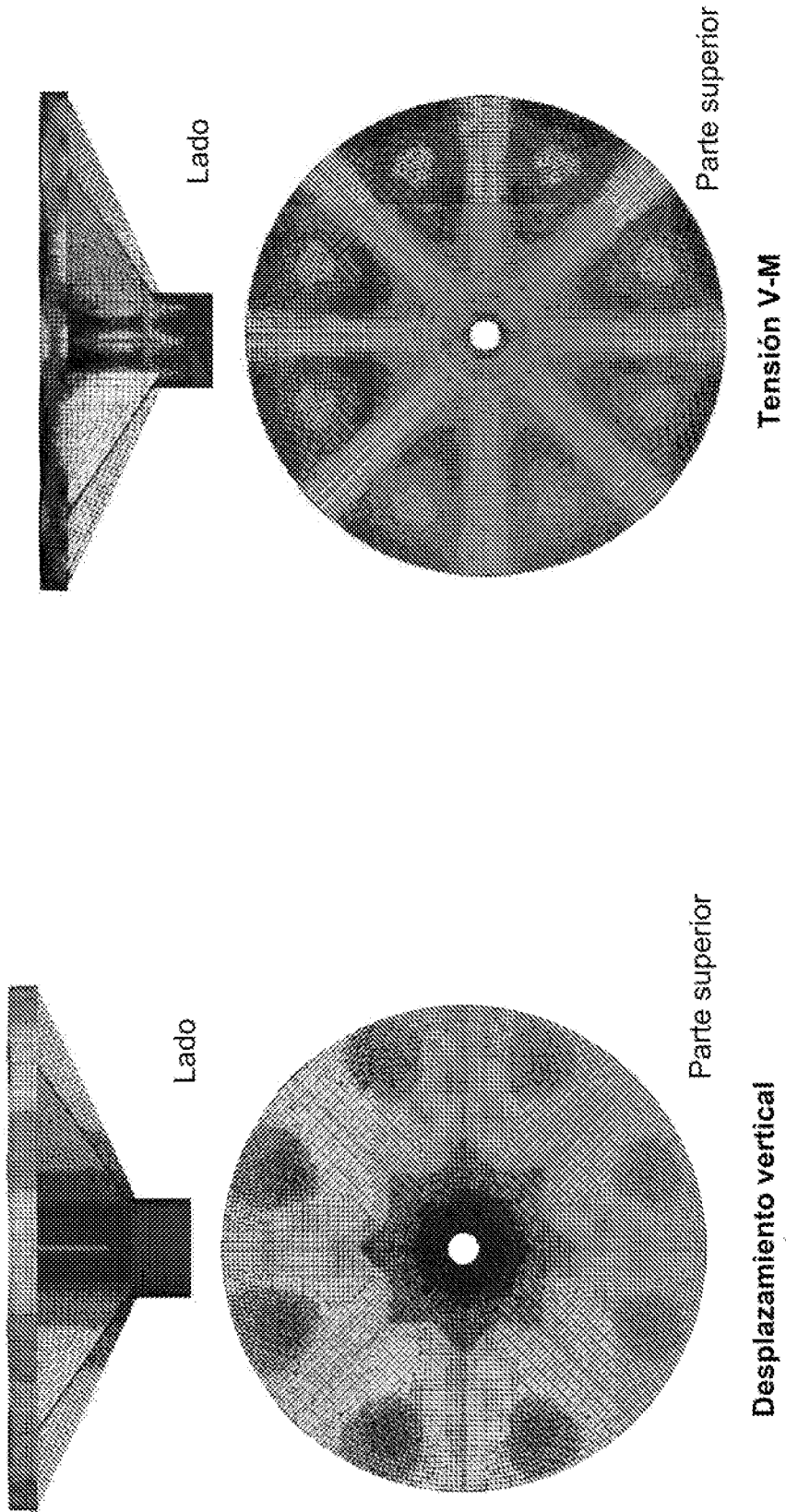


FIG. 18

FIG. 17

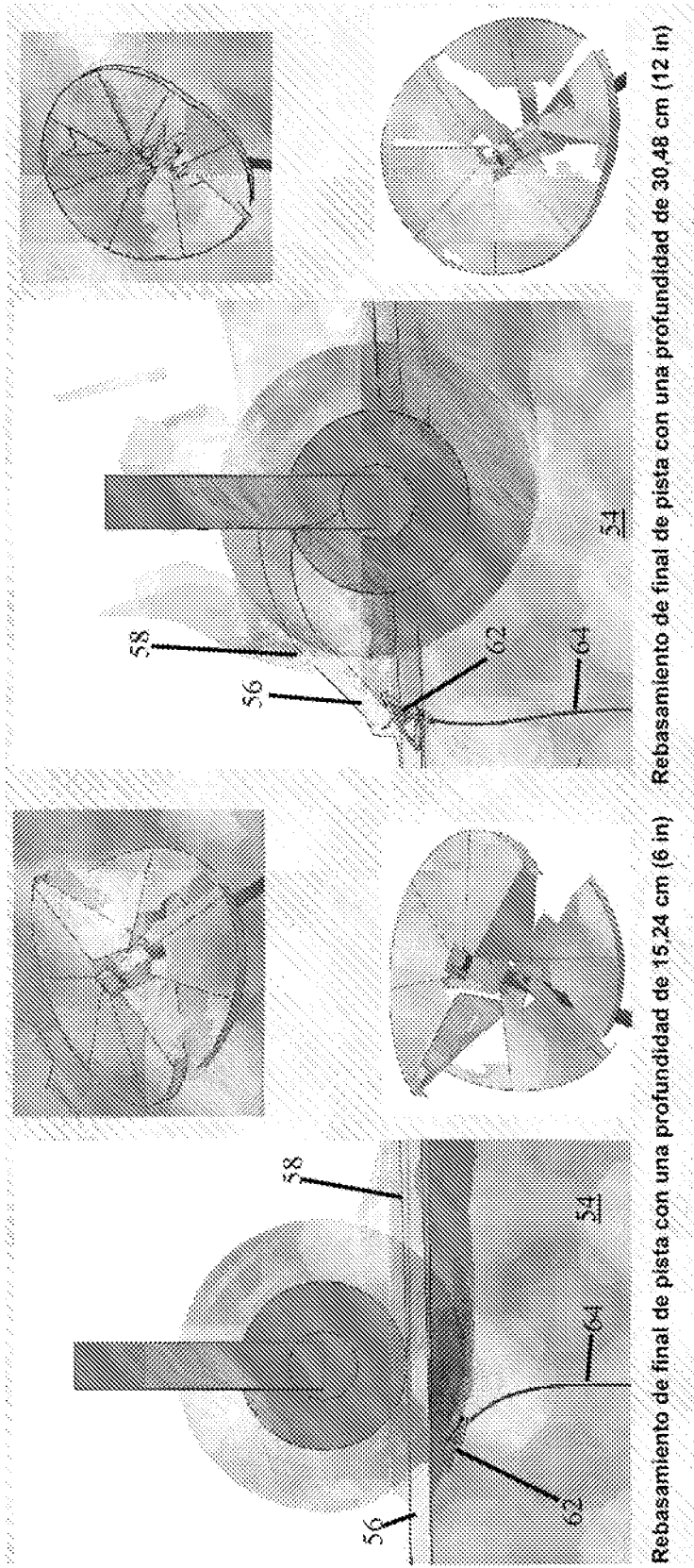


FIG. 20

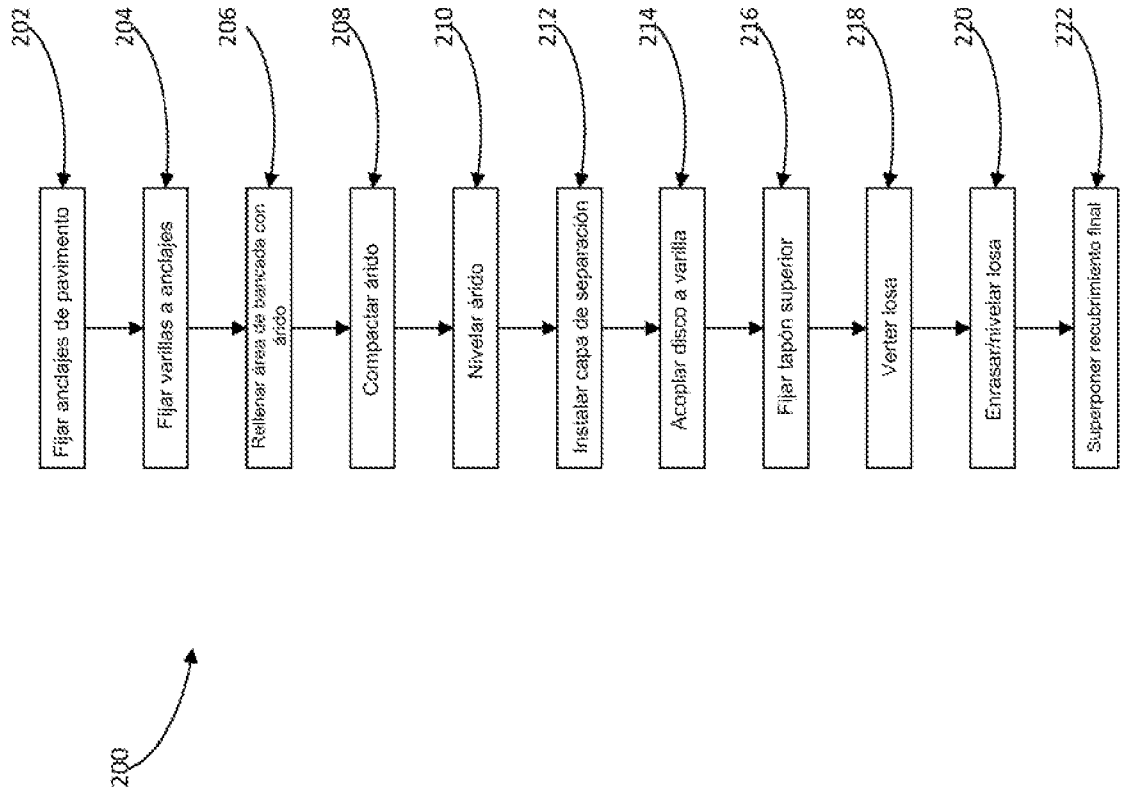


FIG. 21

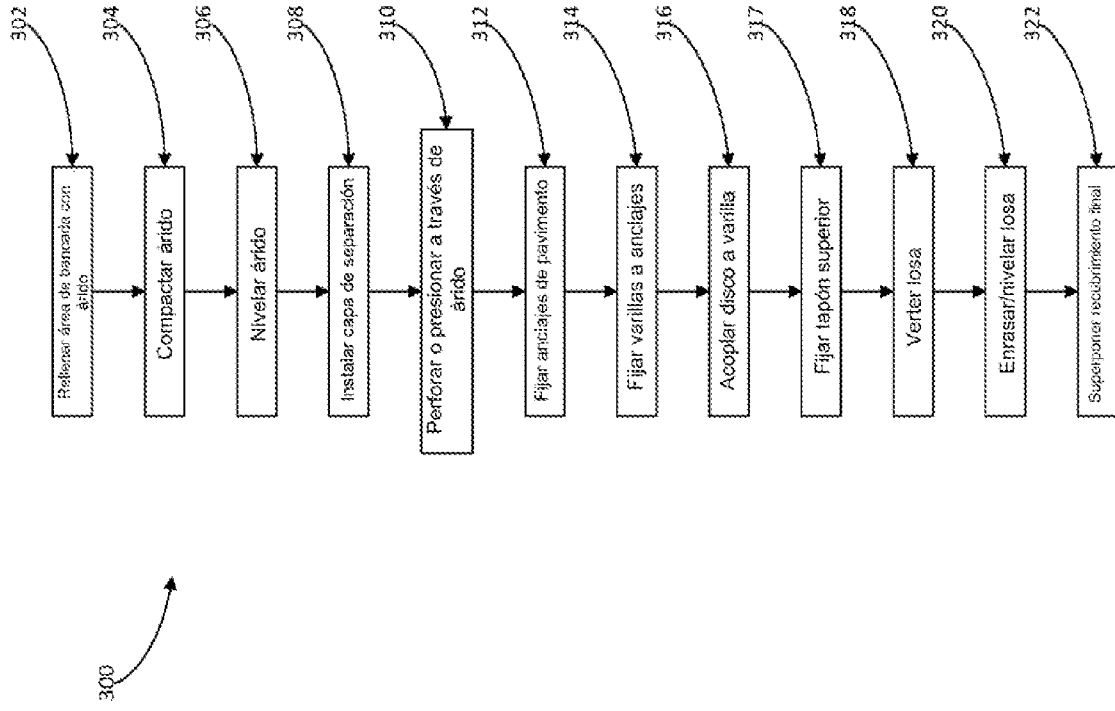


FIG. 22

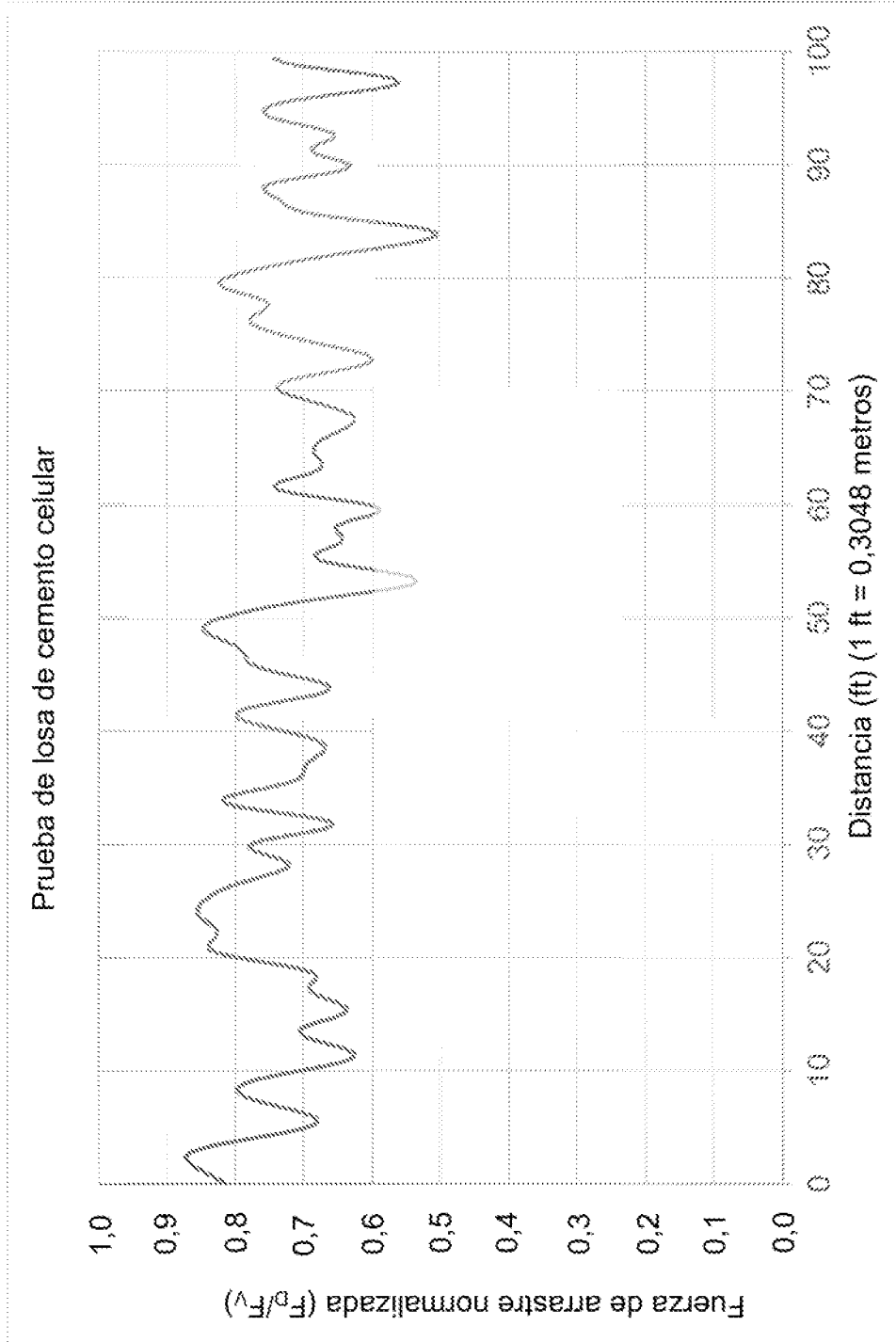


FIG. 23

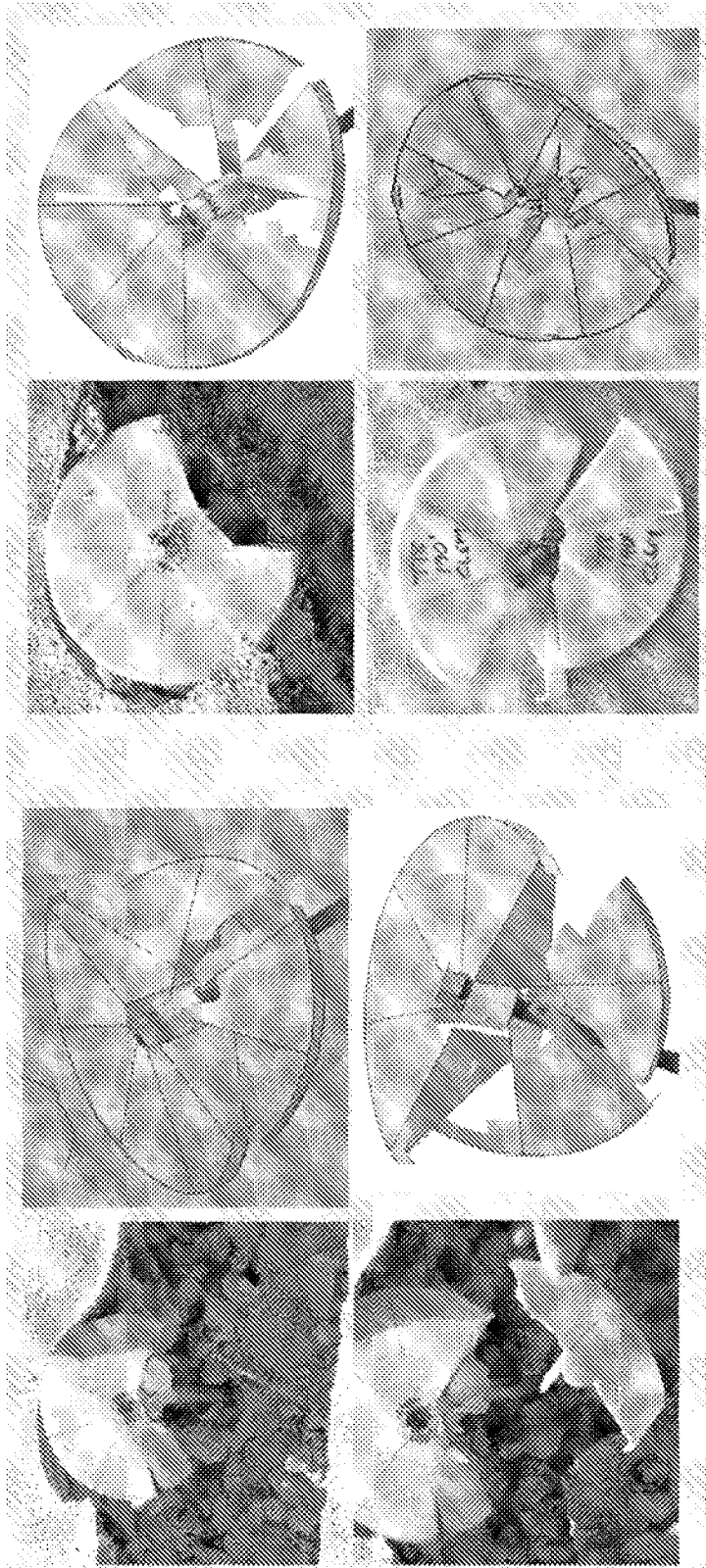
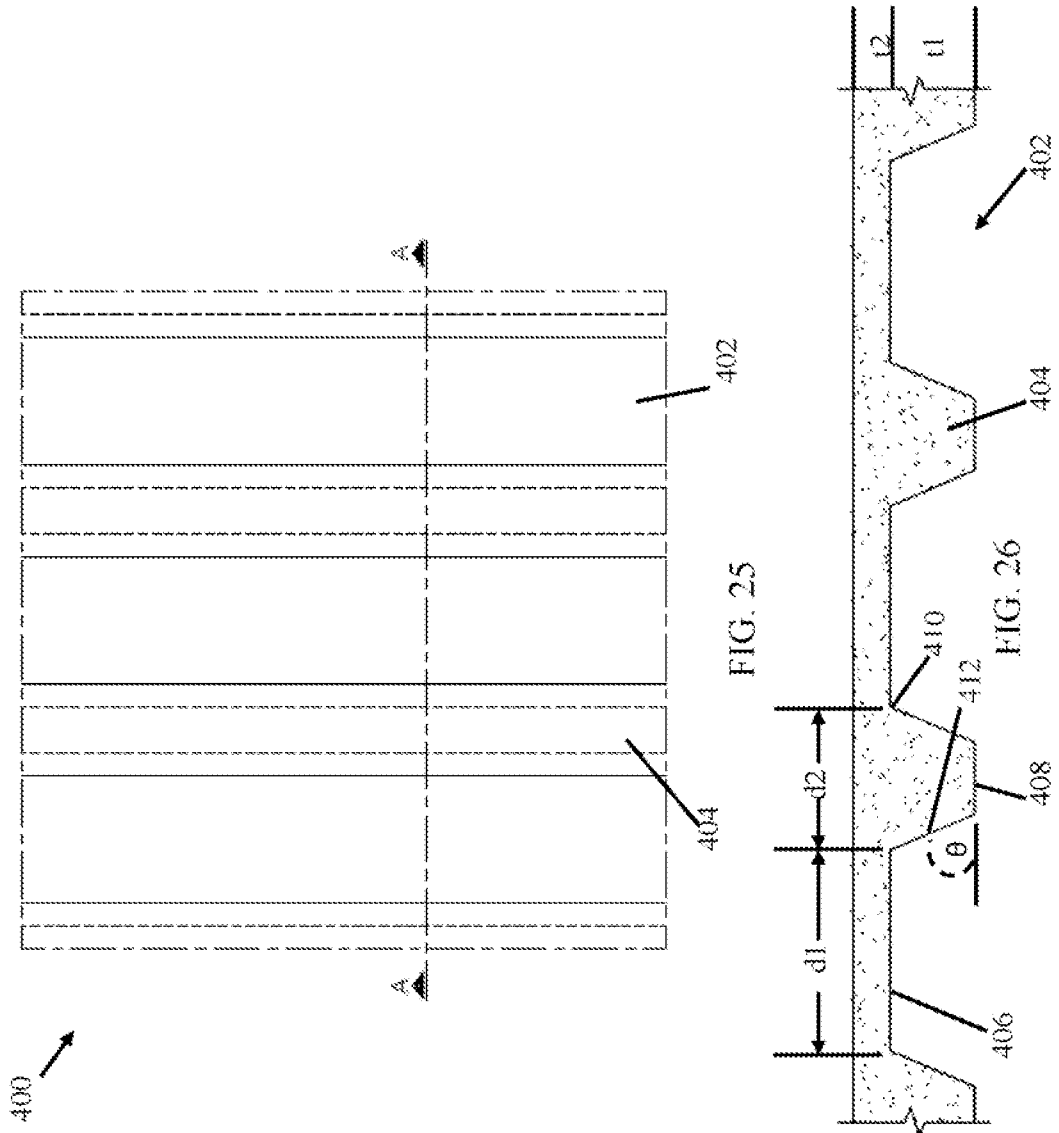


FIG. 24



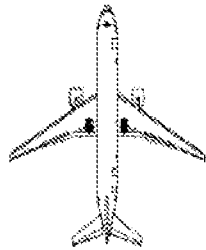
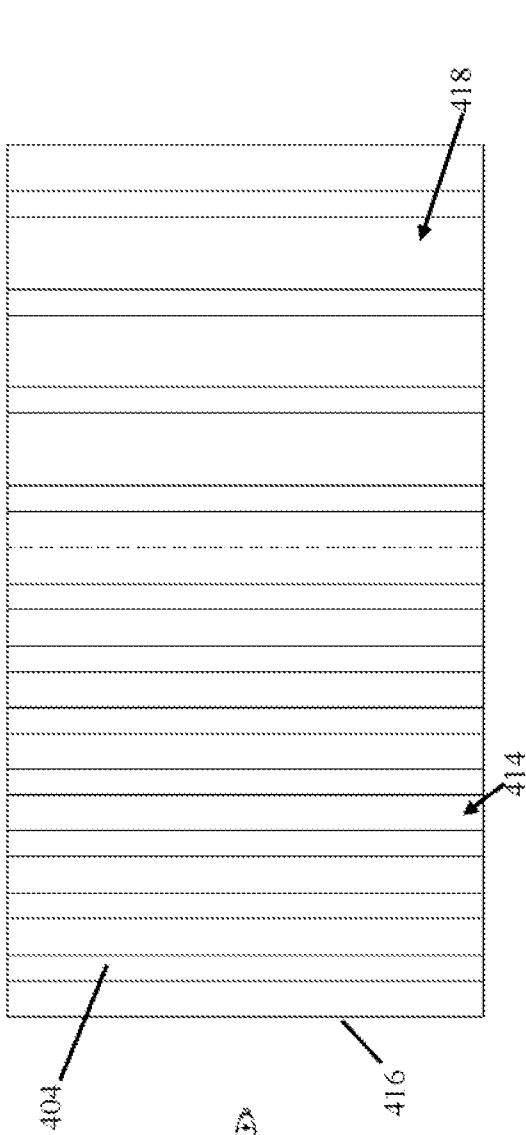


FIG. 27

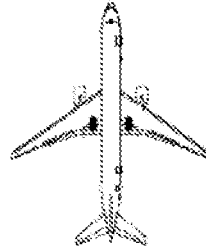
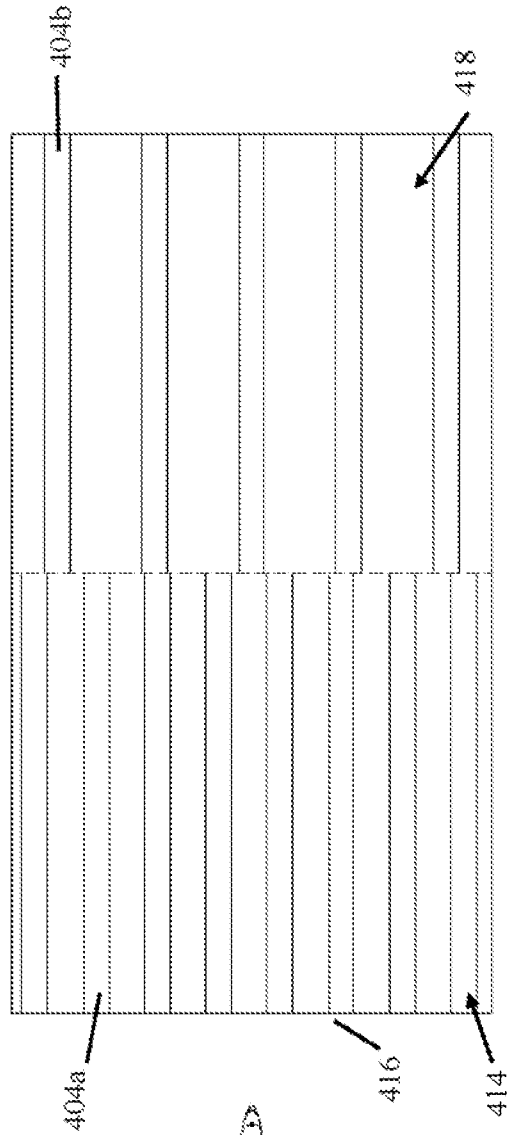
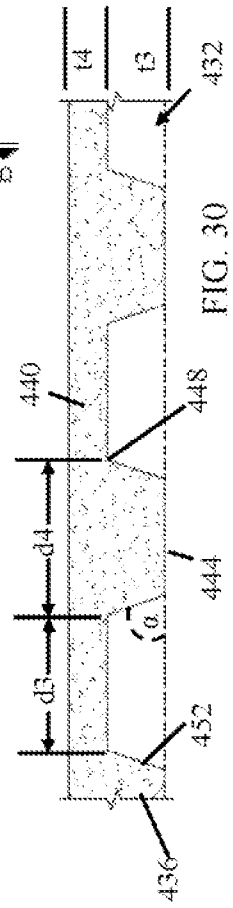
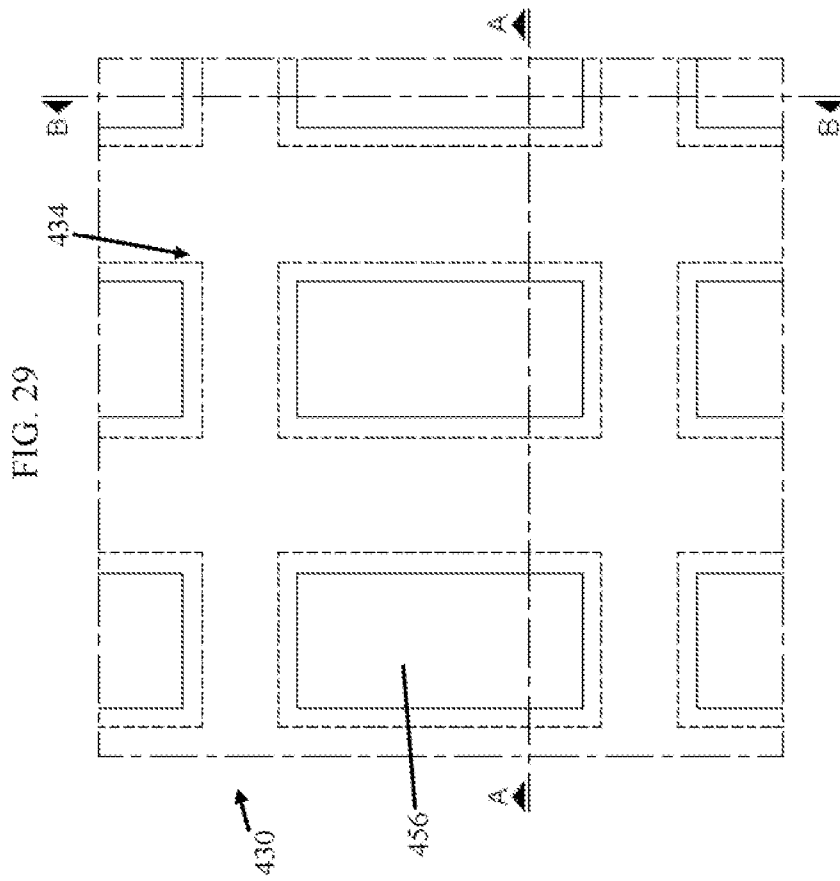
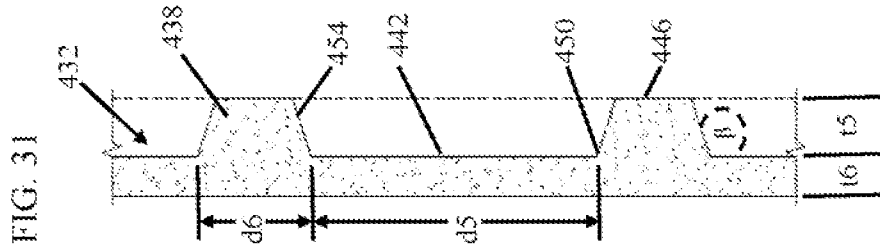


FIG. 28



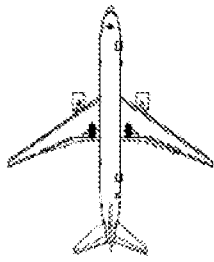
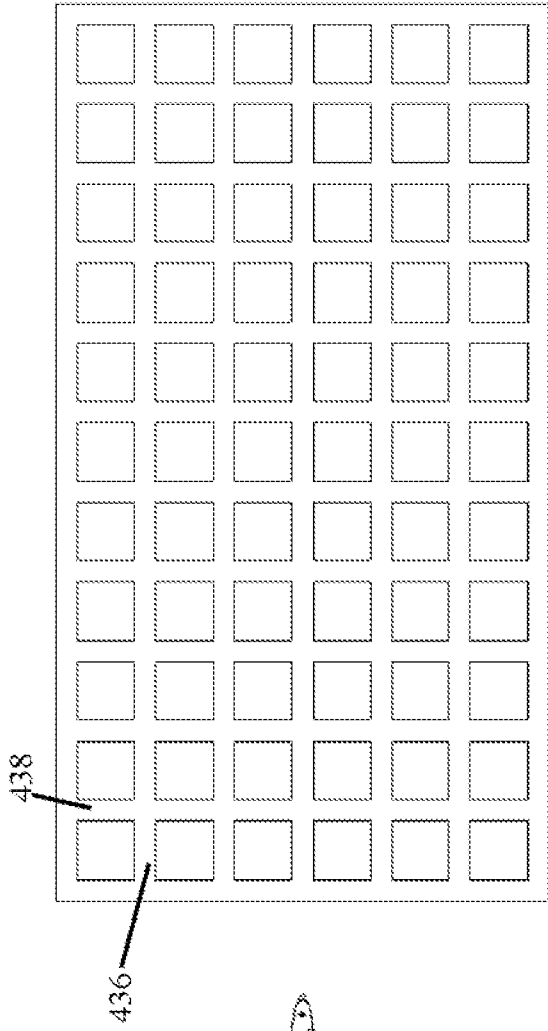


FIG. 32

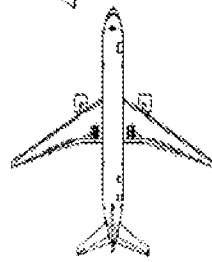
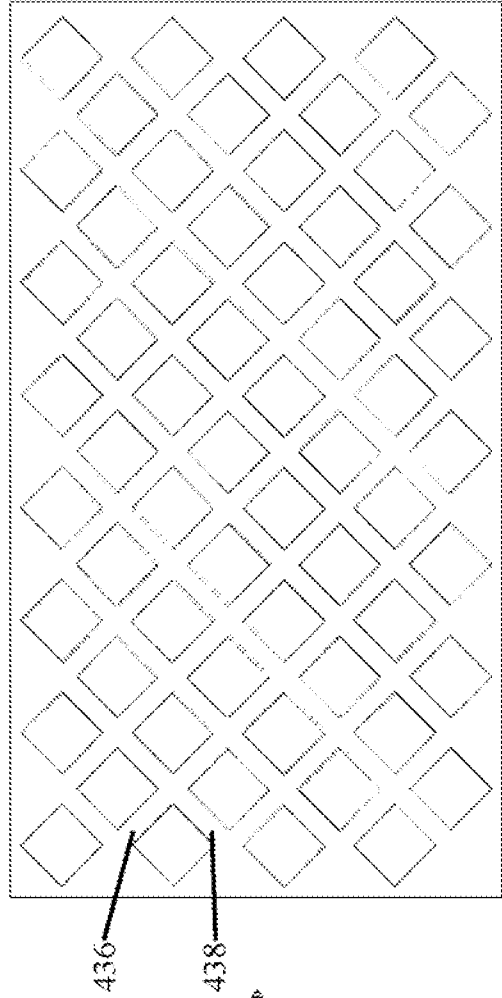
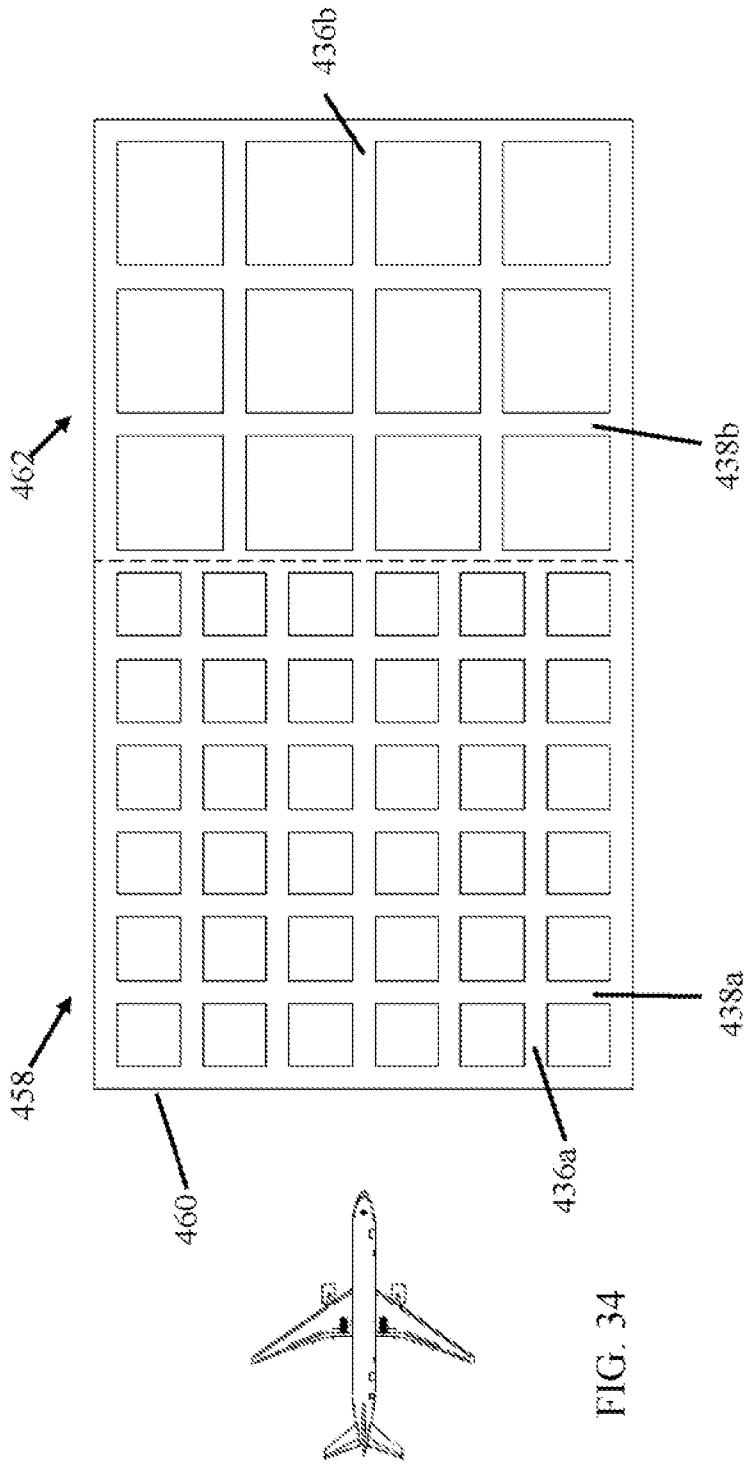


FIG. 33



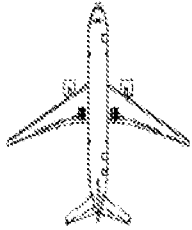
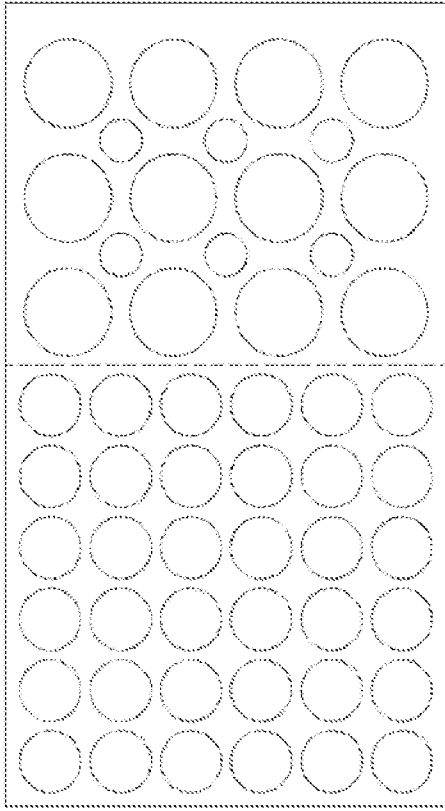


FIG. 35

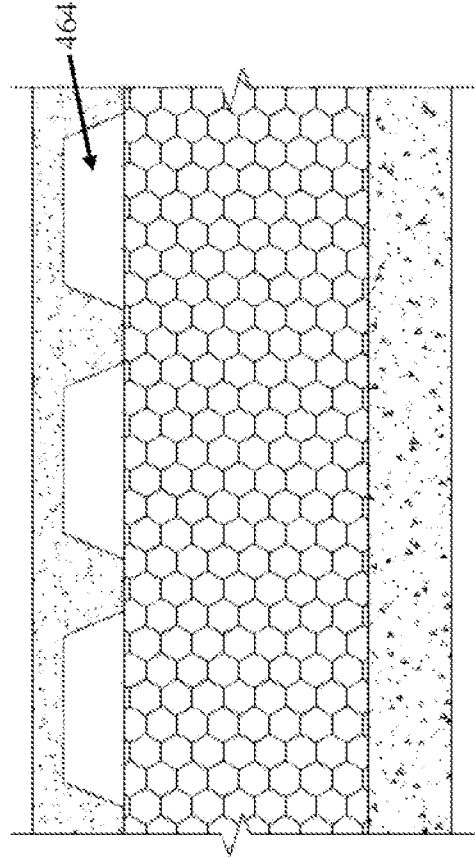


FIG. 36

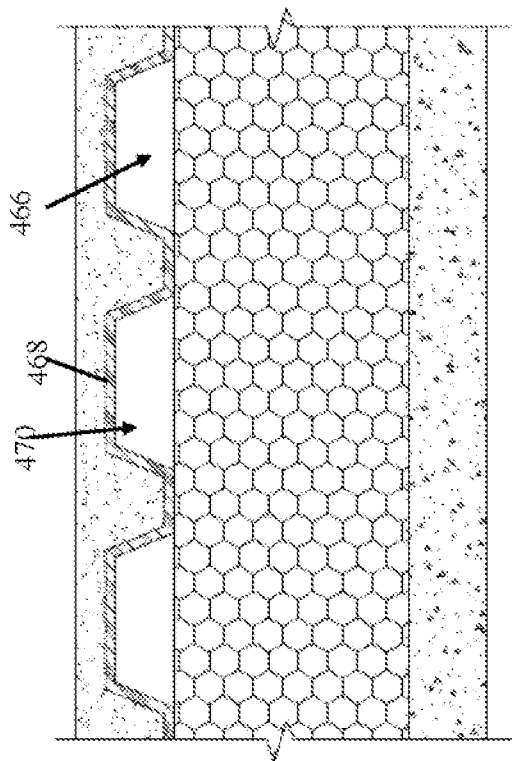


FIG. 37

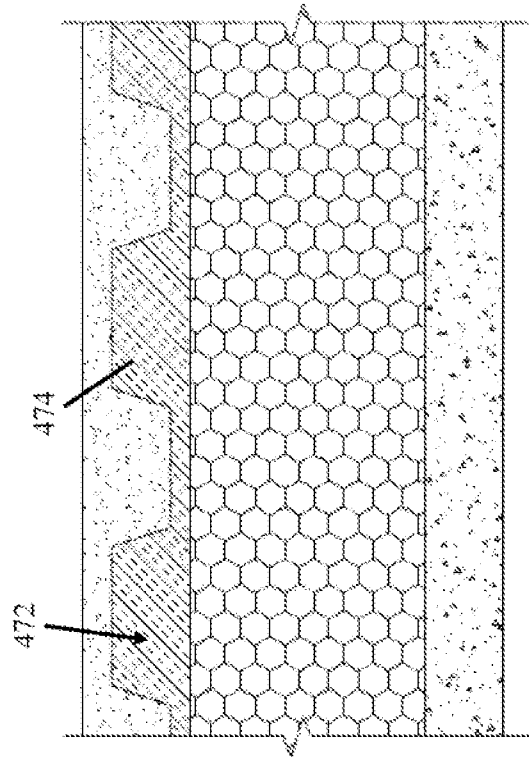


FIG. 38

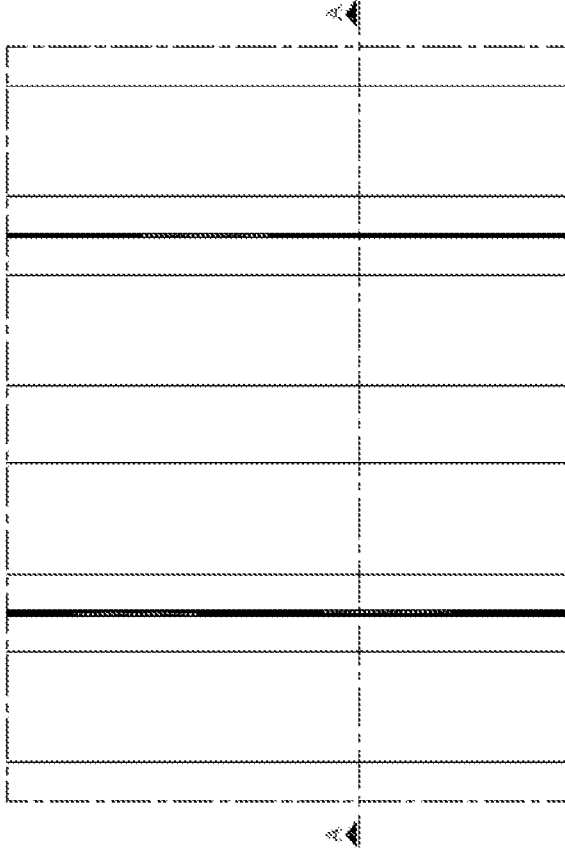


FIG. 39

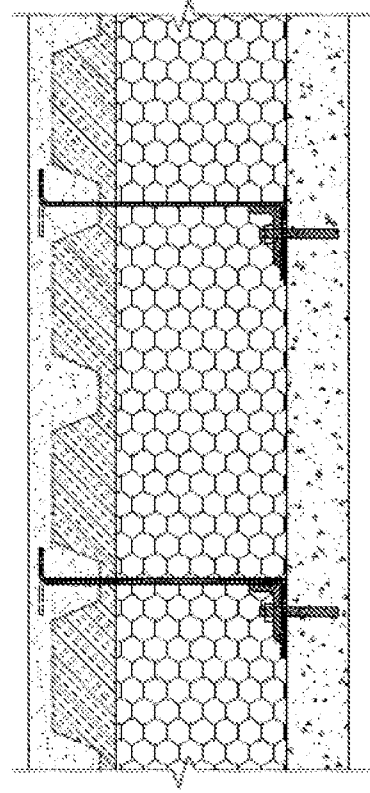


FIG. 40

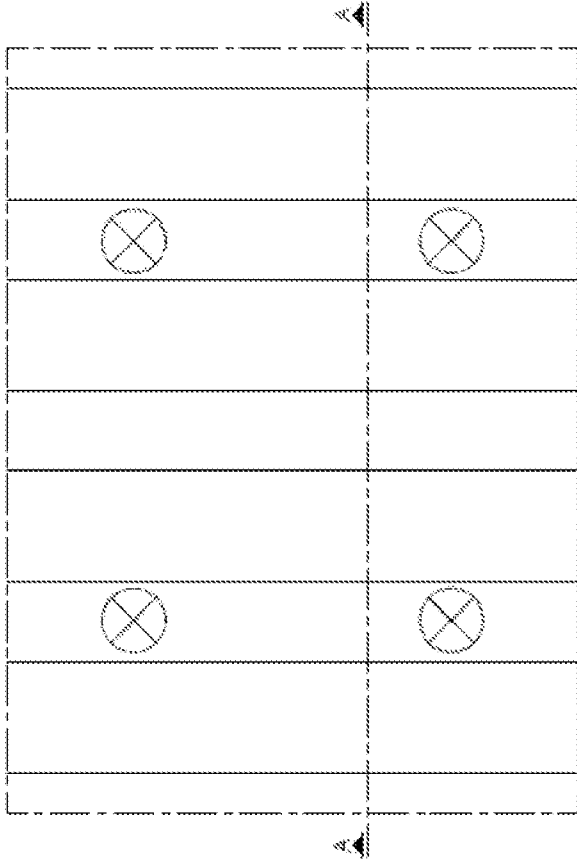


FIG. 41

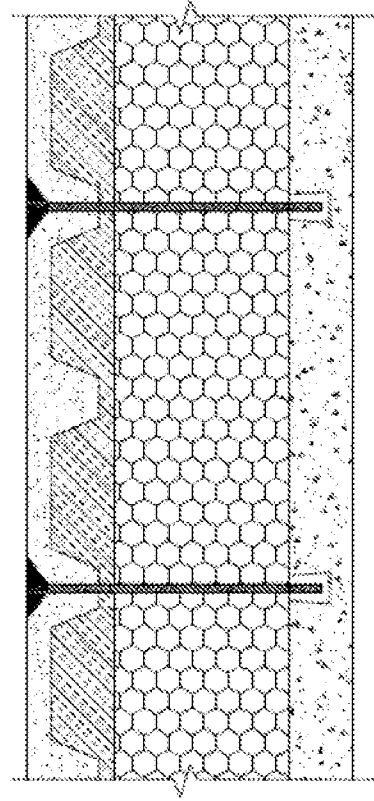


FIG. 42

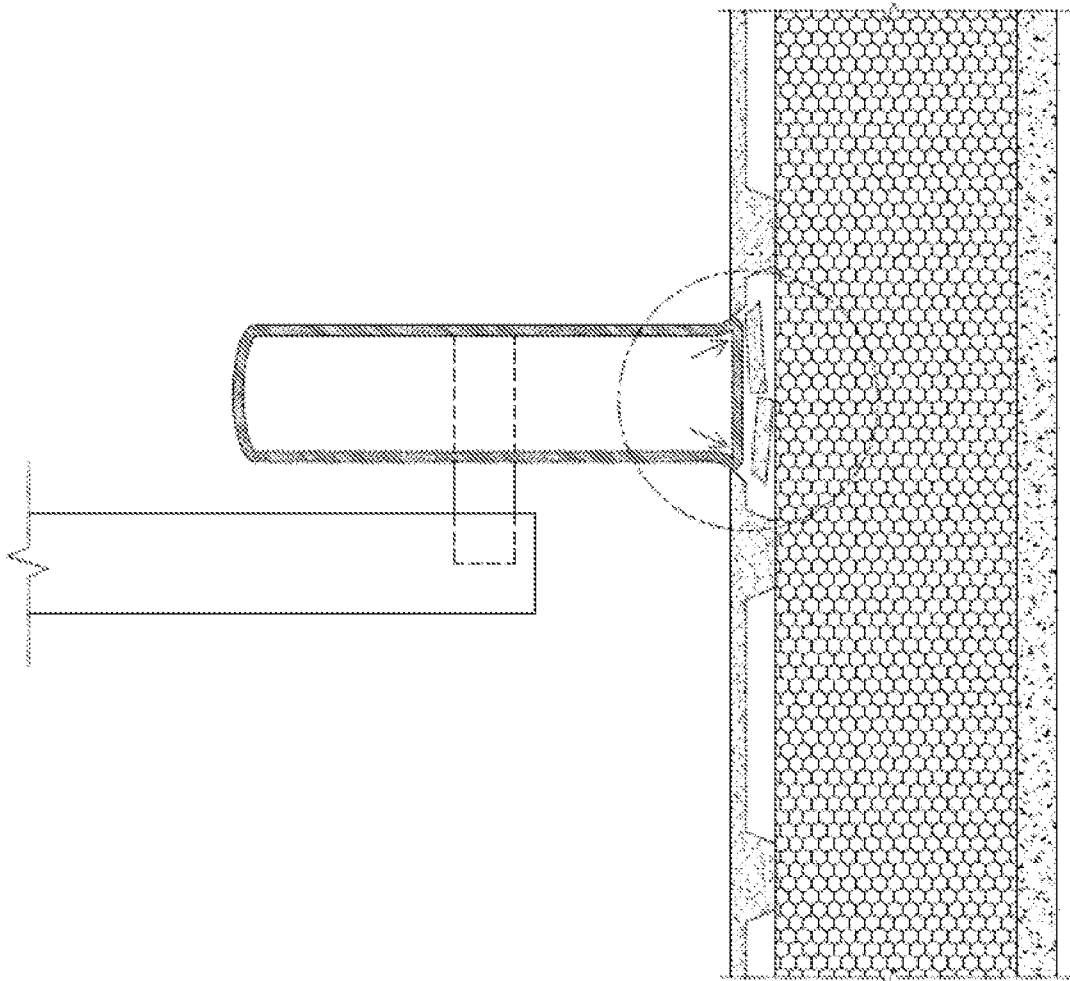


FIG. 43

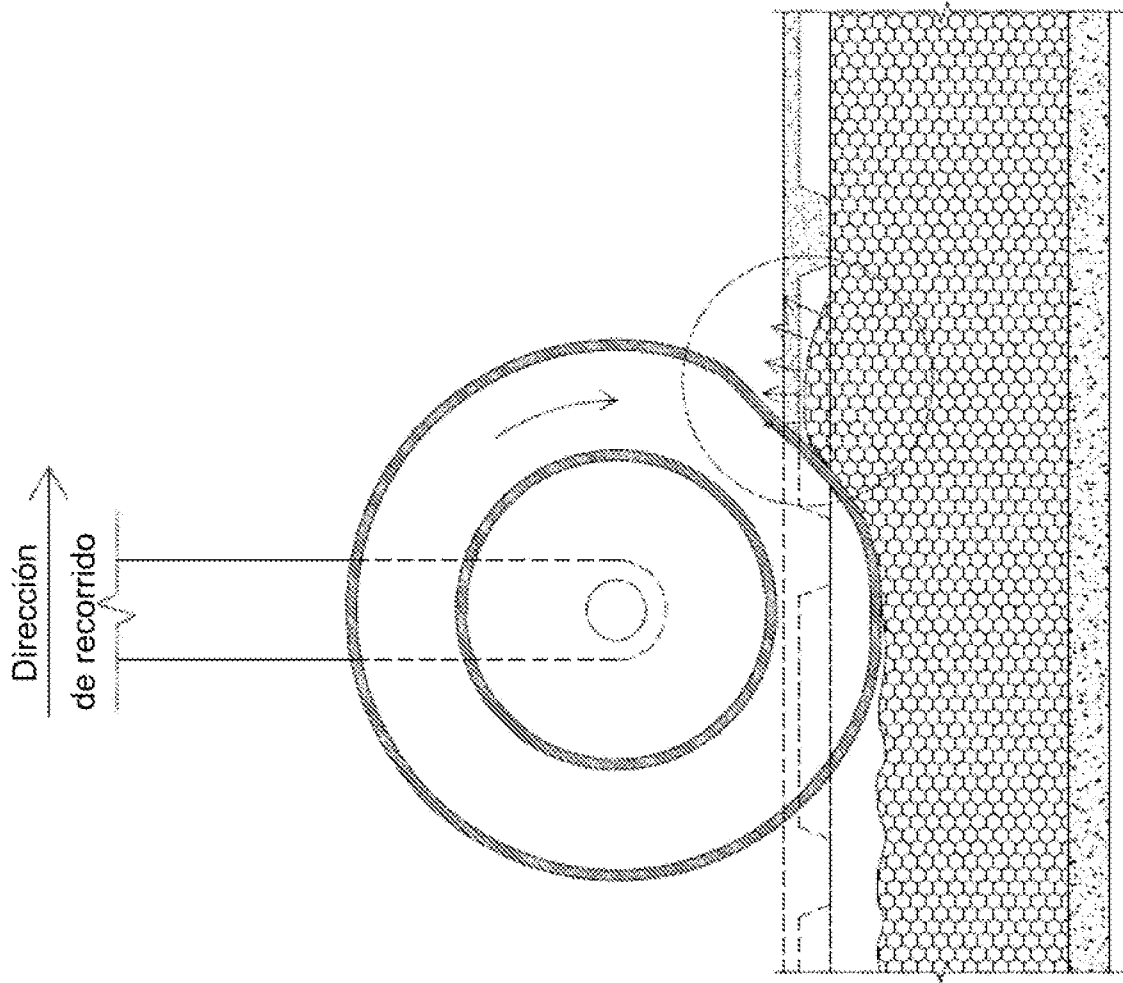
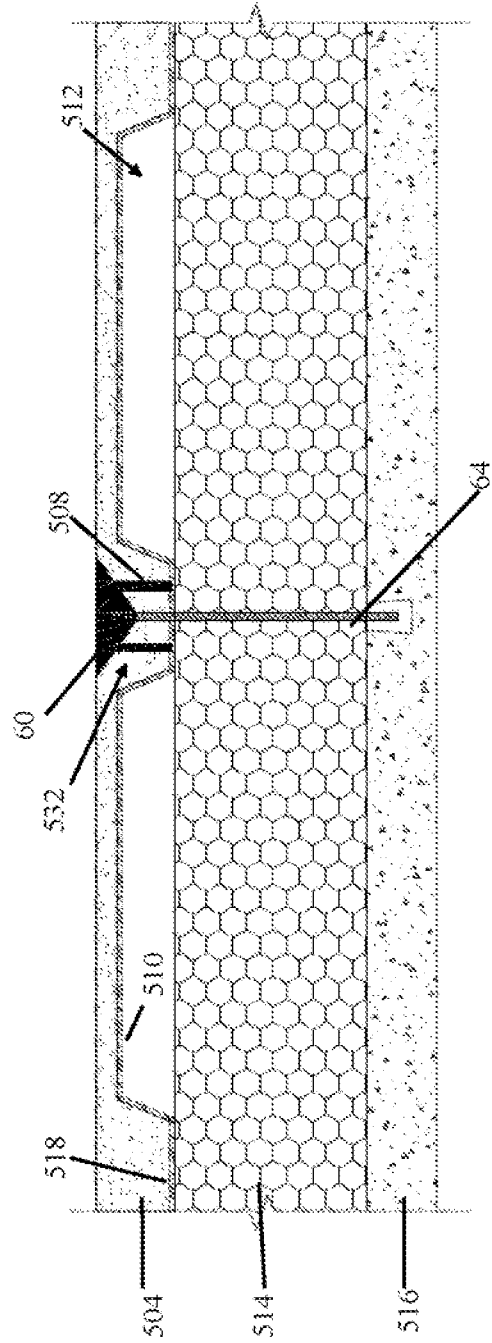
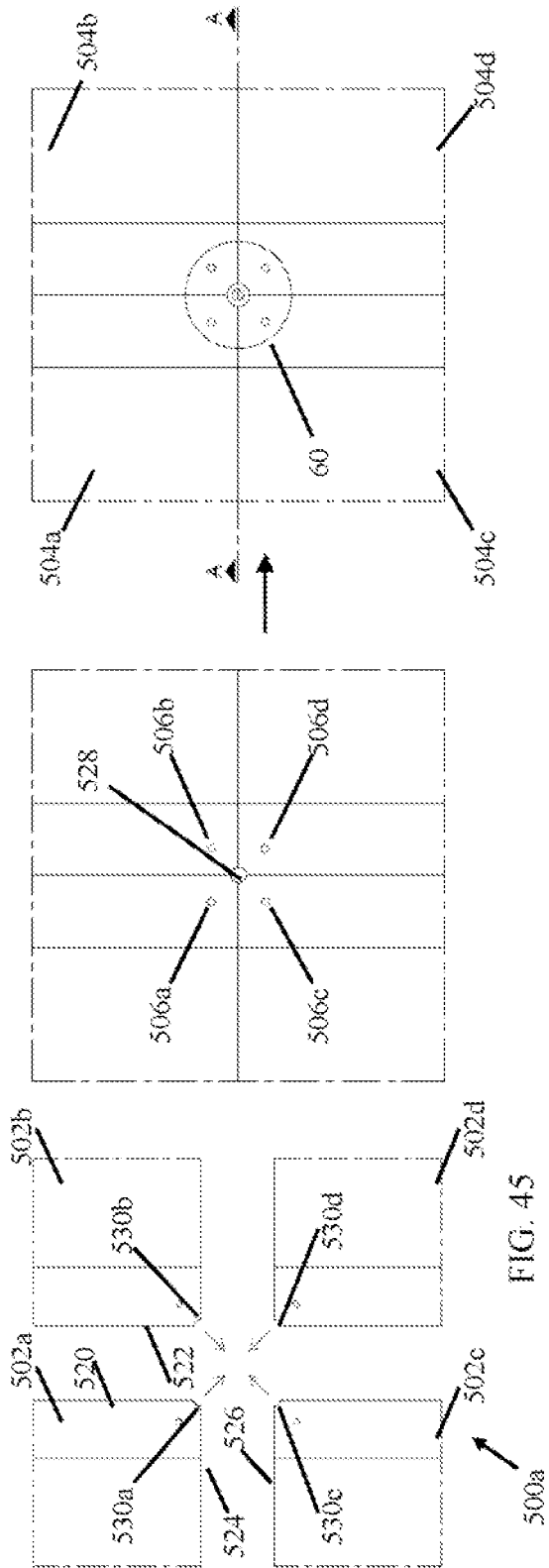


FIG. 44



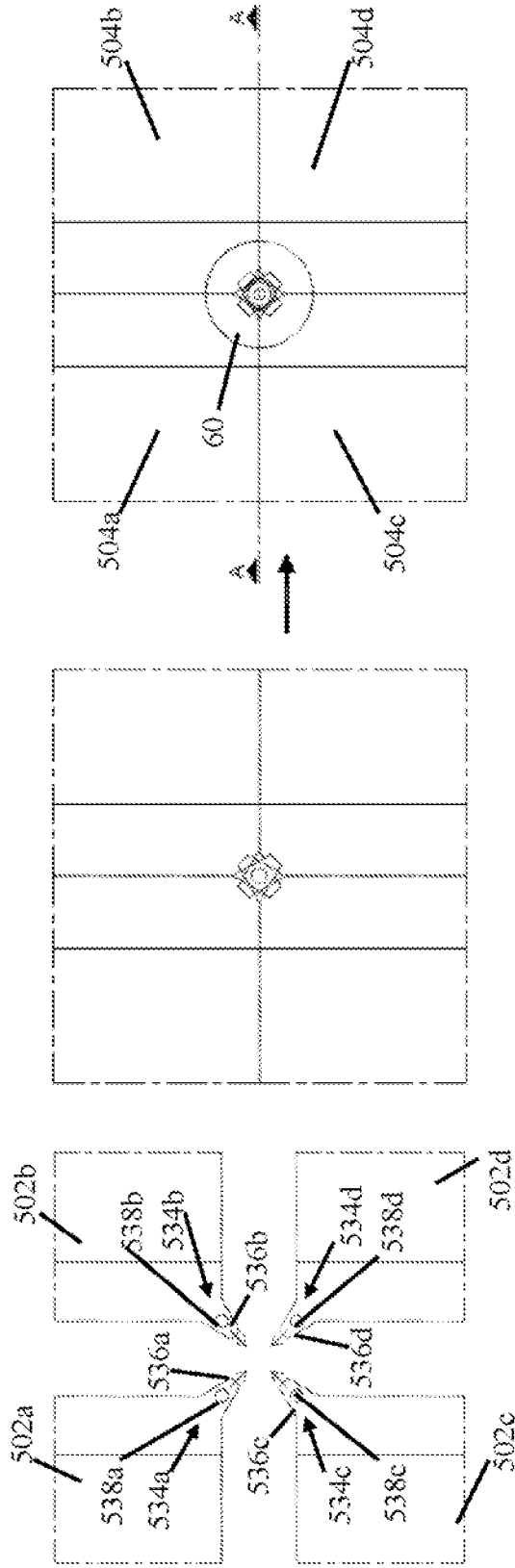


FIG. 47

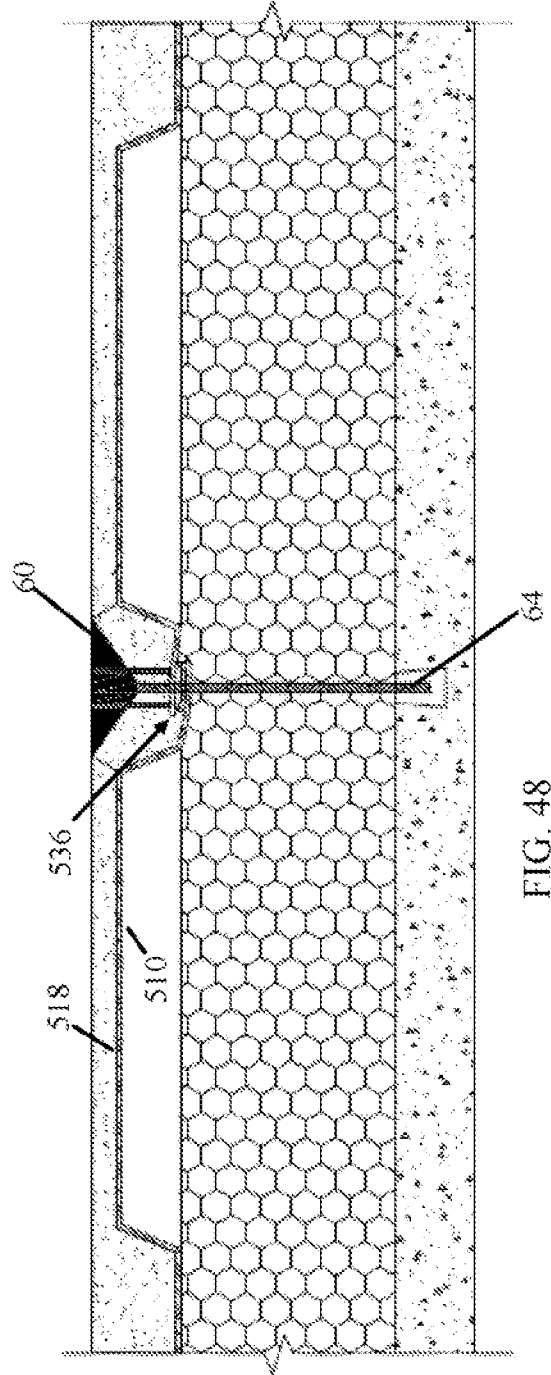


FIG. 48

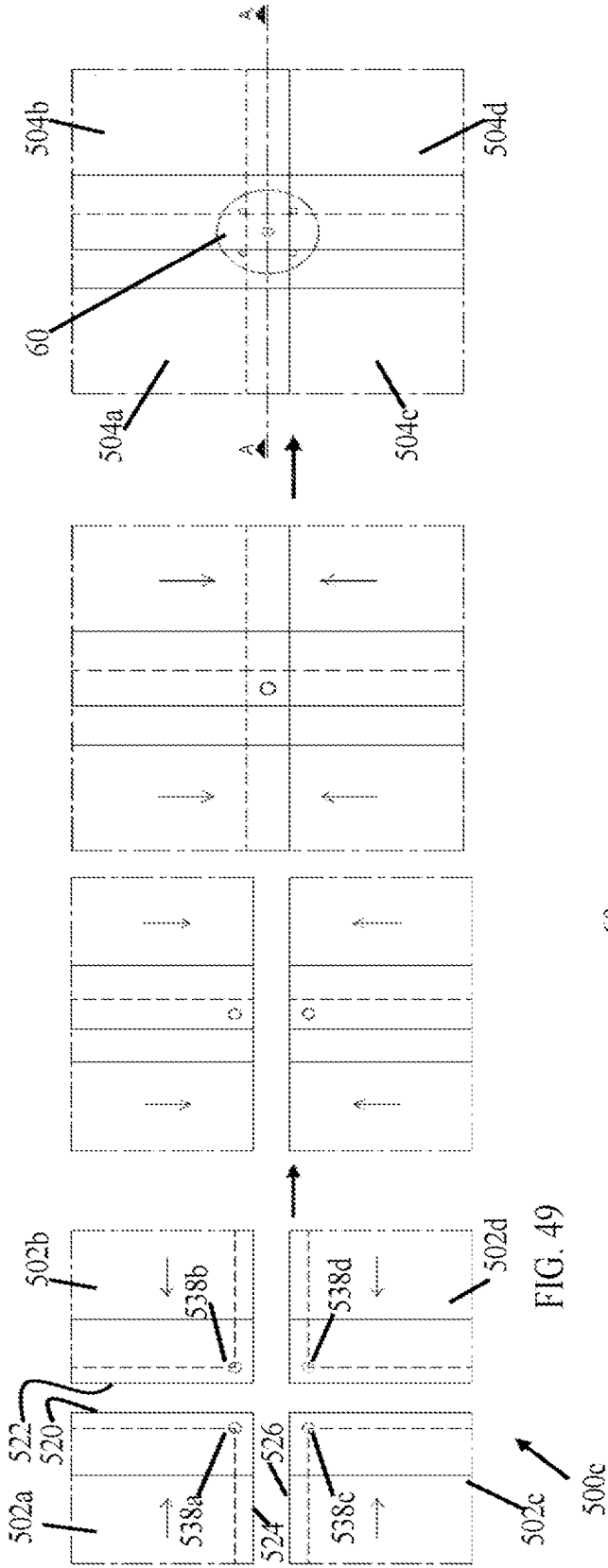


FIG. 49

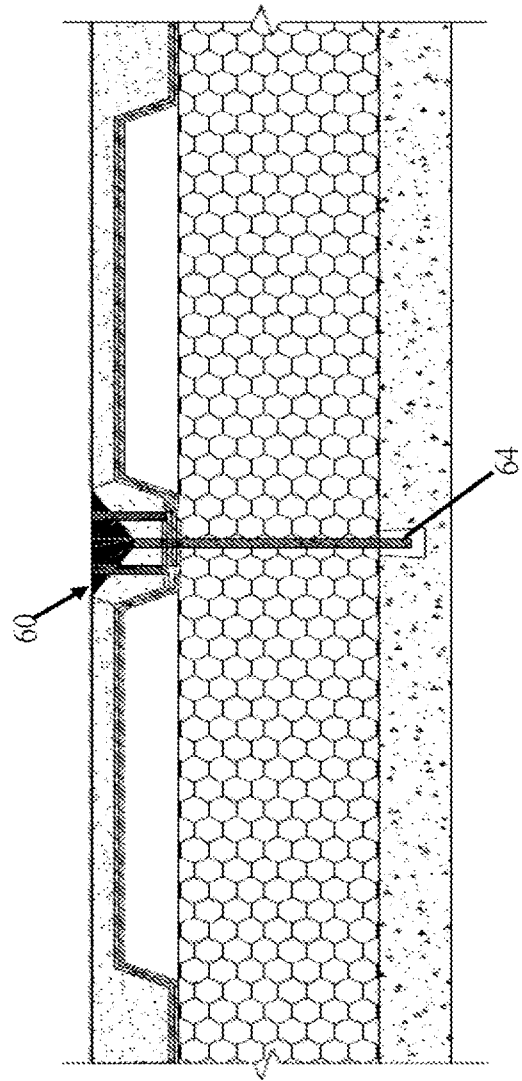


FIG. 50

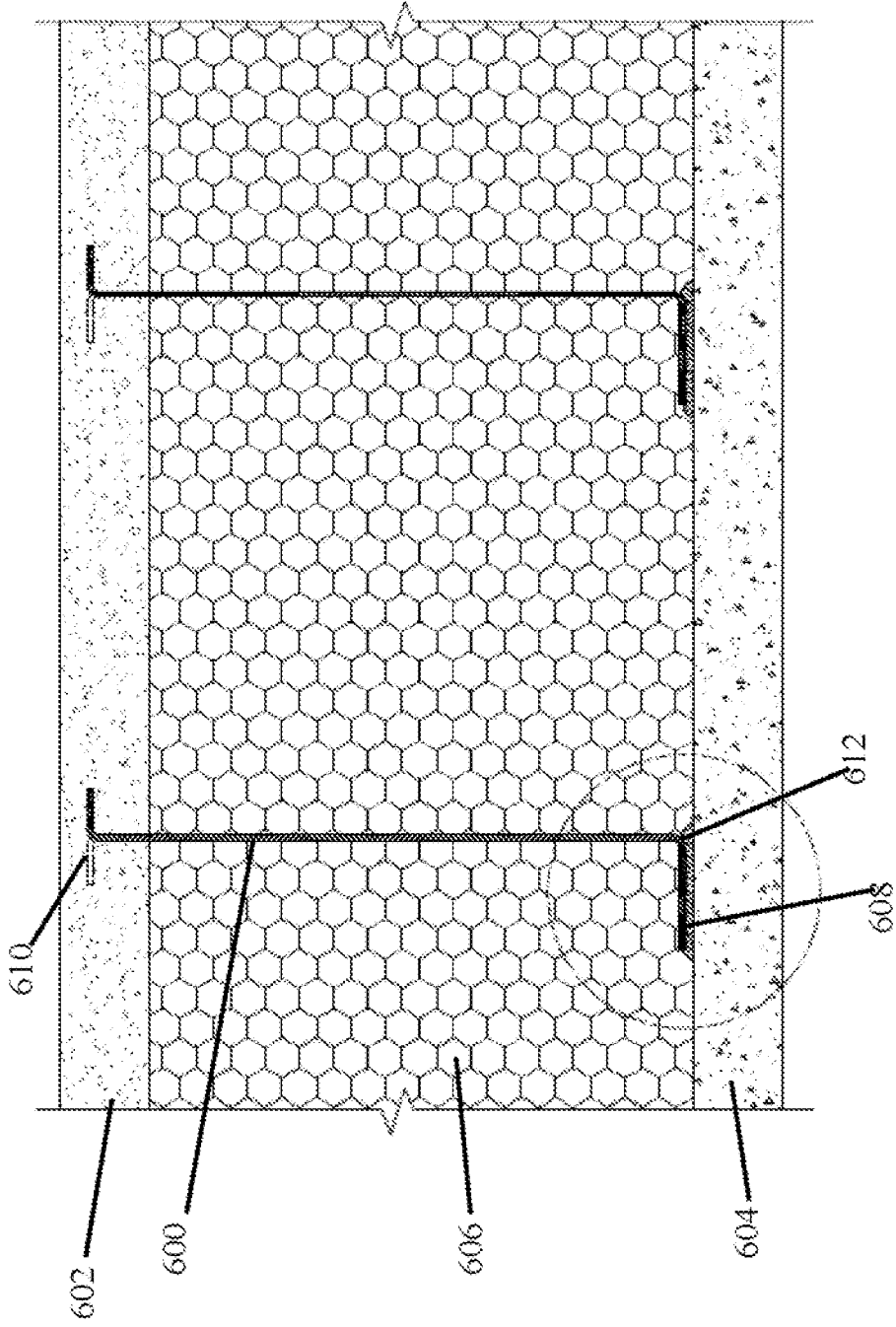
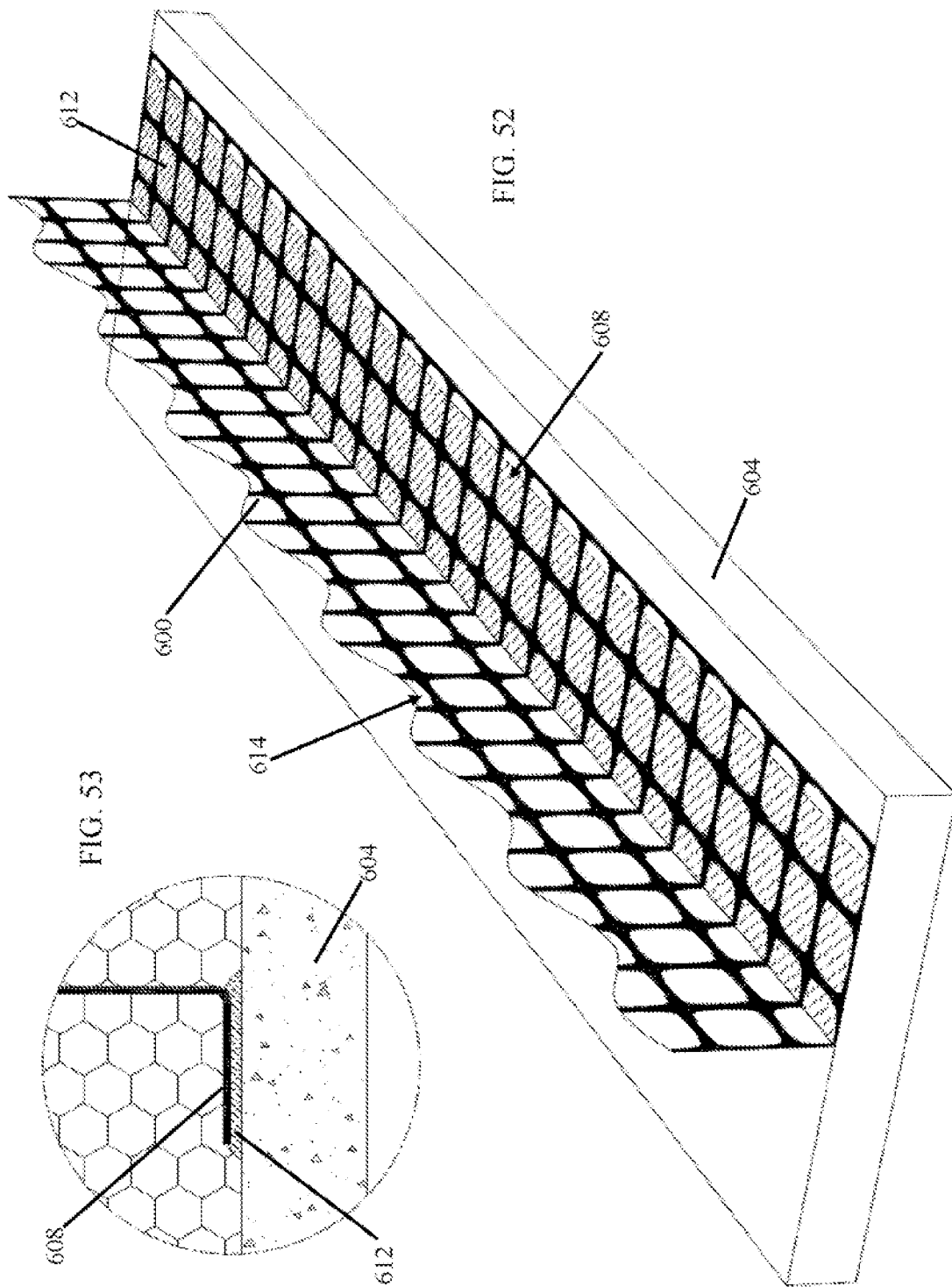
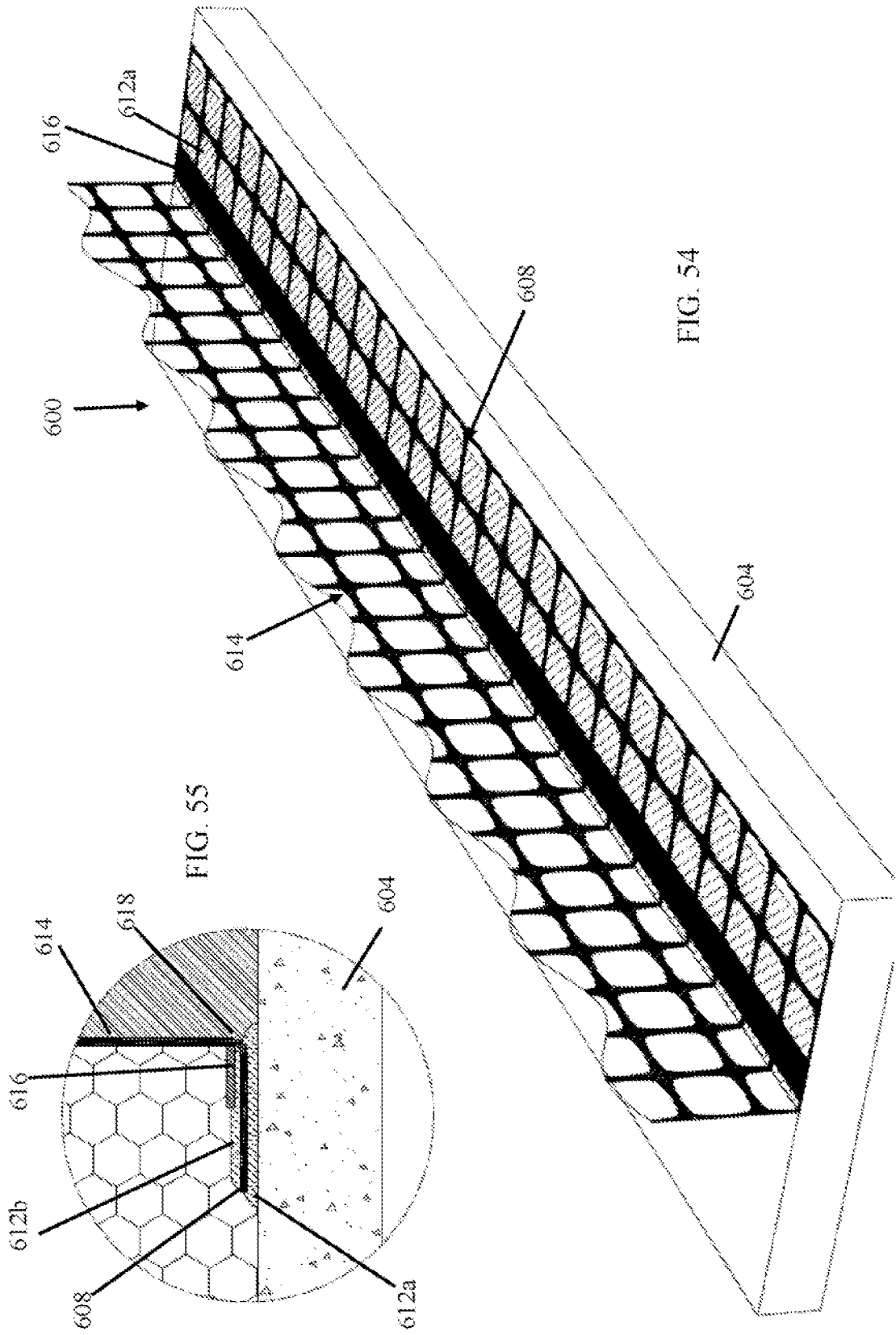
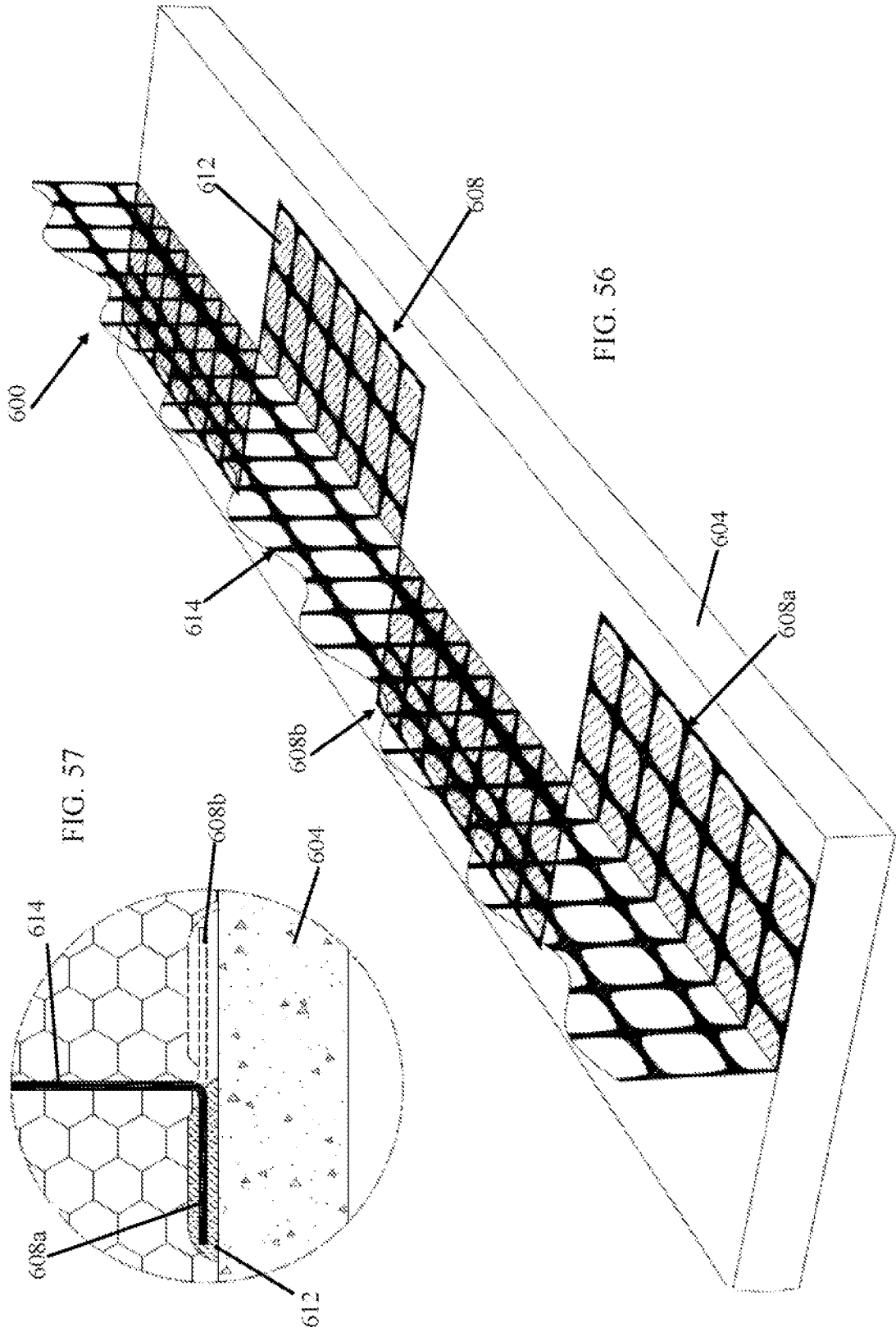
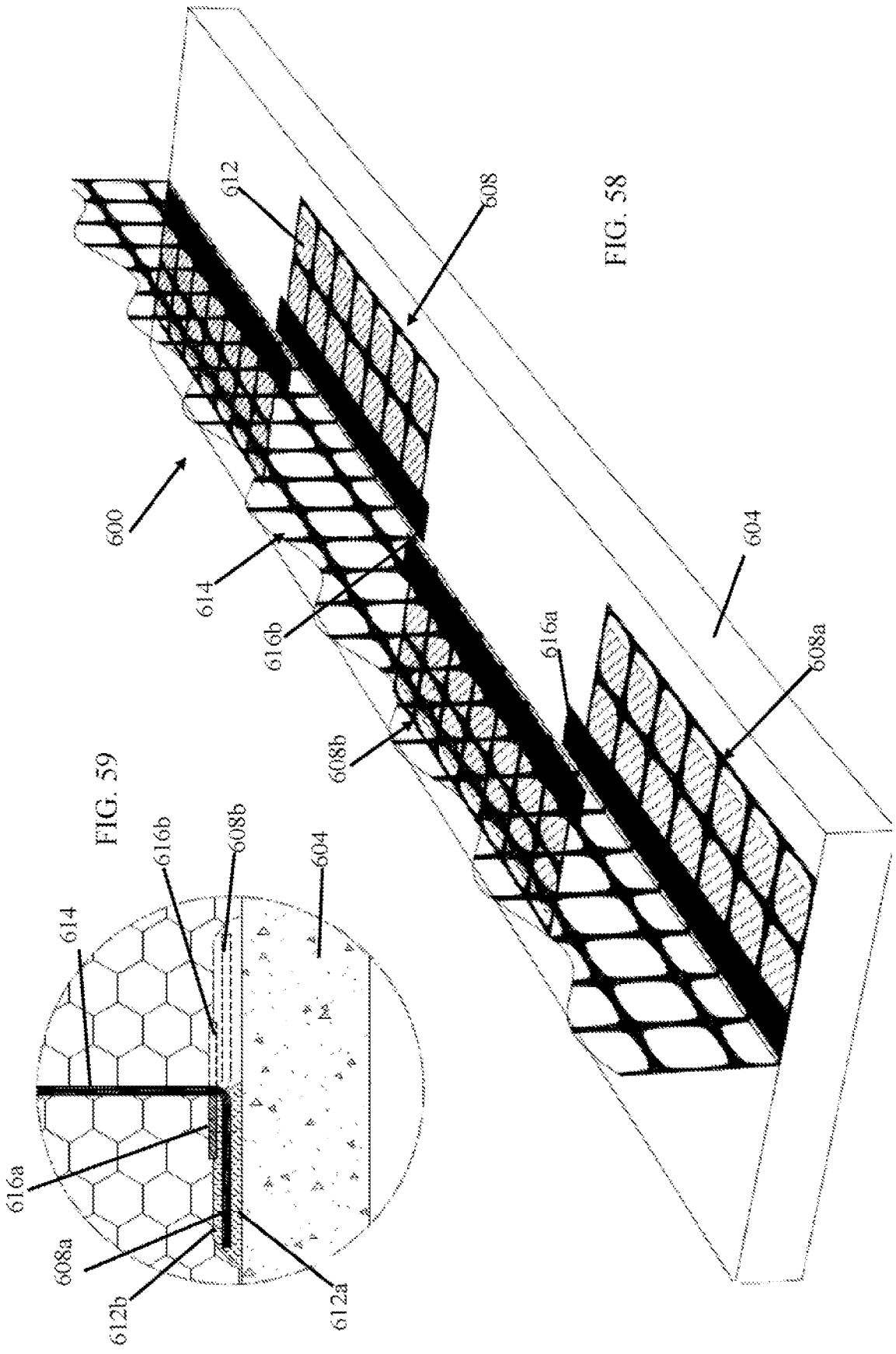


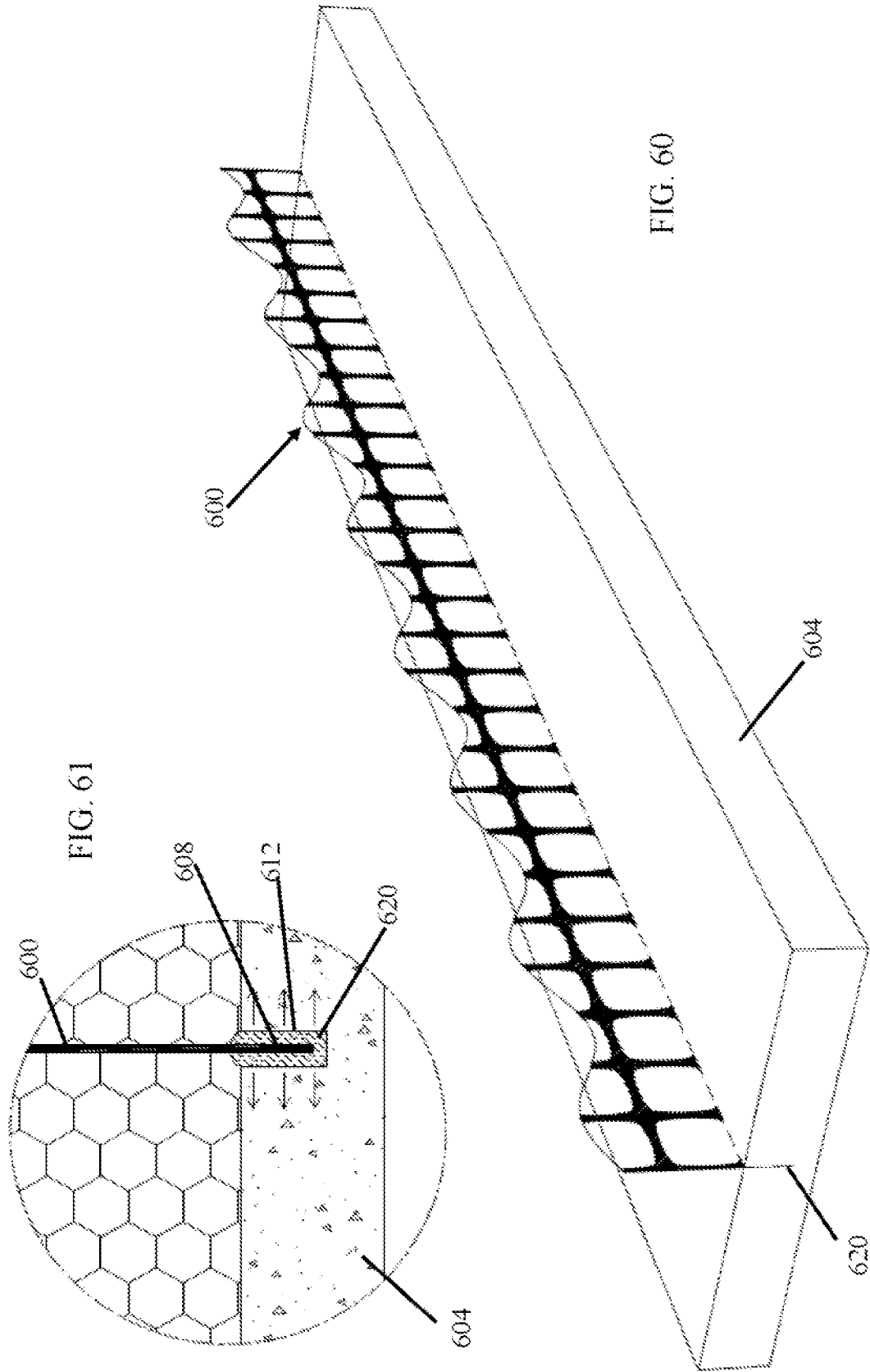
FIG. 51











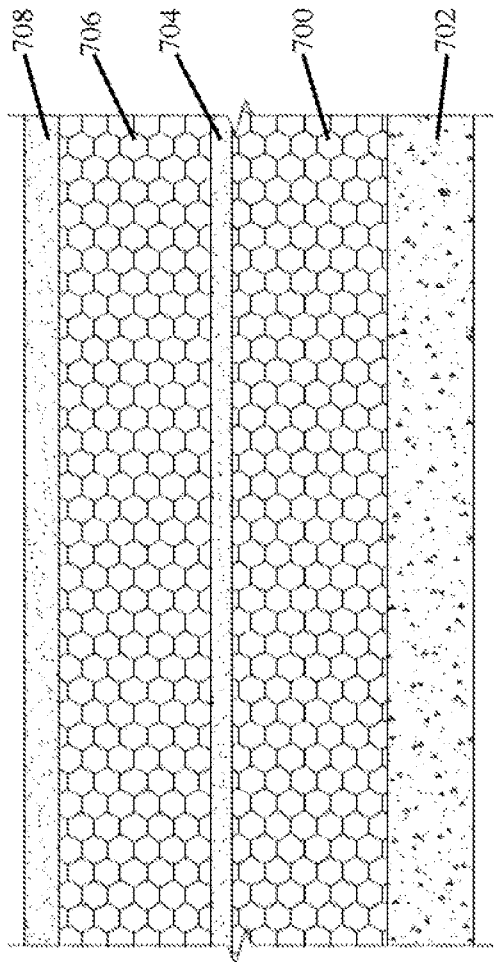


FIG. 62

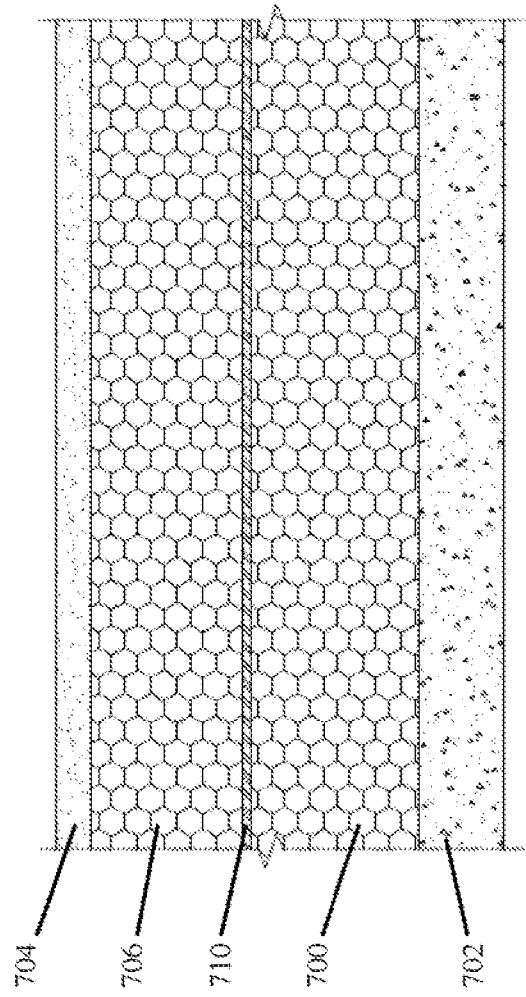


FIG. 63

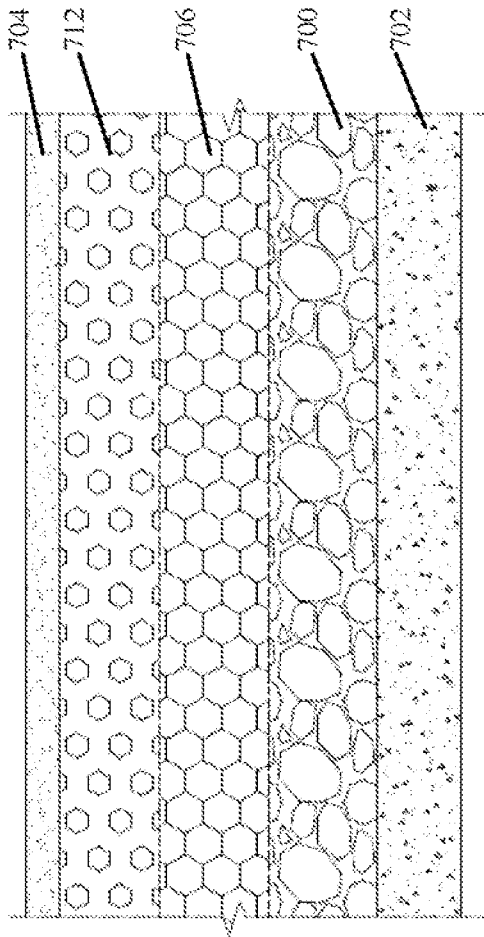


FIG. 65

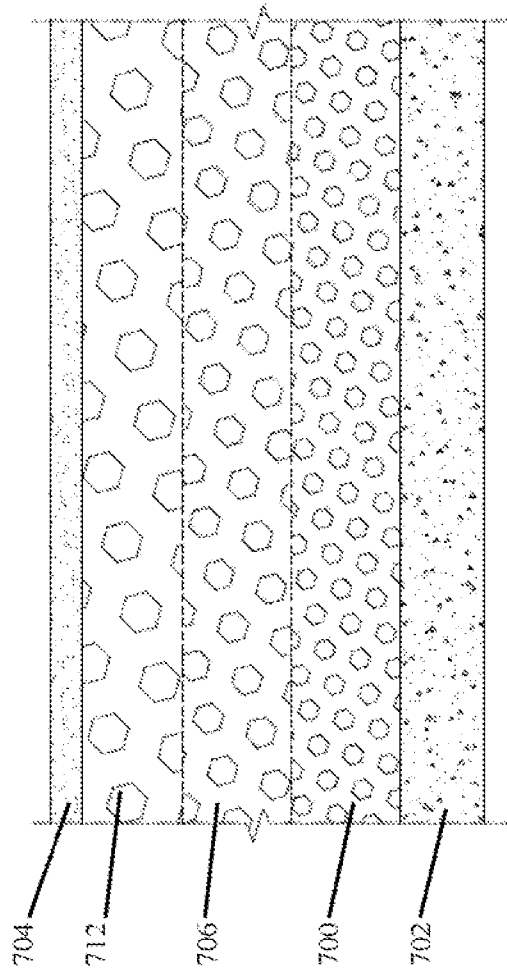


FIG. 64

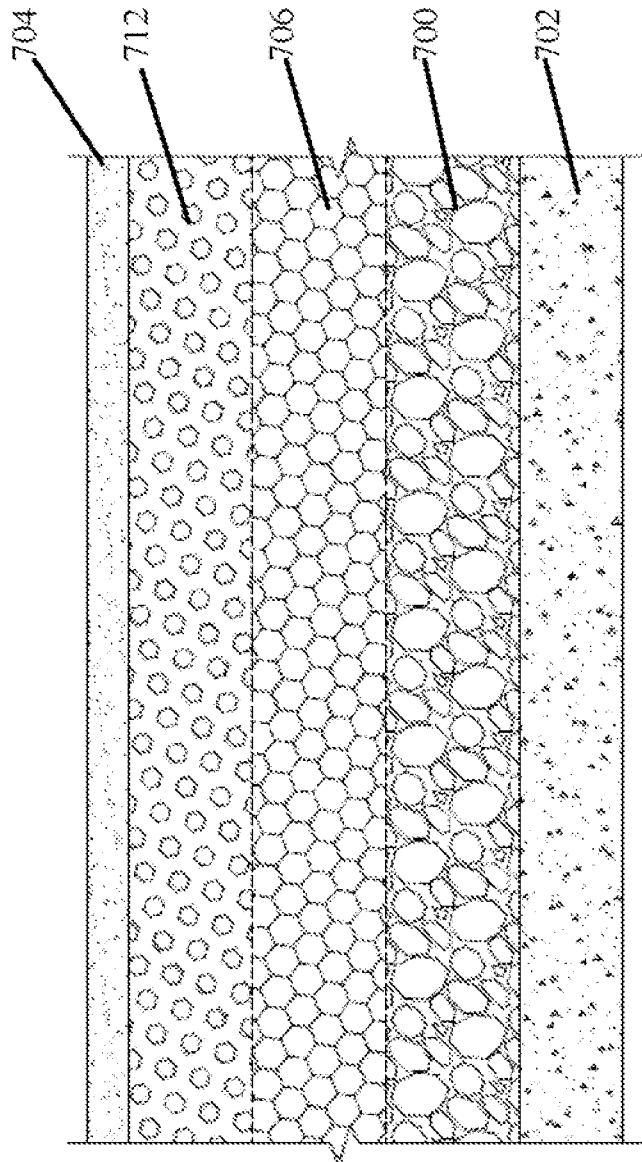
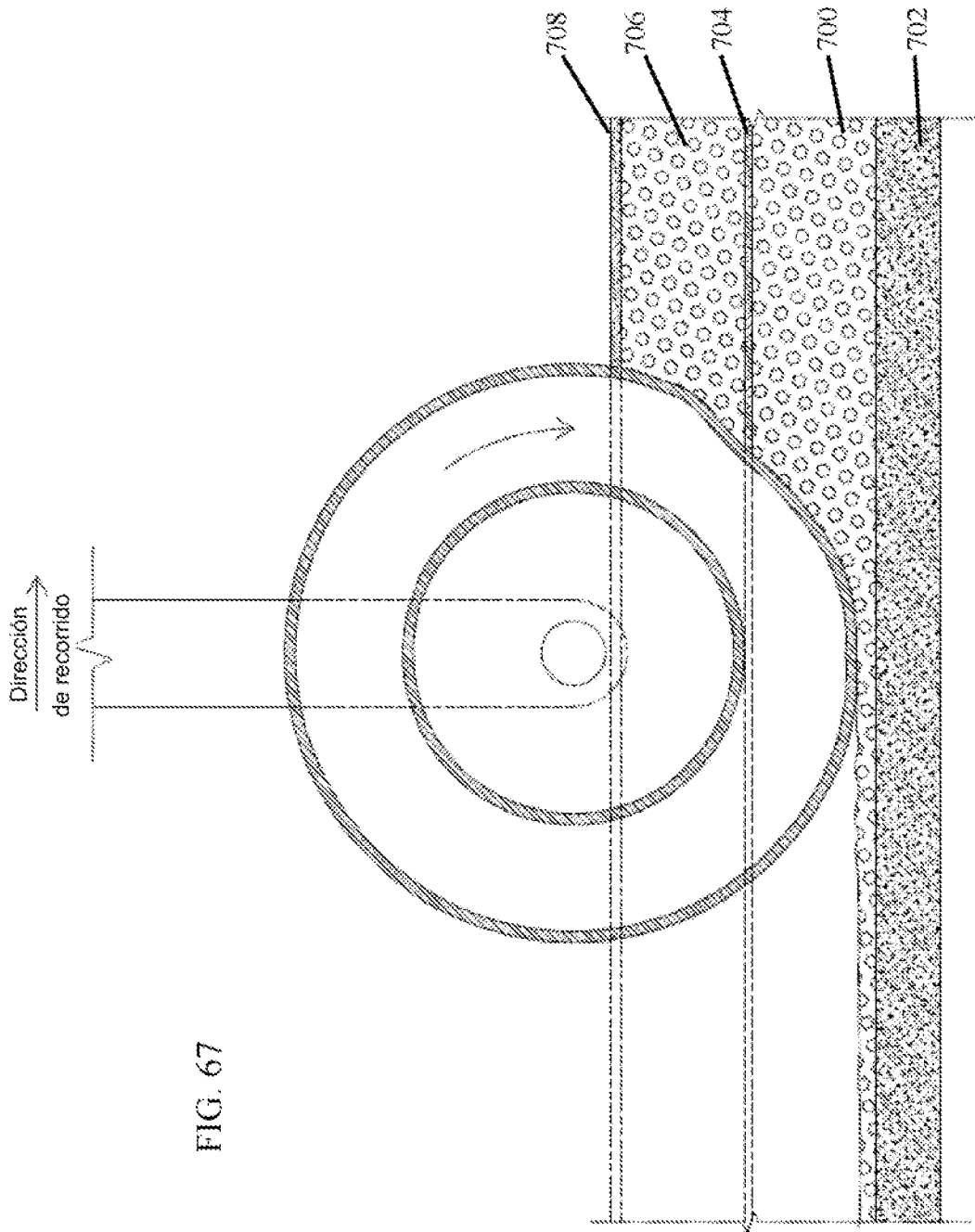


FIG. 66



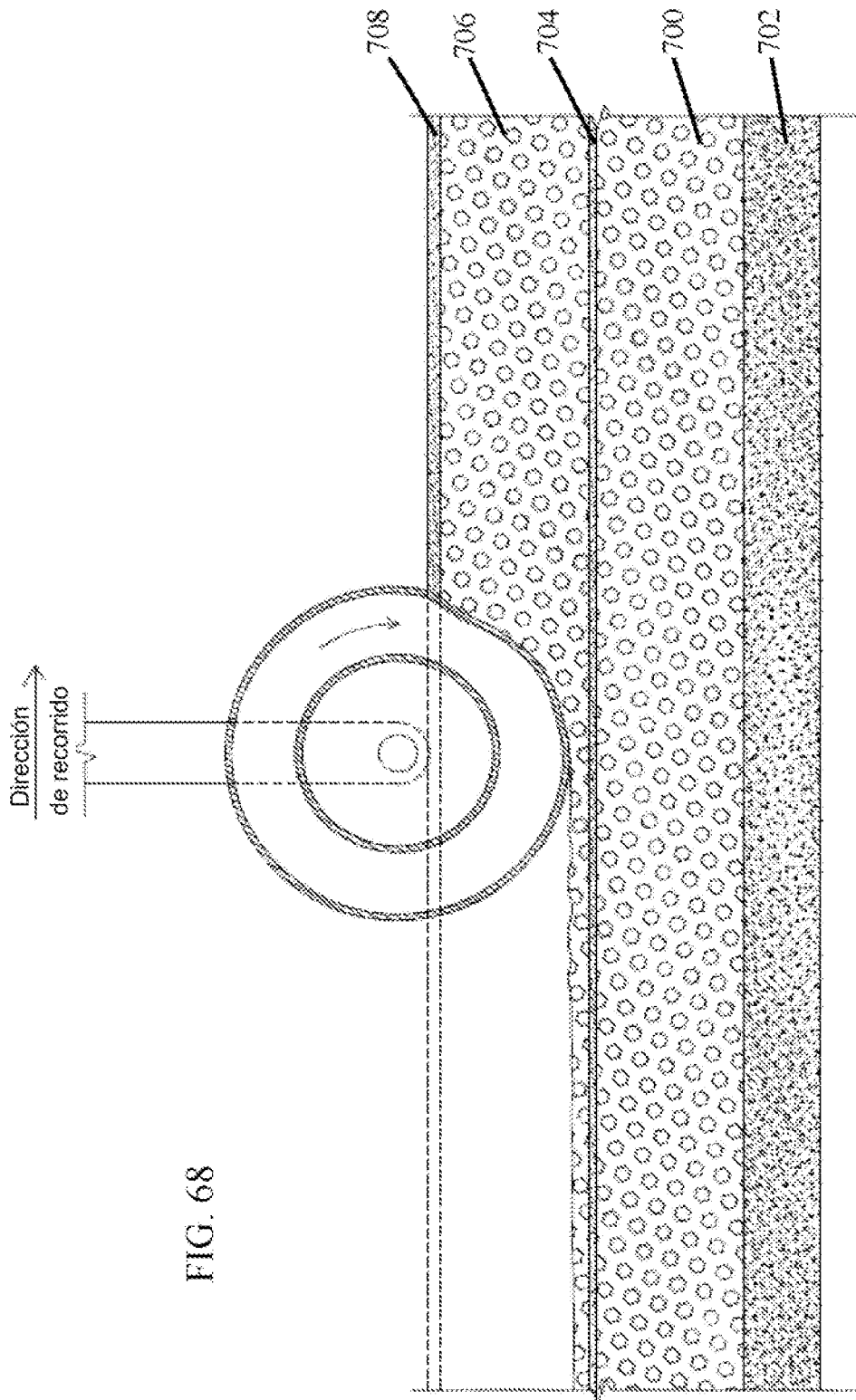


FIG. 68

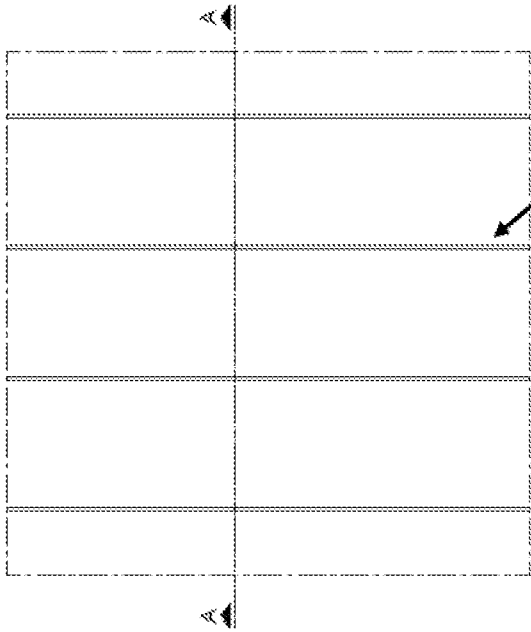


FIG. 69 762

750

750

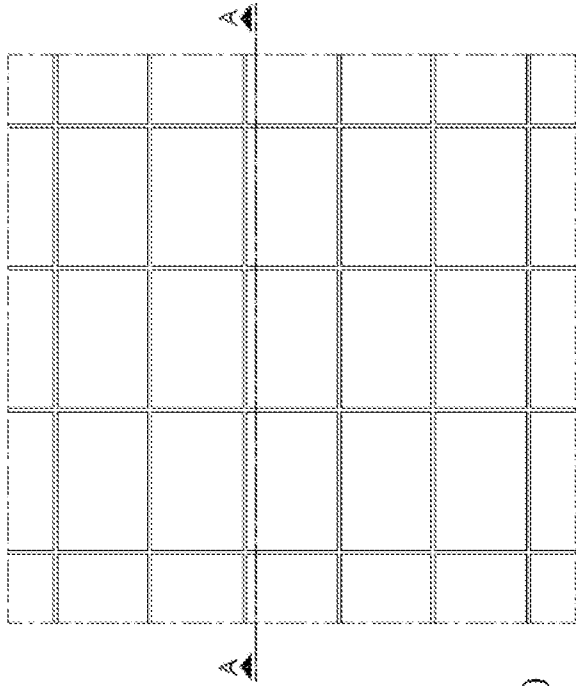


FIG. 70

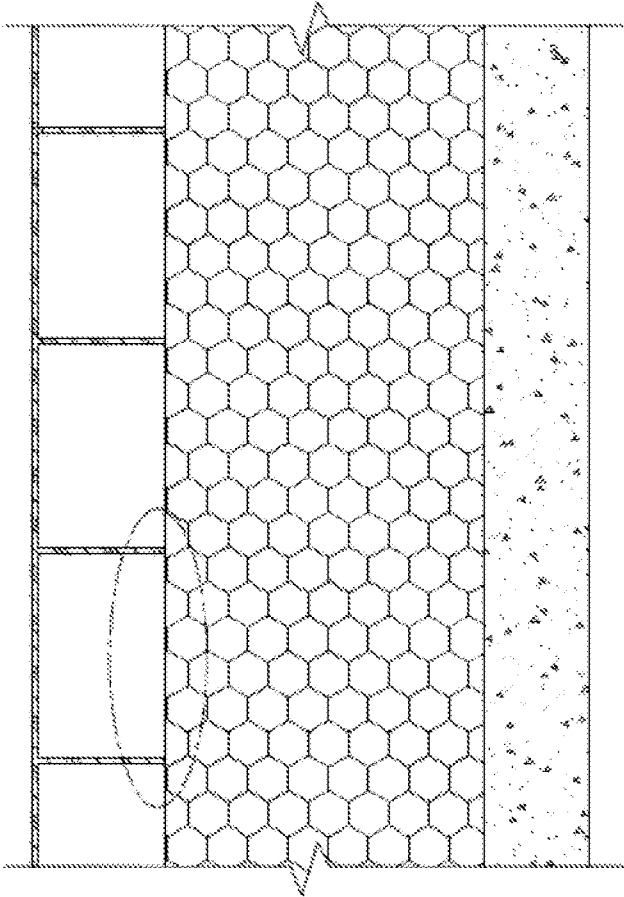


FIG. 71

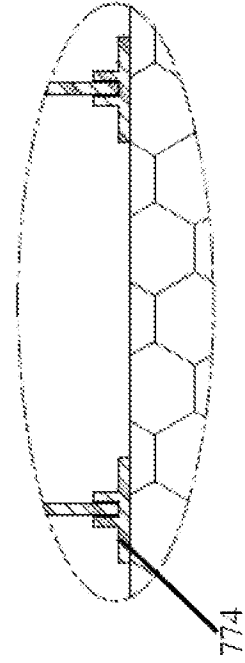


FIG. 73

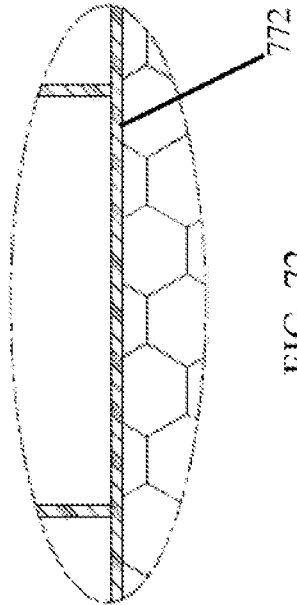


FIG. 72

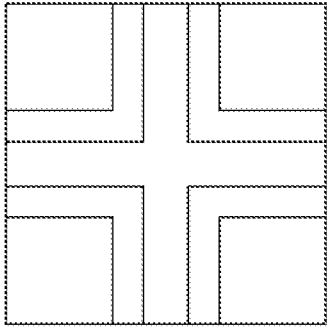


FIG. 75

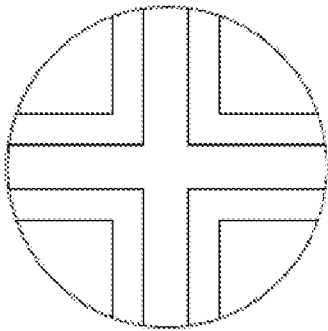


FIG. 74

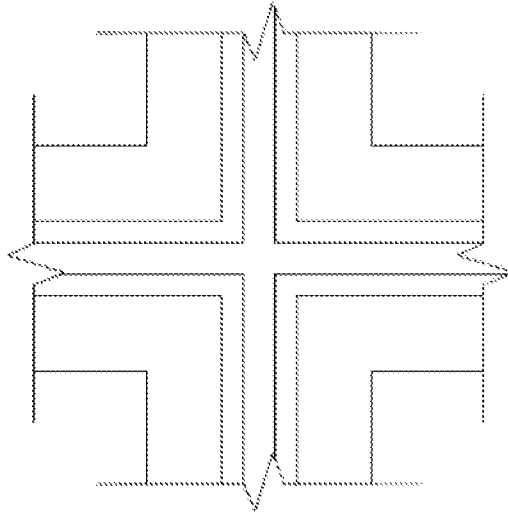


FIG. 77

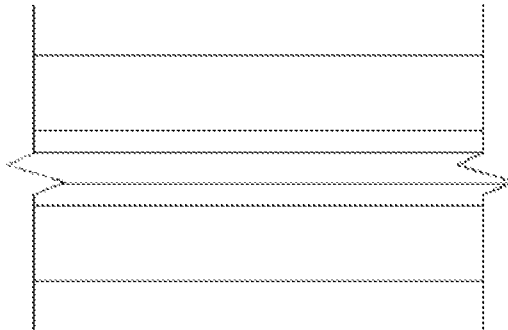


FIG. 76

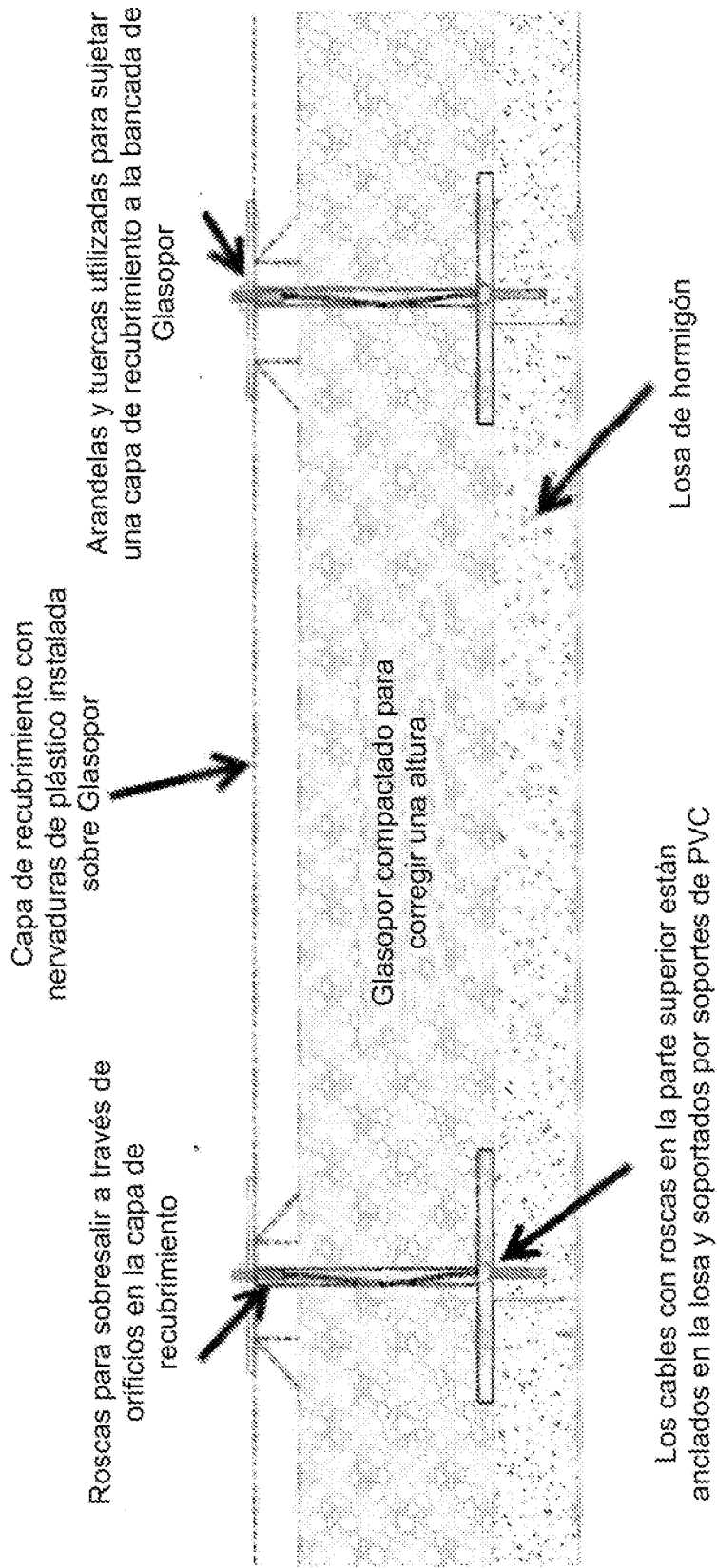


FIG. 78