

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 002**

51 Int. Cl.:

**C02F 3/30** (2006.01)

**C02F 3/00** (2006.01)

**C02F 3/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **00926117 .3**

96 Fecha de presentación: **19.04.2000**

97 Número de publicación de la solicitud: **1181250**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.02.2002**

54 Título: **MÉTODO Y APARATO PARA ESTABLECER Y OPTIMIZAR LA SEDIMENTACIÓN Y FERMENTACIÓN DEL METANO EN ESTANQUES PRIMARIOS DE AGUAS RESIDUALES.**

30 Prioridad:  
**20.04.1999 US 130210 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**26.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**26.12.2011**

73 Titular/es:  
**Green, Franklin Bailey  
32 Kingston Road  
Kensington CA 94707, US**

72 Inventor/es:  
**OSWALD, William, J. y  
GREEN, Franklin, Bailey**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 371 002 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Método y aparato para establecer y optimizar la sedimentación y fermentación del metano en estanques primarios de aguas residuales

5

### Breve descripción de la invención

Esta invención se refiere generalmente al tratamiento de residuos. Más particularmente, esta invención se refiere a un nuevo método para la primera etapa de tratamiento de residuos líquidos, que es más sencillo, más seguro y más barato que los métodos actuales usados para el tratamiento primario de aguas residuales.

10

### Antecedentes de la invención

La primera etapa, o etapa primaria del tratamiento convencional de residuos líquidos de pozo, como se practica actualmente, consiste en la sedimentación de restos inorgánicos pesados llamados arenas, seguida de flotación de materiales ligeros llamados flotantes y un producto graso congelado llamada grasa, y sedimentación de los sólidos orgánicos más pesados llamados lodo. La arena por lo general se desecha enterrándola en una base diaria. El lodo generalmente se extrae en una corriente lateral y se trata en un digestor de lodos separado donde su contenido orgánico se convierte parcialmente en dióxido de carbono, metano y gases inertes, y el residuo se deshidrata y se desecha, normalmente mediante enterramiento. El material flotante, junto con la grasa, se tritura finamente y se introduce en un digestor de lodos separado con el lodo o se desechan por separado por enterramiento o incineración. Bajo la nueva legislación de control de la contaminación, la arena, los materiales flotantes y el lodo fresco de aguas residuales o parcialmente estabilizado, si no se someten a tratamiento térmico o se desinfectan fuertemente con cloro, se consideran como altamente infecciosos y potencialmente tóxicos o peligrosos. Por lo tanto, manejar y disponer de ellos con seguridad es extremadamente caro.

15

20

25

El documento de Estados Unidos 2.355.760 describe un aparato de clarificación de líquidos.

En vista de lo anterior, sería muy deseable proporcionar una técnica mejorada para el tratamiento de aguas residuales. De manera ideal, el sistema sería de bajo coste y no requeriría de un manejo frecuente de residuos.

30

### Sumario de la invención

La presente invención proporciona un método de evacuación de residuos como se establece en la reivindicación 1, y un aparato de evacuación de residuos como se establece en la reivindicación 13.

35

En un ejemplo preferido, un método de evacuación de residuos incluye la etapa de formación de un estanque primario de residuos. Se establece una zona de fermentación de metano microbiológicamente estable dentro del estanque primario de residuos. El sistema constituye un tratamiento primario completo de los residuos orgánicos y aguas residuales que no requiere la manipulación diaria de lodos asociada típicamente con el tratamiento de residuos orgánicos y eliminación de lodos. El método convierte los compuestos orgánicos, incluyendo los sólidos sedimentables, en metano. Las algas también producen y consumen dióxido de carbono. El método controla olores de sulfuro de la fermentación del metano. El método también proporciona un método de filtrado de aguas residuales brutas a través de un lecho de fermentación de sólidos orgánicos suspendidos por el gas desprendido en una zona de fermentación. El sulfuro de hidrógeno se oxida. La técnica aumenta el pH biológicamente cerca de la superficie del estanque, reteniendo de esta forma el sulfuro de hidrógeno en solución en el agua del estanque. El incremento biológico del nivel de pH cerca de la superficie del estanque aumenta la tasa de desaparición gradual de las bacterias patógenas. El método transforma proteínas y otros compuestos de nitrógeno orgánico a nitrógeno gas. El método también detoxifica hidrocarburos clorados y compuestos orgánicos volátiles. En diversas realizaciones, el método adicionalmente captura y acumula gases desprendidos de la fermentación del metano, y retira los metales pesados, estableciendo mientras meromixis en las celdas de fermentación o zonas dentro de los estanques primarios de aguas residuales.

40

45

50

### Breve descripción de los dibujos

55

Para entender mejor los ejemplos de la invención, se debe hacer referencia a la siguiente descripción detallada que se toma junto con los dibujos adjuntos, en los que:

Las FIGURAS 1A-1E ilustran un aparato de tratamiento de residuos de acuerdo con una realización de la invención.

60

Las FIGURAS 2A a 2E ilustran una celda de fermentación para recolección de gas de acuerdo con una realización de la invención.

Las referencias numéricas similares se refieren a las partes correspondientes en todos los dibujos.

65

**Descripción detallada de la invención**

En los ejemplos de la invención, el trabajo pesado, los peligros y los costes de manipulación diaria de arena, elementos flotantes, grasas y lodo se eliminan para periodos de hasta 20 años.

5 Como el enterramiento es probable que sea el método final para la eliminación de elementos flotantes, grasa, arena y lodo, lo fundamental de este nuevo método es crear un tratamiento combinado y un sitio de eliminación en el punto de la introducción de residuos.

10 En cuanto a la estructura, este nuevo método se lleva a cabo en dos estanques, uno dentro del otro. El mayor de los dos rodea y se superpone al estanque más pequeño. Se le llama el estanque exterior. El otro estanque se encuentra en el fondo del estanque exterior y se llama estanque interior o pozo. El estanque exterior se diseña para que contenga las aguas residuales aerobias o semiaerobias. El estanque interior se diseña para evitar la intrusión de oxígeno disuelto en el estanque exterior y contener una suspensión semisólida en el estado anaerobio altamente  
15 reducido necesario como sustrato para fomentar la fermentación del metano. El estanque interior se diseña para fomentar la sedimentación de los sólidos, así como su conversión a metano.

Debido a que el oxígeno disuelto es inhibidor de la fermentación del metano, las zonas de fermentación, en diferentes configuraciones, se han diseñado para que tengan de 1 a 10 metros de profundidad, preferentemente de  
20 2 a 8 metros de profundidad con paredes altas para evitar la intrusión de oxígeno disuelto del estanque exterior por convección o por las corrientes impulsadas por el viento. Las aguas residuales brutas, sin tamizar, sin sedimentar, se introducen en este pozo a través de una tubería descendente, también llamada tubería de flujo entrante, estando su abertura localizada cerca del fondo del pozo. En cuanto al diseño, el volumen del pozo se determina a partir del volumen proyectado de materiales inertes, tales como arena, limo y residuos de lodo acumulados durante más de 20  
25 años, sumado a un volumen de espacio lleno requerido para la fermentación de metano a largo plazo de la carga orgánica basada en las cargas y temperaturas proyectadas en el pozo.

El estanque exterior se diseña para que crezcan algas, que por su propia absorción de luz solar y de calor, crean una capa superficial caliente de agua. Las algas, que crecen cerca de la superficie, también producen excedente, de  
30 oxígeno, controlando de esta forma olores, aumentando el pH del agua mediante la extracción de dióxido de carbono, mejorando así la desinfección, y la tendencia de los metales a precipitar.

Para iniciar el proceso, el pozo se siembra con varias toneladas de lodos húmedos activos de un cultivo de producción de metano, asegurando así la presencia de un gran número de bacterias de metano. Después el agua residual se aplica al pozo en un grado proporcional a la carga orgánica y a la temperatura. Uno o más orificios de compensación hidráulica tienen por objeto evitar el desbordamiento por las paredes del pozo e igualar la profundidad del agua en el pozo y el estanque exterior. El estanque exterior está diseñado para retener las aguas residuales de  
35 10 a 20 días dependiendo del clima, se usa un volumen más pequeño para climas más cálidos y se usa un volumen más grande para climas más fríos. El desbordamiento del estanque exterior está localizado de tal manera que también tiene una profundidad de 2 a 6 metros y, preferentemente, de 3 a 4 metros de profundidad y se extiende hacia arriba 1 a 1,5 metros por encima del borde superior de la pared que rodea el pozo. Aunque la inversión del desbordamiento determina la profundidad del estanque exterior, el agua rebosada debe extraerse desde una profundidad de aproximadamente 1,5 metros para evitar el arrastre de materiales flotantes. Esto se hace extendiendo la toma de la tubería de salida hacia abajo a una profundidad de 1,5 metros dentro del estanque. Como  
40 los materiales que flotan se acumulan en el estanque primario, se establece su retirada mediante la instalación de una rampa de desechos a modo de orilla pavimentada a lo largo del borde de las partes del estanque donde es probable que se acumule el material flotante impulsado por el viento, típicamente en la orilla del agua del estanque exterior. Este material, que por lo general se compone de grasa y materiales de plástico, es bastante inerte, se seca en la orilla, y puede retirarse periódicamente por medios mecánicos para el enterramiento. Aunque puede ser infeccioso, o peligroso, se asocia con este material muy poco olor o reproducción de las moscas debido a su naturaleza inerte. Adicionalmente, el hecho de que la rampa de desechos sea lo suficientemente plana permite que  
45 los elementos flotantes se sequen rápidamente y fomenta el "varado" de los elementos flotantes por olas pequeñas.

Además, es importante explicar con más detalle la actividad física, química y biológica en los pozos. Como los sólidos de aguas residuales entran y tienden a sedimentar, sedimentan a través de una zona intensamente anóxica que contiene bacterias heterótrofas facultativas y bacterias de metano. La interacción de estos dos tipos de bacterias se conoce bien de la experiencia con digestores convencionales y fosas sépticas. Los microbios facultativos formadores de ácido orgánico producen principalmente acetato, CO<sub>2</sub> e hidrógeno que luego transforman en metano las bacterias del metano. Las bacterias heterótrofas y bacterias del metano se adhieren a las superficies que están  
55 provistas de manera abundante con los sólidos retenidos en aguas residuales. Hay varias características únicas de estos pozos que no comparten con los digestores de lodo de aguas residuales. En primer lugar, como los digestores de lodo de aguas residuales son caros, su tamaño es tal que el lodo sólo se retiene durante 20 a 40 días y, por lo tanto, la digestión, en el mejor de los casos, se completa sólo parcialmente, y su naturaleza infecciosa sólo se elimina mínimamente. Los digestores de lodo convencionales operan en una corriente lateral de lodo para que no haya contacto entre el lodo fermentado y el residuo bruto. Los pozos de la presente invención son de bajo coste por  
60 lo que su tiempo de residencia para la fermentación continua y la consolidación de los sólidos sedimentables puede

5 ser, literalmente, de cien días. Consecuentemente, es posible la adaptación de los microbios a residuos únicos y a temperaturas por debajo de las óptimas, y puede continuar la fermentación de depósitos orgánicos hasta que sólo queden sus residuos inertes. Ese tiempo de residencia tan largo también es letal para los huevos de los parásitos y para otros patógenos. Todas las aguas residuales pasan a través y contactan con esta zona anóxica, antes de entrar en el estanque exterior. Para fines prácticos, todo el material sólido sedimentable simplemente se queda donde se deposita hasta que se descompone hasta el punto de que sólo queda material inerte. El volumen de este material inerte es notablemente pequeño, equivaliendo a menos de 5 litros por persona al año. Como resultado, se requieren muchos años antes de la retirada de lodos residuales sea necesaria.

10 Los gases emitidos por los pozos también difieren significativamente de los que emiten los digestores convencionales. El gas de los digestores convencionales generalmente contiene aproximadamente 60% de metano, aproximadamente 30% de CO<sub>2</sub>, y pequeñas cantidades de H<sub>2</sub>S y el resto N<sub>2</sub>, y otros gases inertes. Los gases que emiten los pozos anóxicos de la invención contienen aproximadamente 70% -85% de metano, y el resto son en su mayoría nitrógeno y pequeñas cantidades de CO<sub>2</sub> y otros gases inertes. Se cree que la diferencia en la composición de los gases es el resultado de la fermentación más completa que ocurre en los pozos sumado al hecho de que el agua sobrenadante en el estanque periférico absorbe la mayor parte del CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S producidos en la zona anóxica. El CO<sub>2</sub> se convierte en bicarbonato en la superficie de las aguas alcalinas con pH alto y el H<sub>2</sub>S se convierte en el ión HS y, finalmente, a sulfato, como emerge hacia la superficie del estanque exterior. El estanque exterior cerca de su superficie es muy aerobio, su contenido en oxígeno molecular libre ya sea como resultado del crecimiento de microalgas en la capa de agua sobre las paredes del pozo o a partir de recirculación de las aguas óxicas de un estanque de proporción alta en serie con el estanque que se desvela, o en casos raros, cuando sea necesario, mediante oxigenación mecánica suplementaria.

25 Funcionalmente, los pozos son muy anóxicos y fuertemente reductores. Los carbohidratos se convierten rápidamente en metano. Las enzimas proteolíticas hidrolizan las proteínas y los aminoácidos y se libera amonio al convertirse a nitrato y gas N<sub>2</sub> a través de la nitrificación heterótrofa y desnitrificación. Los lípidos se convierten en glicéridos y luego en metano. Algunas sustancias tóxicas, tales como ciertos hidrocarburos clorados se disocian y se destruyen. Los metales pesados, tales como plomo, cromo y otros, se combinan con los sulfuros en la zona de fermentación y se retienen como precipitados junto con otros residuos inertes.

30 Los lodos orgánicos e inorgánicos con gas adherido tienen a levantarse por la flotabilidad del gas, pero a medida que la mezcla se eleva hacia el nivel de la parte superior de las paredes del pozo, las burbujas de gas adherido crecen en tamaño y se separan del lodo y se elevan solas a la superficie. El lodo vuelve a sedimentar pasando hacia abajo a través de cualquier agua residual que entre en el sistema. Este lecho de lodo que trabaja continuamente tiene un efecto de filtro sobre nuevas partículas y disuelve elementos orgánicos que entran en el sistema que tiende a llevarlos hacia abajo y retenerlos dentro de la capa de lodo. Los microbios adheridos a los sólidos sedimentables orgánicos adsorben elementos orgánicos solubles, así como las partículas coloidales, reduciendo de esta forma la demanda bioquímica de oxígeno soluble y coloidal (DBO). Además, dado que la columna de agua sobre el fondo del pozo es de 6-8 metros (18-25 pies), una presión de 500-600 g/cm<sup>2</sup> (poco más de 7 psi) comprime los sólidos sueltos, tendiendo a aumentar su densidad y, por lo tanto, su velocidad de sedimentación. En consecuencia, muchas sustancias que flotarían si se depositaran en la superficie no flotan cuando se inyectan en la capa de lodo. Los pozos individuales deberían ser idealmente de 0,09 hectáreas y no ser mayores de aproximadamente 0,1 hectárea (1/4 de acre) de modo que cuando se necesitan áreas más grandes para mantener los criterios de cargas, se deben usar varios pozos. Se usa un cono, o deflector de flujo, para asegurar la distribución de los lodos sobre el área del fondo del pozo. Como puede ser necesario vaciar el agua y limpiar los pozos después de 20 años, se debe usar más de un sistema estanque pozo en paralelo. Cuando se usa más de un sistema estanque pozo de gran extensión, los estanques deben de alimentarse por medio de un distribuidor de compensación de carga hidráulica 41 sobre la tubería de flujo entrante 12. Por otra parte, la bifurcación equilátera de la tubería 12 a través del distribuidor de compensación de carga hidráulica permite la igualdad de carga de hasta cuatro pozos en un estanque exterior 15.

50 En sistemas grandes, varios pozos o celdas de fermentación se alinearían en varias trincheras de fermentación funcionando en transferencia a los vientos dominantes. En esta configuración, cada pozo individual estaría separado por un tabique de modo que su área superficial podría ser menor de aproximadamente 0,1 hectáreas.

55 Se ha descrito el carácter general de un ejemplo de la invención. La atención se dirige ahora a un análisis más detallado de las diferentes realizaciones de la invención. La clave de la fermentación satisfactoria del metano es el establecimiento de zonas anóxicas protegidas donde estén presentes de forma natural bacterias heterótrofas y donde proliferen bacterias de metano, dentro de los estanques primarios de residuos, a veces denominados estanques facultativos avanzados (AFP). Las zonas se crean mediante la prevención de la intrusión de agua fría que contiene oxígeno disuelto. Esta proyección se puede lograr económicamente aislando la zona de fermentación con una pared circundante u otra estructura vertical para evitar la entrada de agua fría, que contenga oxígeno. Los factores cruciales para las zonas especiales de fermentación de metano estable son: profundidad, área superficial, volumen, el tipo y la ubicación de las estructuras de entrada, la altura del deflector de flujo o pared circundante, la ubicación de orificios especiales, las tasas de carga hidráulica y orgánica, la exclusión de las aguas pluviales y sólidos inertes o arena, y el tiempo de residencia de los sólidos sedimentados. Las ventajas de la fermentación del metano en estanque incluyen la eliminación de la necesidad de retirar, manipular y disponer de los residuos de lodos durante largos periodos de tiempo, generalmente de varias décadas, la purificación y enriquecimiento de gas metano

emergiendo de las zonas de la fermentación, la reducción, precipitación, y la retirada de metales pesados, la inmovilización de parásitos, la bio-degradación de muchos compuestos orgánicos tóxicos, y, retirada significativa (60% o más) de DBO.

5 Las figuras 1A-1E ilustran ejemplos de la invención. La figura 1A es una vista superior del estanque interior o pozo 10. El estanque interior 10, en general, incluye un deflector de flujo 11, una tubería de flujo entrante 12 y un deflector de oxígeno 13. El deflector de oxígeno debe estar en la toda la periferia del estanque interior 10. La figura 1B representa una vista en sección transversal del estanque facultativo avanzado 14, que comprende tanto el estanque interior 10 como el estanque exterior 15. El estanque exterior 15 puede ser de cualquier forma, pero normalmente es redondo o rectangular. También se muestra en la Figura 1B el deflector de flujo de 11 y la tubería de flujo entrante 12. Aunque se muestra un solo estanque interior 10, que se ha de entender que puede haber más de un estanque interior 10 en cada estanque facultativo avanzado 14. Sin embargo, todos los estanques interiores 10, deben estar ubicados lejos de cualquier aireador de flotación o de superficie 40. Como se señaló anteriormente, a veces se necesita la ventilación mecánica suplementaria, cuando, debido a la inhibición de la luz o la temperatura, la fotosíntesis es insuficiente para controlar los olores. Los aireadores 40 se deben ubicar fuera y a al menos 10 metros desde el borde exterior de los pozos de fermentación. En una realización preferida, se usan los aireadores de superficie de flotación del tipo de inyección, ya que no producen aerosoles y son muy silenciosos. Su dirección de flujo, sin embargo, debe estar lejos de los pozos de fermentación. El número y tamaño de los aireadores se determina por la carga orgánica procedente de los pozos de fermentación. Además, la ubicación del estanque interior 10 puede variar dentro del estanque facultativo avanzado 14. La figura 1B muestra, además, una estructura de flujo ascendente especial 41 diseñada para permitir sólo el flujo de diseño o menos para entrar en las zonas de fermentación. La figura 1C representa una descripción más detallada del estanque interior 10 dentro del estanque facultativo avanzado 14. Se representan específicamente el deflector de flujo 11, la tubería de flujo entrante 12, el deflector de oxígeno 13, orificios de compensación de presión hidráulica 17, también llamado rebosadero, la membrana deflectora 18, la zona de amortiguación 19, la zona de sedimentación 20, la zona de fermentación de 21, paredes revestidas de polietileno de alta densidad (HDPE) 22, que forman una lámina sólida de plástico grueso que se usa para revestir los estanques para evitar que filtren hacia el exterior, cuya pendiente dependerá de las condiciones locales del suelo, y un suelo de hormigón armado reforzado con barras 23 de refuerzo nº 6, que pueden ser de cualquier material no corrosivo, incluyendo pero no limitado a, acero inoxidable y fibra de vidrio. Las aguas pluviales, que por lo general contienen oxígeno disuelto, se dirigen al estanque exterior 15 por una derivación especial en la pieza de la cabeza dentro de la tubería de flujo entrante 12. En una realización preferida, el orificio de compensación de presión hidráulica 17 está en ángulo recto respecto a los vientos predominantes, para evitar las diferencias de presión inducidas por el viento, que provocaría un reflujo de agua oxigenada que podría afectar la fermentación. En una realización de la invención para las partículas y gases en movimiento a través de la zona de amortiguación 19, la zona de decantación 20 y la zona de fermentación de 21, la velocidad de flujo ascendente máxima debe ser de 1,8 metros por día. La zona de amortiguación 19 representa la capa superior del pozo de fermentación en el que los gases están viajando rápidamente a la superficie. La zona de sedimentación 20 representa donde se liberan de los gases las partículas sólidas que se dirigen hacia arriba con los gases y donde se retienen mediante arrastre con fricción y finalmente volviendo a sedimentar en la zona de fermentación 21. La zona de fermentación 21 es donde existen las bacterias facultativas y de metano. La figura 1D representa una descripción detallada del deflector oxígeno 13. En una realización preferida, el diámetro del estanque interior 10, que está rodeado por el deflector de oxígeno 13 no debe ser mayor de 33 metros cuadrados para mantener el área de la abertura superior en menos de 0,1 hectáreas. Las áreas más grandes serían propensas a la mezcla en el transcurso de fuertes vientos. El deflector de oxígeno 13 se compone de pared gruesa, pilares de cloruro de polivinilo (PVC), u otro material similar. En general, el deflector de oxígeno 13 debe ser de 3 a 6 metros de longitud y, preferentemente, de 4 a 5 metros de longitud, y aproximadamente 2,5 metros por encima del nivel (por encima del nivel del agua). En una realización concreta, se debe tejer HDPE en torno al deflector de oxígeno 13 y se sujeta al deflector 13. La figura 1E representanta el sistema cuando los estanques interior y exterior se colocan en paralelo.

50 Las figuras 2A-2E ilustran un sistema de fermentación colector de gas. La figura 2A representa una vista superior del estanque interior 10. El estanque interior 10 en general, incluye un deflector de flujo 11, una tubería de flujo entrante 12, un deflector de oxígeno 13, una cubierta deflectora de gases 28, también conocida como colector de gas sumergido, un generador de energía térmica que funciona con gas 42 y un capuchón de gas 31. En una realización preferida de la invención, la cubierta deflectora de gas 28 se compone de una membrana de plástico reforzado. La elevación de la presión del gas bajo la cubierta requiere que el material de la cubierta se refuerce con tiras de seguridad para evitar que se desgarre. Estas tiras se extienden desde la periferia del deflector de oxígeno de 16 hasta la boya de posicionamiento vertical de la cubierta 37. El deflector de oxígeno debe estar en la periferia completa del estanque interior 10. La figura 2B, similar a la figura 1B, representa una vista en sección transversal del estanque facultativo avanzado 14, que comprende tanto el estanque interior 10 como el estanque exterior 15. También se muestra en la figura 2B el deflector de flujo 11, la tubería de flujo entrante 12 y una tubería central vertical 29 usada para el transporte de gas. En una realización preferida la tubería está hecha de acero inoxidable. Al igual que con la figura 1B, aunque solo se muestra un estanque interior 10, se ha de entender que puede haber más de un estanque interior 10 en cada estanque facultativo avanzado 14. Sin embargo, todos los estanques interiores 10, deben colocarse lejos de los aireadores. Además, la localización del estanque interior 10 puede variar dentro del estanque facultativo avanzado 14. La figura 2C representa una descripción más detallada del estanque interior 10 dentro del estanque facultativo avanzado 14. Se representan específicamente el deflector de flujo 11, la

tubería de flujo entrante 12, el deflector de oxígeno 13, el orificio de compensación de presión hidráulica 17, la membrana deflectora 18, la zona de amortiguación 19, la zona de sedimentación 20, la zona de fermentación 21, paredes revestidas de HDPE 22, cuya pendiente dependerá de las condiciones locales del suelo, barras de refuerzo 23 del N° 6, una cubierta deflectora de gas 28, una tubería central vertical 29, un muro pesado que contiene una bobina de calefacción o pilas de combustible 30 y un capuchón de gas 31. En una realización preferida, la bobina de calentamiento dentro del muro pesado 30 es de 2,5 cm de diámetro. La figura 2D representa una descripción detallada de el capuchón de gas 31. En hormigón, el capuchón de gas 31 comprende una salida de gas 32, un capuchón terminal 33, un anillo de tope superior 34, un anillo de tope inferior 35, un capuchón de rodillo 36 y boya de posicionamiento vertical de la cubierta 37, también conocida como anillo flotante. El capuchón terminal 33 es hermético al gas y se cierra después de que el anillo de tope superior 34 esté en su posición. Además, el anillo de tope superior 34 se pone en su sitio después de que el capuchón terminal 33 esté en su posición. La figura 2E ilustra una vista superior del capuchón de gas 31. Específicamente, se representa una camisa inferior 38 del capuchón de gas, un cuerpo principal 39 del capuchón de gas, un capuchón de rodillo 36, una tubería central vertical 29 y un anillo de tope superior 34. El gas producido por los pozos de fermentación viaja a lo largo de la tubería central vertical y se recoge en el capuchón de gas. El gas recogido pasa través de la salida de gas 32 a, por ejemplo, un generador de energía para la producción de electricidad.

Los primeros reactores en el ejemplo de la invención son las zonas de fermentación especialmente diseñadas dentro de dos o más estanques facultativos avanzados (AFP). El propósito de las zonas de fermentación es permitir la sedimentación completa de los sólidos sedimentables suspendidos, y su conversión microbiológica mediante bacterias que aparecen en la naturaleza, heterótrofos y formadoras de metano, en agua, metano, dióxido de carbono y gas nitrógeno. Son propósitos adicionales la sedimentación y la retención de los huevos de parásito, la precipitación de los metales pesados y la biodegradación de los compuestos químicos orgánicos tóxicos. En una realización preferida, las zonas de fermentación deben de tener de 6 a 8 metros de profundidad o más, bajo la superficie AFP/agua con una superficie superior de menor de 0,09 hectáreas (900 metros cuadrados). El agua residual flujo entrante se eleva a una velocidad en el intervalo de 0,7 y 1,4 mm por minuto. El potencial redox debe estar en el intervalo de -0,3 a -0,5 voltios, y el pH debe estar en el intervalo de 6,5 a 7,5. La apertura de 0,09 hectáreas, es necesaria para reducir la probabilidad de que corrientes convectivas inducidas por el viento interfieran llevando oxígeno disuelto, pH más alto y agua con potencial redox positivo dentro de la zona de fermentación.

Los microbios formadores de metano son extremadamente sensibles a, y son inactivados por, niveles de pH superiores a 7,5 y por debajo de 6,5. Si cualquier agua con características químicas adversas entra en la zona de fermentación, las bacterias formadoras de metano pueden inactivarse y llevar semanas para reanudar su actividad metabólica normal. Las zonas de fermentación están diseñadas para desbordamiento bajo y por consiguiente bajas relaciones de carga hidráulica, para permitir una bioconversión casi completa de los sólidos orgánicos volátiles a productos gaseosos y líquidos. La velocidad de desbordamiento muy baja también aumenta la probabilidad de retención de huevos de parásitos patógenos.

Durante el funcionamiento, después de la retirada de arenas, según sea necesario, y la trituración o molienda, las aguas residuales no tratadas de otro modo se introducen en el pozo de fermentación de los AFP. Estos sistemas, que a menudo tienen el flujo entrante bombeado intermitentemente, pueden requerir la selección cuidadosa de la bomba por etapas, o una cámara de equilibrio para evitar el lavado de bacterias esenciales y sólidos sedimentables. Elevadas cantidades de aguas pluviales en alcantarillas combinadas y la infiltración excesiva de las alcantarillas y el flujo de entrada requieren una estructura especial del flujo entrante 41 diseñada para permitir la entrada sólo del flujo de diseño o menor en las zonas de fermentación. Flujos mayores a los de diseño, generalmente como resultado de la escorrentía e infiltración y la afluencia, deben desviarse automáticamente dentro de los AFP, protegiendo de esta forma el ambiente especial dentro de la zona de fermentación del oxígeno disuelto (OD) en el flujo entrante y de la velocidad excesiva del flujo ascendente y en consecuencia el lavado. El uso de tal desviación en el sistema de flujo entrante de la zona de fermentación es una importante innovación en el diseño del estanque, a pesar de que hace uso de dispositivo hidráulico bien conocido, una estructura de desbordamiento lateral que desvía los flujos altos desde el pozo al estanque exterior. Los divisores del flujo entrante deben diseñarse para evitar la aireación y la insuflación de aire debido a la turbulencia. Los flujos de diseño o menores se conducen por una tubería 12 al centro de las zonas de fermentación y se liberan verticalmente hacia abajo aproximadamente 1,0 metros por encima de la punta del deflector de flujo. Debido a la velocidad de flujo ascendente reducida (<1,8 metros por día) y la compactación de los sólidos por la presión hidrostática que incrementa su densidad, los sólidos sedimentables primarios tienden a permanecer en el fondo cerca de la zona de fermentación creando un montículo circular que se desprende alrededor y cerca del deflector de flujo. A medida que este montículo se acumula en el fondo, su base se hace extremadamente anóxica, permitiendo la culminación de la anaerobiosis en la fermentación de metano sólido. Los estudios de las emisiones de gas de estas zonas indican que hasta un 90% del gas producido se desprende dentro de los cinco metros de la entrada. Se forman burbujas de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, se adhieren a, y elevan las partículas sólidas. La expansión de la burbuja pronto causa que los sólidos se separen y vuelvan a sedimentar mientras que el gas asciende a la superficie. La separación de burbujas de gas y partículas sólidas ocurre porque las burbujas de gas se expanden y aceleran a medida que suben, mientras que las partículas sólidas se ven frenadas por la fricción del arrastre y finalmente se desprenden y vuelven a sedimentar a medida que las burbujas que crecen y se aceleran suben hacia la superficie.

Estas interacciones biológicas, químicas, y físicas resultan de la elevación y caída de partículas, en un campo anaerobio, a través del cual deben pasar todas las aguas residuales del flujo entrante y mediante el cual se filtra grueso. Este método para mejorar de fermentación del metano en el estanque es totalmente diferente al tratamiento de aguas residuales convencional en el que los sólidos sedimentables o lodos primarios se separan del flujo de aguas residuales entrantes, y se conducen dentro de los digestores de lodos separados para la digestión anaerobia. Debido al alto coste de los digestores de lodo separados, el tamaño y el volumen de los digestores de lodo separados se basan en un tiempo de residencia del lodo que se requiere para producir lodos de drenaje, por ejemplo 40 días, en lugar del tiempo requerido para la fermentación de metano completa. Debido a que las zonas de fermentación en los AFP pueden construirse con cimentación y plástico, son lo suficientemente baratos que pueden hacerse lo suficientemente grandes como para permitir la retención de casi infinita y la fermentación de metano muy completa de los sólidos sedimentables volátiles y para eliminar la necesidad de disponer de lodos orgánicos durante varias décadas.

En comparación con las etapas de tratamiento convencional de la sedimentación, digestión de lodos separada, y oxidación aerobia, las ventajas de la sedimentación en el estanque y la fermentación de los sólidos sedimentables son: la producción de material de la célula bacteriana es mucho menor, la concentración de sólidos no está limitada por la transferencia de oxígeno, hay una necesidad mínima de aireación, no suelen necesitarse nutrientes adicionales, y, en lugar de consumir energía para la aireación mecánica, la producción de energía térmica o por pilas de combustible a partir de la recuperación de gas metano puede alcanzarse simplemente mediante la captura de metano usando el aparato que se muestra en las figuras 2A-2E.

Más allá del deflector del flujo, el fondo de la zona de fermentación se ha diseñado plana y revestida con hormigón lo suficientemente fuerte para apoyar el equipo sobre ruedas para cada vez que sea necesario limpiarlo. Si se pretende la recolección de gas y generación de energía con el gas recogido, en una realización de la invención, la parte central de la zona de fermentación de metano debería diseñarse para contener tuberías de acero inoxidable de pared pesada insertadas que estén conectados a un sistema de intercambio de calor cerrado en el generador de energía térmica que funciona con gas 42. La recuperación de gas del motor de calor proporciona pequeñas cantidades de calor incremental para acelerar y mejorar la eficiencia de la fermentación del metano en el los lodos concentrados en el fondo de la zona de fermentación. Una vez establecidos, los medios en la zona de fermentación se vuelven más concentrados, y por lo tanto suficientemente más densos que el agua que los recubre, no desplazándose el agua que los recubre ni siquiera aunque los medios sean más caliente que el agua que los recubre, un estado llamado meromixis. Los medios especiales y el entorno dentro de la zona de fermentación están aislados lateralmente de las aguas circundantes de AFP, por ejemplo, por medio de paredes verticales, fabricadas más económicamente a partir de láminas de plástico soportadas por postes empotrados de hormigón, plástico, madera o materiales compuestos.

Si no se pretende la captura del gas, la parte superior de las paredes debe de ser una y estar a aproximadamente un metro y un tercio por debajo de la superficie fija de agua del AFP que lo recubre. Esto proporciona un estrato de aproximadamente un metro de espesor en la superficie del AFP, que por lo general contiene suficiente oxígeno disuelto para actuar como un amortiguador frente a la liberación de olores desagradables que de otra manera pueden estar presentes en los gases que entran en la atmósfera por encima del pozo de fermentación.

Si se pretende la captura de gas y generación de energía y están incluidas en el diseño, como puede requerirse finalmente para controlar la emisión de metano, un potente gas de efecto invernadero, la parte superior del deflector de oxígeno debe de estar 1,5 a 2,5 metros por debajo de la superficie fija del agua del AFP para permitir la recogida de gas usando un colector de gas de enfoque sumergido, y la superficie del capuchón de gas (véase la Figura 2B). La inmersión de 1,5 a 2,5 metros del borde permite al colector de gas sumergido 28 estar inclinado hacia arriba por el anillo flotante 37, de forma que el gas interceptado por el colector de gas sumergido migrará en diagonal hacia arriba a un capuchón superficial central de gas localizado directamente sobre la zona de fermentación. En una realización aparte, la tubería central vertical puede ser hueca para el almacenamiento de gas. El colector de gas sumergido (deflector) y el capuchón superficial de gas se mantienen en una localización central por un mástil rígido de plástico, madera u otro material no tóxico. En lo que concierne a otros detalles de diseño, el deflector de oxígeno debe estar entre 1,5 y 2,5 metros por debajo de la superficie fija del agua en el AFP para proporcionar oxígeno disuelto fotosintéticamente o inducido mecánicamente que contenga estratos de amortiguación que retiren los olores desagradables.

Aunque las Figuras 1 y 2 representan una zona de fermentación circular, se pueden utilizar otras configuraciones que preserven los criterios de diseño de profundidad, apertura o área superficial, volumen y las tasas de carga. Si son necesarias zonas de fermentación rectangulares para cumplir con otros criterios de diseño, su longitud debería ser perpendicular a la dirección predominante del viento, y deberían dividirse en celdas individuales que se ajusten a los criterios de diseño del área de 0,09 hectáreas.

La descripción anterior, con fines explicativos, usa nomenclatura específica para proporcionar un conocimiento exhaustivo de los ejemplos de la invención. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que los detalles específicos no son necesarios para la práctica de la invención. En otros casos, se muestran circuitos y dispositivos bien conocidos en forma de diagrama de bloques, con el fin de evitar la distracción innecesaria de la

5 invención subyacente. Por lo tanto, las descripciones anteriores de las realizaciones específicas de la presente invención se presentan a efectos de ilustración y descripción. No se pretende ser exhaustivo o limitar la invención a las formas precisas desveladas, obviamente, son posibles muchas modificaciones y variaciones a la vista de las enseñanzas anteriores. Las realizaciones se eligieron y describieron con el fin de explicar mejor los principios de la invención y sus aplicaciones prácticas, para permitir así que otros expertos en la materia utilizaran mejor la invención y las diversas realizaciones con modificaciones que sean adecuadas para el uso particular contemplado. Se pretende que el alcance de la invención se defina por las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de evacuación de residuos, comprendiendo dicho método las etapas de:

5            formar un estanque primario de residuos (10) dentro de un estanque exterior (15), de tal forma que el  
 estanque exterior rodea y se superpone al estanque primario de residuos, estando el estanque primario de  
 residuos localizado en el fondo del estanque exterior, y **caracterizado por que**  
 dicho estanque exterior comprende aguas residuales aerobias, estableciendo una zona de fermentación de  
 10            metano microbiológicamente estable (21) dentro de dicho estanque primario de residuos, en el que dicho  
 estanque primario de residuos proporciona dicha zona de fermentación con una profundidad de al menos 6  
 metros por debajo de una superficie de agua de dicho estanque exterior y con un área superficial superior  
 menor de 0,09 hectáreas;  
 15            dirigir las aguas residuales en dicho estanque primario de residuos a través de una tubería de flujo entrante; y  
 desviar el oxígeno disuelto en dicho estanque exterior de la intrusión en dicha zona de fermentación de  
 metano en el estanque primario de residuos.

2. El método de la reivindicación 1, en el que dicha etapa de formación incluye la etapa de formación de varios  
 estanques primarios de residuos dentro de dicho estanque exterior.

20            3. El método de la reivindicación 1, en el que dicha etapa de formación incluye la etapa de formación de un estanque  
 exterior que comprende residuos aerobios o semiaerobios.

4. El método de la reivindicación 1, en el que dicha etapa de formación incluye la etapa de formación de un estanque  
 25            primario de residuos que comprende material semisólido en un estado altamente reducido para facilitar la conversión  
 de metano.

5. El método de la reivindicación 1, en el que dicha etapa de establecimiento incluye la etapa de establecimiento de  
 una zona de fermentación de metano microbiológicamente estable que comprende bacterias heterótrofas  
 facultativas y bacterias de metano.  
 30

6. El método de la reivindicación 5, en el que dicha etapa de establecimiento comprende además la etapa de  
 conversión de dichas bacterias heterótrofas facultativas y bacterias de metano en una emisión gaseosa.

7. El método de la reivindicación 6, en el que dicha etapa de establecimiento comprende, además, la conversión de  
 35            dichas bacterias heterótrofas facultativas y bacterias de metano en una emisión gaseosa que comprende  
 aproximadamente 70% de metano.

8. El método de la reivindicación 1, en el que dicha etapa de formación incluye la etapa de formación de un estanque  
 40            primario de residuos que tiene un área superficial máxima no superior a 0,1 hectáreas.

9. El método de la reivindicación 1, en el que dicha etapa de formación incluye la etapa de siembra de dicho  
 estanque primario de residuos, con lodo activo productor de metano.

10. El método de la reivindicación 9, en el que dicha etapa de establecimiento comprende, además, el  
 45            establecimiento de dicha zona de fermentación de 6 a 8 metros de profundidad.

11. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de captura del gas, comprendiendo dicha  
 captura de gas las etapas de:

50            recoger un gas emitido por dicha zona de fermentación de metano en un colector de gas sumergido,  
 transportar dicho gas a través de una tubería central vertical, y  
 recoger dicho gas en un capuchón de gas.

12. El método de la reivindicación 11, en el que dicho método además comprende:

55            usar dicho gas para la generación de energía.

13. Un aparato de evacuación de residuos que comprende:

60            formar un estanque primario de residuos (10) dentro de un estanque exterior (15), de tal forma que el  
 estanque exterior rodea y se superpone al estanque primario de residuos, estando el estanque primario de  
 residuos localizado en el fondo del estanque exterior, y **caracterizado por que**  
 dicho estanque exterior comprende aguas residuales aerobias, estableciendo una zona de fermentación de  
 metano microbiológicamente estable (21) dentro de dicho estanque primario de residuos, en el que dicho  
 65            estanque de residuos primarios proporciona dicha zona de fermentación con una profundidad de al menos 6  
 metros por debajo de una superficie de agua de dicho estanque exterior y con un área superficial superior

menor de 0,09 hectáreas;  
una tubería de flujo entrante (12) dispuesta para dirigir las aguas residuales al interior de dicho estanque primario de residuos; y  
medios (13) para evitar la intrusión de oxígeno disuelto en dicho estanque exterior en dicha zona de fermentación de metano en el estanque primario de residuos.

5

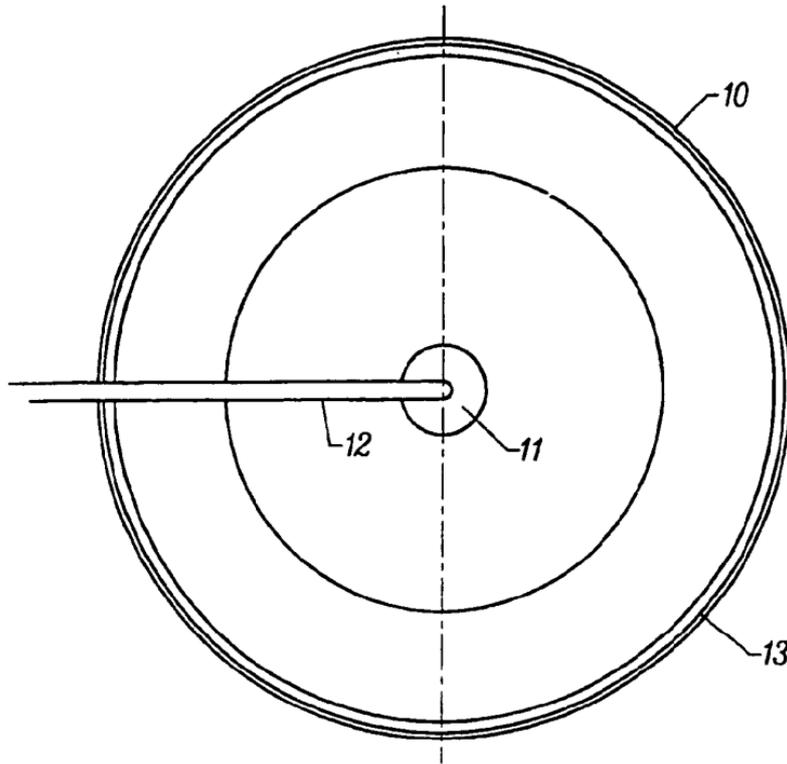


FIG. 1A

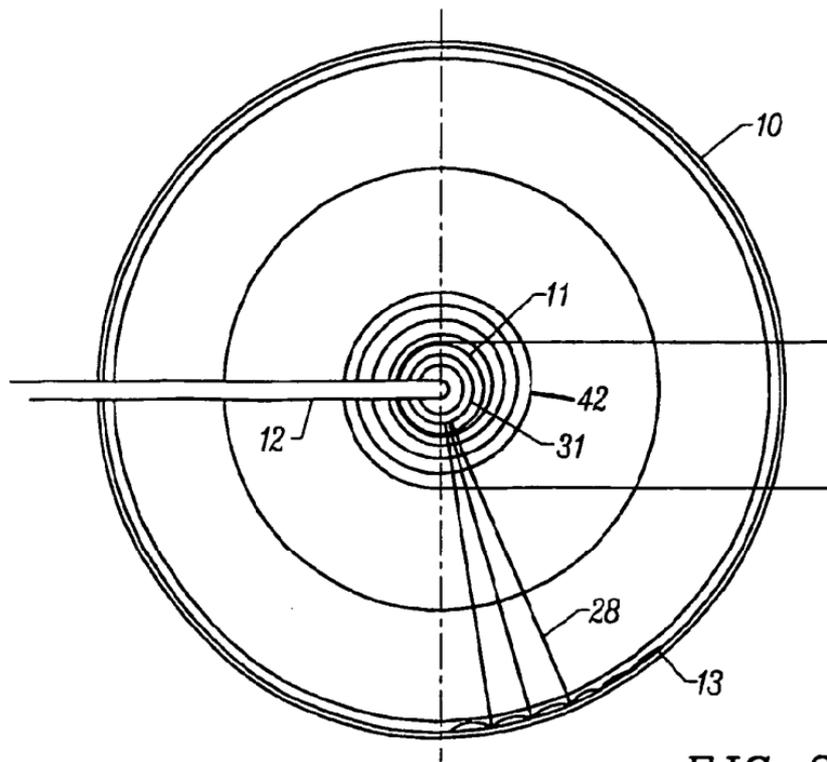


FIG. 2A

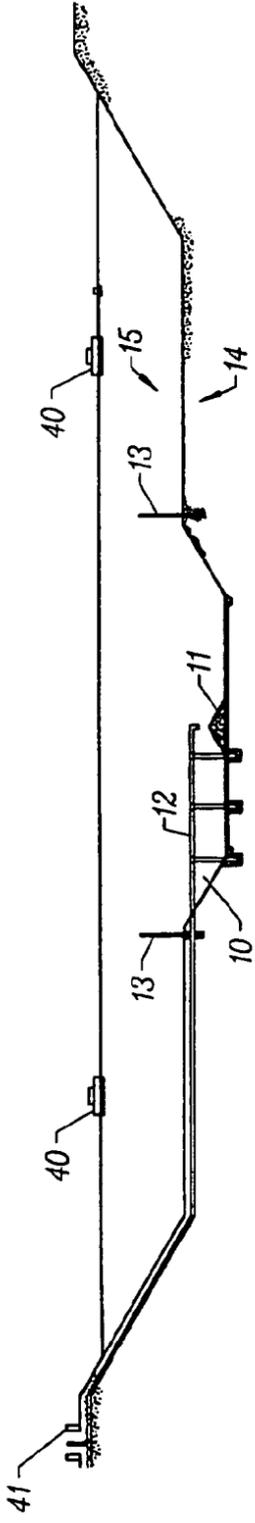


FIG. 1B

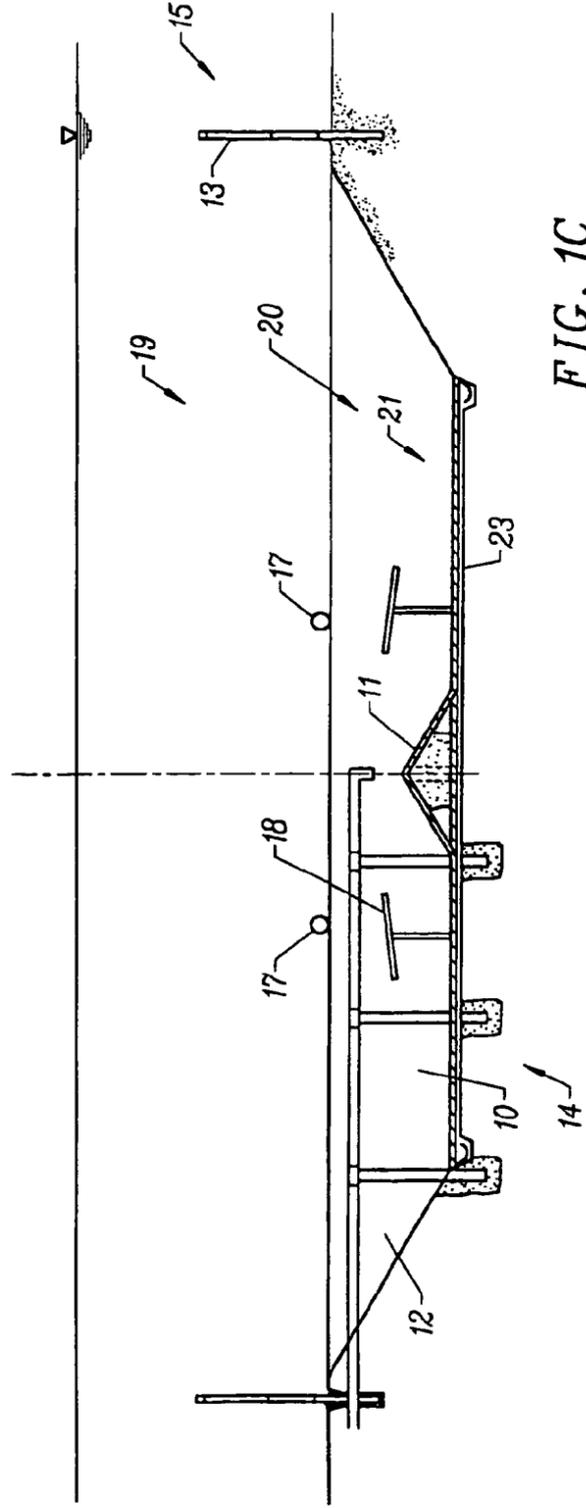
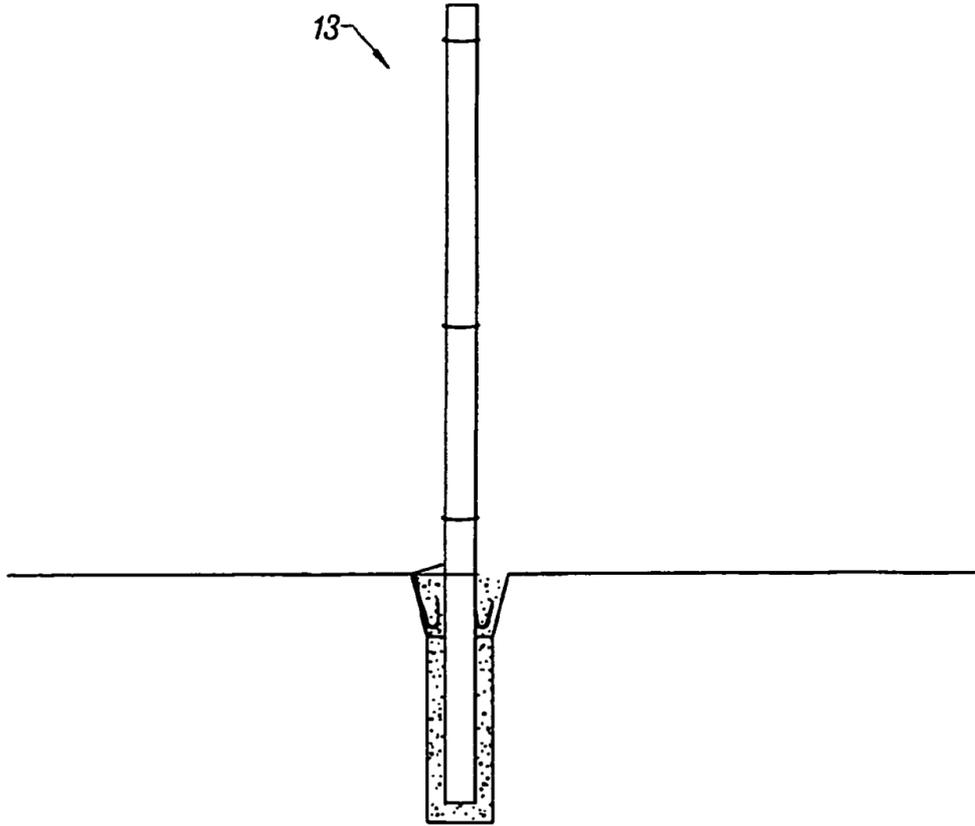


FIG. 1C



*FIG. 1D*

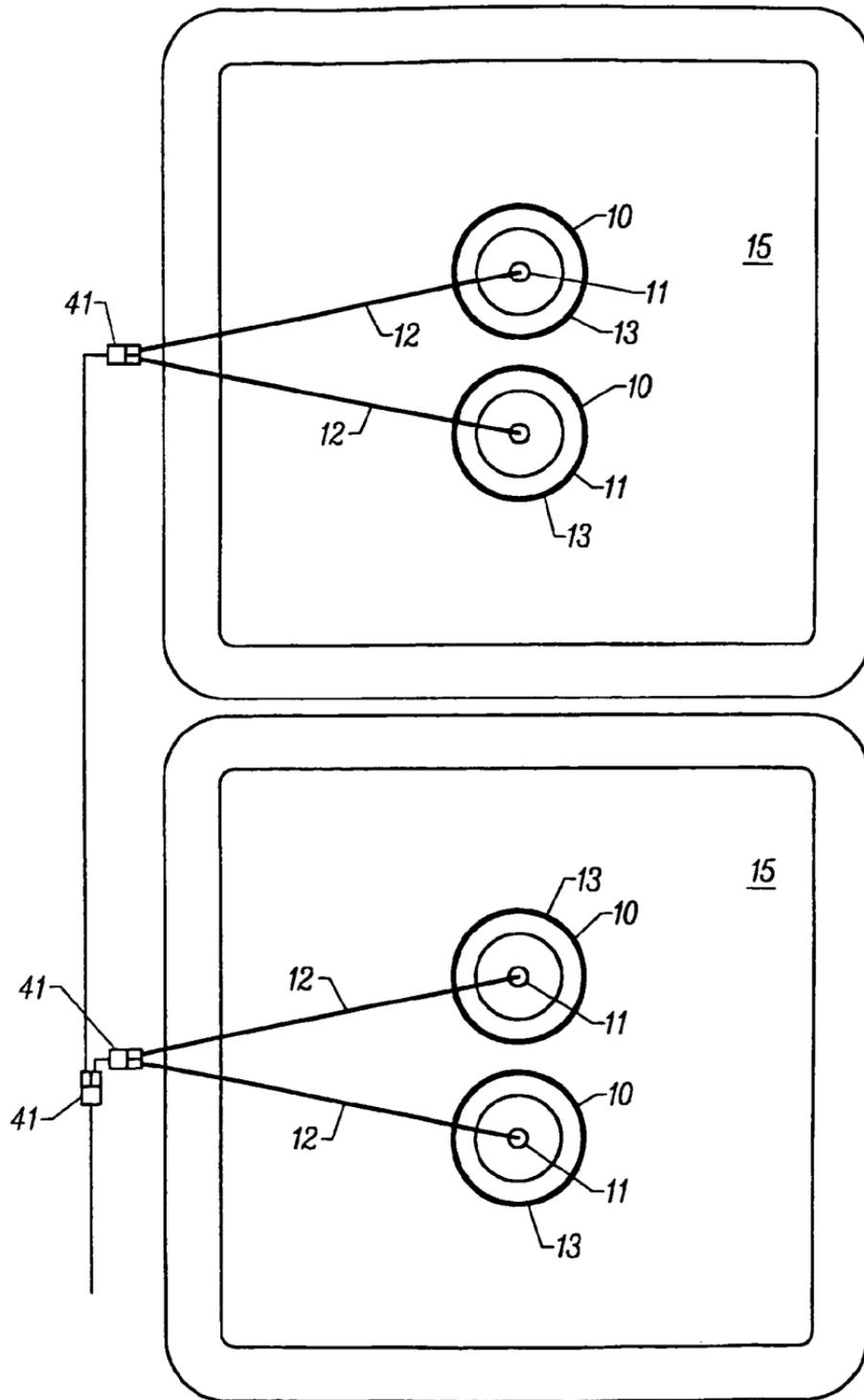


FIG. 1E

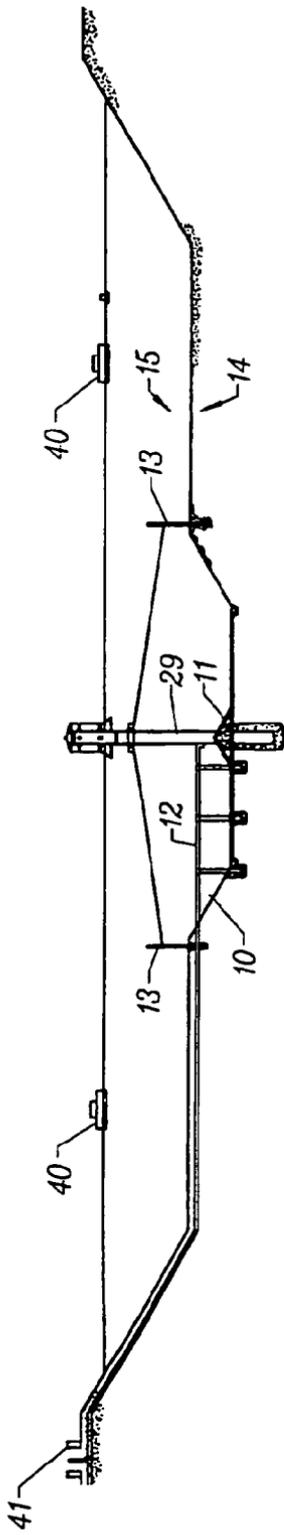


FIG. 2B

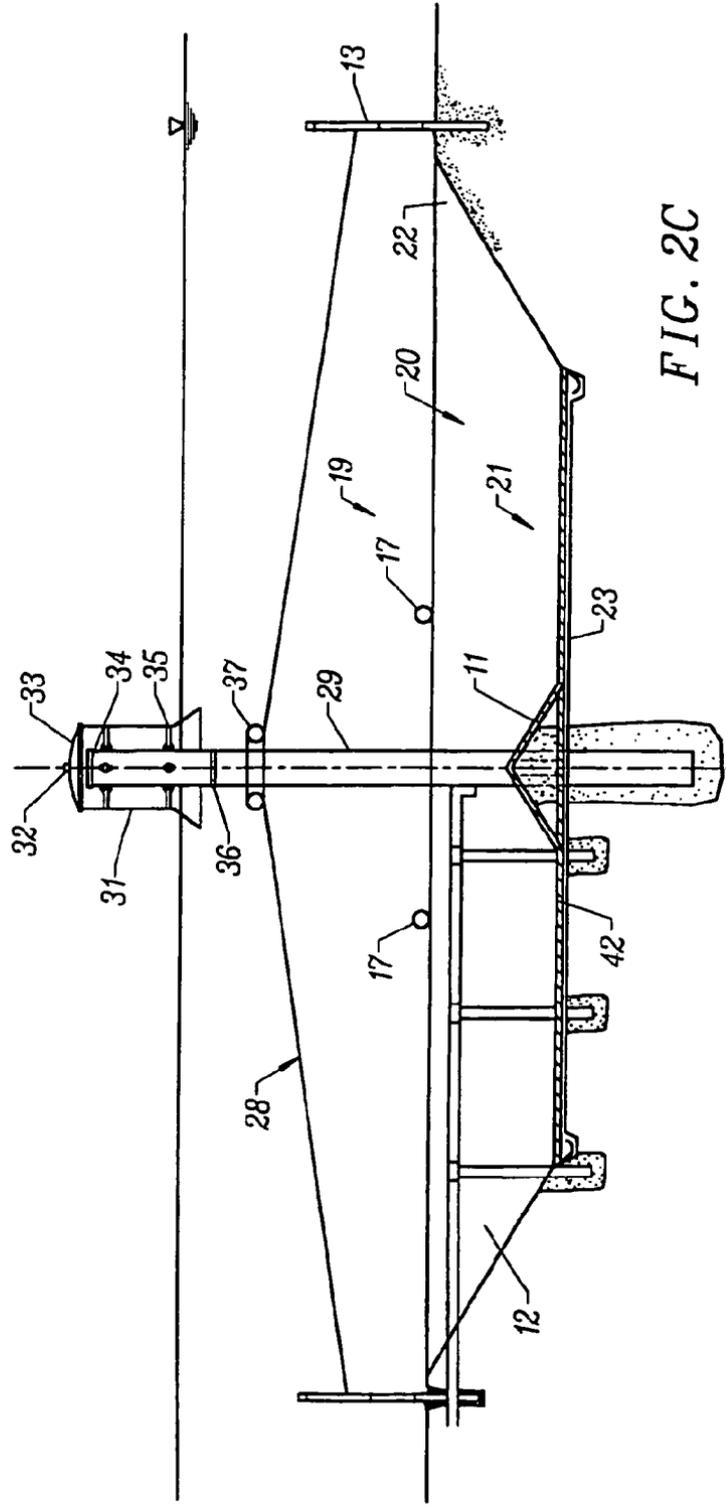
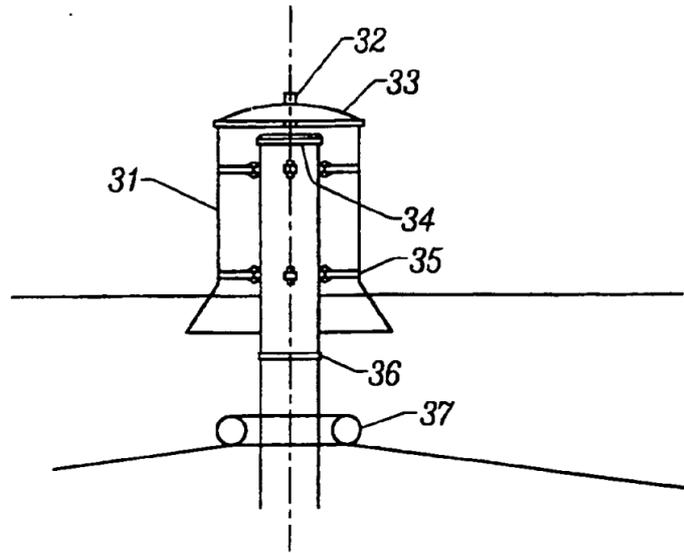
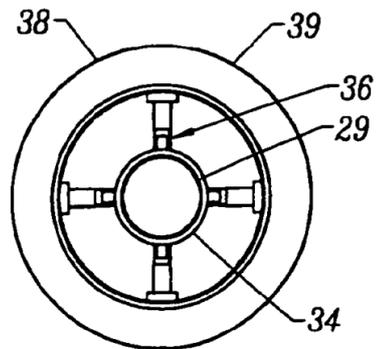


FIG. 2C



*FIG. 2D*



*FIG. 2E*