

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 199**

51 Int. Cl.:

G01N 29/22	(2006.01)
G01S 17/89	(2010.01)
G01N 29/26	(2006.01)
G01N 29/265	(2006.01)
G01N 21/88	(2006.01)
G02B 23/24	(2006.01)
H04N 5/225	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2017 PCT/US2017/066758**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.02.2019 WO19035856**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2017 E 17829417 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.02.2020 EP 3469352**

54 Título: **Métodos para realizar tareas en un tanque que contiene sustancias peligrosas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.07.2020

73 Titular/es:

**TANKBOTS, INC. (100.0%)
6363 Woodway, Suite 1000
Houston, TX 77057, US**

72 Inventor/es:

**MEYERS, JOHN, W.;
DAILY, JOSEPH, A.;
CHEUVRONT, DAVID, L.;
LOVELACE, JAMES, TODD;
GILLORY, RONALD y
CASSIMATIS, DAVID, JOHN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 774 199 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

Métodos para realizar tareas en un tanque que contiene sustancias peligrosas

5 **Campo técnico**

En general, esta descripción se refiere a dispositivos y métodos relacionados para realizar una o más tareas en un entorno peligroso. En ciertos aspectos, la descripción se refiere a sistemas y métodos relacionados para realizar estas tareas usando principalmente la inteligencia de la máquina. En algunos otros aspectos, la descripción se refiere a sistemas y métodos relacionados para realizar estas tareas sin interacción humana local o remota.

Antecedentes

De cualquier otra forma, las tareas rutinarias pueden resultar excesivamente difíciles si las condiciones ambientales representan un peligro potencial para las personas y/o para la maquinaria necesaria para realizar esas tareas. Una de dichas tareas es inspeccionar la integridad estructural de los tanques utilizados para contener sustancias inflamables, tales como hidrocarburos líquidos o gaseosos. Las inspecciones del tanque normalmente incluyen medir el grosor de la pared en múltiples lugares de la estructura del tanque. Un grosor fuera de la norma indica la presencia de corrosión, o algún otro tipo de daño, que si no se controla podría crear vías de fuga para los fluidos residentes. Desafortunadamente, las inspecciones de las paredes que forman el fondo o el suelo de un tanque deben realizarse desde el interior del tanque para evaluar con precisión el estado de estas paredes.

Un enfoque común para realizar las inspecciones del tanque consiste en utilizar equipos de trabajo humanos que ingresan en el interior del tanque e inspeccionan los suelos de tanques utilizando sensores magnéticos y ultrasónicos. En primer lugar, el tanque debe vaciarse de contenidos de líquido y purgarse de todas las sustancias inflamables hasta una concentración lo suficientemente baja como para que cualesquiera chispas causadas por el material usado por los equipos de trabajo no causen una explosión. La fase preliminar de purgar el tanque consume mucho tiempo. Por otra parte, el tanque debe darse de baja y ponerse fuera de servicio durante todo el proceso de inspección. Por lo tanto, las inspecciones manuales del tanque pueden ser costosas y alterar las operaciones en curso de los propietarios del tanque.

Un método desarrollado recientemente para inspeccionar los tanques, propuesto por PETROBOT, utiliza un dispositivo de inspección operado a distancia que puede explorar el fondo de los tanques. Un cable umbilical flexible conecta física y operativamente el dispositivo de inspección a una unidad de control ubicada fuera del tanque. Un gas inerte, tal como nitrógeno, se bombea a través del cable umbilical dentro del dispositivo de inspección antes de que el dispositivo de inspección entre en el tanque y mientras está dentro de él. Se cree que el gas inerte, que desplaza el oxígeno dentro del dispositivo de inspección, minimiza la probabilidad de que una chispa encienda la sustancia inflamable. El cable umbilical también se utiliza para la comunicación bidireccional. Los datos recabados por el dispositivo de inspección pueden transmitirse a través del cable umbilical a la unidad de control externa. Un operador humano en la unidad de control externa transmite señales de control a través del cable umbilical para dirigir el dispositivo de inspección. Además del gas y las señales, el cable umbilical transmite energía eléctrica. Este sistema puede eliminar la necesidad de equipos de trabajo humanos en el tanque.

Sin embargo, los dispositivos de inspección operados de forma remota, tal como el dispositivo PETROBOT, parecen requerir mucho trabajo debido a, por ejemplo, el control humano de la dirección durante las operaciones de inspección. Por otra parte, la necesidad de una abertura para acomodar el cable umbilical durante la operación expone probablemente al ambiente exterior a los materiales peligrosos del interior del tanque. Por lo tanto, persiste la necesidad de realizar de manera más eficaz y segura las inspecciones de los tanques usados para contener material inflamable.

En algunos aspectos, la presente descripción aborda estos y otros inconvenientes de los sistemas y métodos para llevar a cabo inspecciones de tanques en un ambiente con sustancias inflamables o combustibles. No obstante, las inspecciones de los grosores de paredes de un tanque que contiene una sustancia inflamable ponen de relieve el problema general de realizar tareas en un ambiente que puede ser pernicioso para las personas y/o maquinaria. Por ejemplo, los materiales tóxicos, aunque no necesariamente inflamables, pueden presentar dificultades al llevar a cabo operaciones de fabricación o procesamiento. Por lo tanto, en aspectos adicionales, la presente descripción aborda la necesidad de realizar de manera más eficaz y segura una o más tareas en un ambiente peligroso.

En US- 2010/0321485 (Eastman) se describe un sistema de inspección de vídeo intrínsecamente seguro previsto para usar en un área de Clase I, Zona 0, que es capaz de inspeccionar visualmente las ubicaciones de áreas peligrosas y donde existe el potencial de incendio o explosiones debido a gases, polvo o fibras fácilmente inflamables en la atmósfera.

Resumen

Según la reivindicación 1 de la invención, se requiere un método para realizar una tarea seleccionada en un tanque al menos parcialmente lleno de una sustancia energética. El método incluye las fases: de dimensionar una plataforma móvil para que sea más pequeña que una abertura en forma de paralelogramo que tiene un ancho no superior a 914,4 mm (36 pulgadas) y una longitud no superior a 1828,8 mm (72 pulgadas); configurar la plataforma móvil para incluir al menos: al menos un

5 detector de marcadores, al menos una unidad de control, al menos un suministro de energía, al menos un sistema de propulsión, y al menos un espacio cerrado inherentemente seguro; y configurar la plataforma móvil para que sea inherentemente segura, en donde el al menos un espacio cerrado inherentemente seguro de la plataforma móvil evita que una chispa que surja dentro del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro pase al exterior del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro, y en donde todos los componentes generadores de chispas de la plataforma móvil están colocados dentro del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro.

10 El método incluye además las fases de bajar la plataforma móvil dentro del tanque usando un soporte de despliegue; sumergir, al menos parcialmente, la plataforma móvil en la sustancia energética; detectar al menos un marcador asociado con el tanque usando el al menos un detector de marcadores; generar al menos una señal de control basada en el al menos un marcador detectado mediante el uso de la al menos una unidad de control; mover la plataforma móvil utilizando un sistema de propulsión, en donde el sistema de propulsión está controlado por al menos una señal de control y utiliza un dispositivo de alimentación giratorio colocado dentro del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro, y en donde el dispositivo de alimentación giratorio suministra energía a un montaje de tracción colocado fuera del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro; y usar un soporte de recuperación para recuperar la plataforma móvil desde el interior del tanque hasta el exterior del tanque.

20 Durante la realización de este método, ningún soporte físico activo conecta la plataforma móvil a un objeto exterior del tanque mientras que la plataforma móvil está en el tanque.

Por supuesto, existen otras características adicionales de la descripción que se describirán a continuación en la memoria y que constituirán el tema de las reivindicaciones dependientes.

25 **Breve descripción de los dibujos**

Para la comprensión detallada de la presente descripción, se debería hacer referencia a la siguiente descripción detallada de la descripción, considerada conjuntamente con las figuras adjuntas, en las cuales los elementos similares han sido dados como números y en donde:

30 la **Fig. 1** ilustra en sección un tanque que puede inspeccionarse usando una plataforma móvil según la presente descripción;

la **Fig. 2** es un diagrama de bloques funcional de una realización de una plataforma móvil según la presente descripción;

35 las **Figs. 3A-C** ilustran una realización de un espacio cerrado para una plataforma móvil según la presente descripción;

la **Fig. 4** es un diagrama de bloques funcional de una unidad de control y ciertos elementos relacionados para una plataforma móvil según una realización de la presente descripción;

40 las **Figs. 5A-E** ilustran realizaciones de un detector de marcadores que detecta marcadores según la presente descripción;

la **Fig. 6A** es un diagrama de flujo que representa un método ilustrativo para controlar la plataforma móvil según una realización de la presente descripción;

45 la **Fig. 6B** ilustra una pared inferior de un tanque que tiene discontinuidades detectadas por una plataforma móvil según una realización de la presente descripción;

la **Fig. 7** ilustra esquemáticamente un sistema de propulsión según una realización de la presente descripción que usa un interior presurizado;

50 la **Fig. 8** ilustra isométricamente un suministro de energía según una realización de la presente descripción;

las **Figs. 9A-B** ilustran esquemáticamente un módulo de tareas adaptado con sensores según una realización de la presente descripción;

55 la **Fig. 10** ilustra esquemáticamente un montaje de interruptor según una realización de la presente descripción;

las **Figs. 11A-B** ilustran esquemáticamente módulos de recuperación según realizaciones de la presente descripción;

60 las **Figs. 11C-D** ilustran esquemáticamente dispositivos que se pueden utilizar para facilitar el despliegue y/o la recuperación de una plataforma móvil según realizaciones de la presente descripción;

la **Fig. 12A-B** ilustra isométricamente otra realización de una plataforma móvil según la presente descripción;

65 la **Fig. 13** es un diagrama de bloques funcional de otra unidad de control para una plataforma según una realización de la presente descripción;

la **Fig. 14** ilustra una pared inferior de un tanque a lo largo de la cual la realización de la **Fig. 13** dirige una plataforma móvil según una realización de la presente descripción;

5 la **Fig. 15** es un diagrama de flujo que representa un método ilustrativo para utilizar la plataforma móvil para realizar una tarea según una realización de la presente descripción;

las **Figs. 16A-B** ilustran en sección el despliegue, la liberación y la recuperación de una plataforma móvil durante la ejecución del método de la **Fig. 15** según las realizaciones de la presente descripción;

10 la **Fig. 17** es una vista seccional parcial de un tanque que tiene marcadores activos según realizaciones de la presente descripción; y

las **Figs. 18A-B** son diagramas de flujo que ilustran métodos alternos para el manejo de las plataformas móviles según la presente descripción.

15 **Descripción detallada**

La presente descripción proporciona dispositivos, sistemas y métodos para realizar tareas en un ambiente peligroso. Para una mayor concisión y claridad, la descripción siguiente se refiere principalmente a sistemas y métodos relacionados para inspeccionar la estructura de un tanque que tiene un interior en el cual están presentes materiales energéticos tales como fluidos de hidrocarburos. No obstante, se enfatiza que las enseñanzas presentes se pueden aplicar fácilmente a otras industrias y usos.

Haciendo referencia inicialmente a la **Fig. 1**, un tanque **10** puede utilizarse para almacenar una sustancia energética, tal como hidrocarburos, en forma de un cuerpo líquido **12** y un vapor **14**. El tanque hermético de fluidos puede incluir una pared superior **16** abovedada, una pared inferior **18** generalmente plana, y una pared vertical **20** cilíndrica. Puede accederse a un interior **22** del tanque **10** a través de una escotilla **24**. En algunos tanques, pueden utilizarse pilares **26** para soporte estructural u otros usos. Además, es común que el tanque **10** contenga también objetos **27**, que pueden colocarse intencionalmente como sumideros, tuberías, soportes, etc. o materiales extraños tales como escombros, herramientas, cadenas o cables abandonados, etc. El tanque **10** puede ser un tanque fijo sobre la superficie o un tanque subterráneo. El tanque **10** también se puede colocar en un vehículo o embarcación tal como una barcaza, barco, vehículo terrestre, etc. Por otra parte, el tanque **10** puede emplear diferentes configuraciones; *p. ej.*, la pared superior **16** puede ser plana y/o puede usarse un techo flotante interior. Como será evidente a partir del análisis a continuación, los sistemas y métodos de la presente descripción pueden llevar a cabo inspecciones del tanque **10**, y otras estructuras similares independientemente de su uso, ubicación o diseño, con mayor eficacia y seguridad que los dispositivos y métodos de inspección de tanques convencionales.

Haciendo referencia ahora a la **Fig. 2**, se muestra, en un formato de diagrama de bloques funcional, una realización no limitativa de una plataforma móvil inteligente **100** para realizar una o más tareas en el tanque **10** de la **Fig. 1**. La plataforma móvil **100** puede incluir un espacio cerrado **200**, una unidad **300** de control, un sistema **400** de propulsión, y un suministro **500** de energía. Opcionalmente, la plataforma móvil **100** también puede transportar un módulo **600** de tareas. Como se utiliza en la presente memoria, el término “transportado por” significa que el objeto está dentro de, unido a, o sobre la plataforma móvil **100**. En lo sucesivo, estas estructuras y equipos a bordo se denominarán colectivamente “subsistemas.” En algunas realizaciones, la unidad **300** de control tiene comunicación bidireccional con uno o más subsistemas a través de una red **360** de comunicación. En otras realizaciones, la comunicación puede ser en una dirección con uno o más subsistemas. En otras realizaciones más, no se proporciona comunicación hacia o desde algunos de los subsistemas. El suministro **500** de energía suministra energía a uno o más sistemas a través de una red **362** de distribución de energía que puede compartir circuitos con la red **360** de comunicación. La plataforma móvil **100** se puede considerar “inteligente” ya que la unidad **300** de control está configurada para controlar los subsistemas de la plataforma móvil **100** utilizando solo instrucciones previamente programadas e información adquirida en “tiempo real” o “casi en tiempo real” a través de instrumentos de detección integrados. Esto es, la plataforma móvil **100** puede adquirir información relevante para una tarea asignada y tomar decisiones en pos del cumplimiento de esa tarea, sin intervención humana. Por lo tanto, de forma ventajosa, la plataforma móvil **100** puede no tener y puede no requerir ningún cable umbilical, físico o de otro tipo, para conectarla a una ubicación fuera de un tanque, a través del cual se reciben las señales de alimentación o de comando. Los subsistemas de la plataforma móvil **100** se analizan con mayor detalle más adelante.

En general, la plataforma móvil **100** está configurada para ser inherentemente segura. Por “inherentemente segura”, se entiende que la plataforma móvil **100** está diseñada de manera que en ningún momento durante las operaciones en el tanque **10** (**Fig. 1**) una chispa producida en la plataforma móvil **100** entrará en contacto con la sustancia energética fuera de la plataforma móvil **100**. Un elemento del diseño “inherentemente seguro” es que el espacio cerrado **200** incorpora características estructurales que evitan que una chispa, o una chispa que procede de una explosión de la sustancia energética **12**, **14**, o una chispa que procede de una explosión de otra sustancia energética similar a la sustancia energética **12**, **14**, generada dentro del espacio cerrado **200** bajo condiciones de funcionamiento normales y condiciones atmosféricas estándar (*es decir*, veinte grados centígrados (sesenta y ocho grados Fahrenheit) y 1,01325 bares) pase a

un exterior del espacio cerrado **200**. Otra sustancia energética se considera “similar” a la sustancia energética **12, 14** si dicha otra sustancia energética tiene una Maximum Experimental Safe Gap (Distancia segura experimental máxima - MESG) de la misma clase que la sustancia energética **12, 14** (tal clase especificada como: i. inferior que o igual a 0,45 mm [17,72 milipulgadas], ii. superior a 0,45 mm [17,72 milipulgadas] e inferior o igual a 0,75 mm [29,53 milipulgadas], o iii. superior a 0,75 mm [29,53 milipulgadas]) y/o tiene una Minimum Igniting Current Ratio (Relación mínima de corriente de encendido - MICR) de la misma clase que la sustancia energética **12, 14** (tal clase especificada como: i. inferior que o igual a 0,4, ii. superior a 0,4 e inferior que o igual a 0,8, o iii. superior a 0,8).

Un componente “intrínsecamente seguro” es uno que no puede crear una chispa cuando se utiliza según lo previsto para la finalidad para la que fue diseñado. Un componente “no intrínsecamente seguro” o “generador de chispas” puede generar una chispa cuando se opera según lo previsto. El interior del espacio cerrado **200** aloja todos los componentes de un dispositivo, montaje o subconjunto que no son intrínsecamente seguros; es decir, todos los componentes “generadores de chispas”. Por lo tanto, el espacio cerrado **200** puede considerarse una estructura “inherentemente segura”.

Generalmente, los “componentes generadores de chispas” incluyen las estructuras mecánicas que se mueven con suficiente rapidez para causar una chispa y los componentes eléctricos que funcionan en un estado energético suficientemente elevado para ocasionar chispas. Por lo general, los “componentes no generadores de chispas” incluyen estructuras mecánicas que no se mueven de manera suficientemente rápida como para causar una chispa y los componentes eléctricos que funcionan en un estado energético suficientemente bajo para evitar chispas. Debe observarse que algunos subsistemas pueden incluir componentes generadores de chispas y componentes no generadores de chispas. La plataforma móvil **100** está diseñada de tal manera que los componentes generadores de chispas de tales subsistemas están colocados dentro del espacio cerrado **200**. Los componentes no generadores de chispas de tales subsistemas pueden colocarse en la parte interna o externa del espacio cerrado **200**. A modo de ejemplo, el sistema **400** de propulsión tiene componentes generadores de chispas aislados dentro del espacio cerrado **200** y componentes exteriores intrínsecamente seguros externos al espacio cerrado **200**.

Como se describe a continuación, el espacio cerrado **200** utiliza técnicas y materiales de construcción que aseguran que las chispas de un componente generador de chispas, o las chispas procedentes de explosiones causadas por dichas chispas, no pasen al exterior del espacio cerrado **200** y no prendan cualquier material energético del ambiente.

Haciendo referencia a la **Fig. 3A**, se muestra un espacio cerrado **200** según la presente descripción. Aunque el espacio cerrado **200** se muestra como un único cuerpo integral, el espacio cerrado **200** puede tener dos o más cuerpos separados y totalmente independientes. El espacio cerrado **200** incluye una carcasa **202** y una tapa superior **204**. La carcasa **202** está definida por una pared lateral **220** y una parte inferior **206**, que definen colectivamente un interior **208**. La pared vertical **220** y la parte inferior **206** pueden constituir un cuerpo integral o un montaje de paredes individuales. El espacio cerrado **200** puede estar conformado como una caja alargada. Sin embargo, se pueden usar otras formas y combinaciones de formas, tales como esféricas, troncocónicas o cilíndricas. Además, el espacio cerrado **200** puede incorporar geometrías planas, curvilíneas y/o asimétricas. Los materiales adecuados para el espacio cerrado **200** incluyen metales, aleaciones, polímeros, vidrio, compuestos y combinaciones de los mismos. De forma adicional, el espacio cerrado **200** puede ser hermético de manera que la plataforma móvil **100** (**Fig. 2**) puede estar parcial o totalmente sumergida en el cuerpo líquido **12** (**Fig. 1**) dentro del depósito **10** (**Fig. 1**).

En la **Fig. 3B**, las paredes **220** y las estructuras internas del espacio cerrado **200** pueden utilizar una gama de grosores. Las paredes pueden estar conformadas como placas, nervaduras, mallas, etc. Las áreas seleccionadas pueden reforzarse usando elementos de refuerzo, tales como anillos de acero (no mostrados). En algunas situaciones, puede ser deseable que el espacio cerrado **200** use características tales como filetes y disposiciones simétricas para gestionar o controlar las concentraciones de tensión en el espacio cerrado **200**. Por ejemplo, el interior **208** está dispuesto simétricamente en los ejes longitudinal y transversal. Dependiendo de la aplicación, la simetría puede estar a lo largo de uno, dos o tres ejes. Para los fines de la presente descripción, la simetría no requiere características idénticas (*p. ej.*, volúmenes o dimensiones) en cada lado de un eje. Más bien, el interior **208** puede considerarse simétrico si ambos lados de un eje hacen que una chispa o explosión relacionada se disipe generalmente de la misma manera (*p. ej.*, velocidad de propagación/disipación, dirección del movimiento, etc.).

El espacio cerrado **200** también puede utilizar estructuras que interrumpen los recorridos de detonación tales como los deflectores interiores, esquinas ortogonales y protectores delante de secciones de pared relativamente débiles y/o portales u otros pasajes que conducen al exterior del espacio cerrado **200**. Por ejemplo, una mayoría de las esquinas de la carcasa **202** que definen el interior **208** pueden tener un ángulo de noventa grados. En otras disposiciones, más del sesenta por ciento u ochenta por ciento de tales esquinas pueden tener un ángulo de noventa grados. De forma adicional, una o más placas interiores **222** pueden estar colocadas dividiendo el volumen del interior **208** para reducir la longitud de las trayectorias de manera que las ondas de presión puedan desplazarse sin obstrucciones en el interior **208**. Estas placas interiores **222**, que se pueden denominar deflectores o protectores frente a explosiones, crean recorridos tortuosos que pueden disipar las ondas de choque.

En las **Figs. 3A-C**, en las realizaciones, la tapa **204** puede estar adherida de forma desmontable a una superficie superior **224** de la pared vertical **220** con una pluralidad de elementos **226** de fijación. Los elementos **226** de fijación

pueden estar distribuidos continuamente a lo largo de un perímetro de la tapa **204** para proporcionar una fuerza de compresión/sujeción casi uniforme que fija la tapa **204** a la carcasa **202**. En algunas disposiciones, los elementos **226** de fijación están separados entre sí de tal manera que la longitud intersticial se encuentra en una fracción máxima definida de una longitud a lo largo de la cual se distribuyen los elementos **226** de fijación. Por ejemplo, si la fracción máxima definida es un veinteavo y la longitud de un perímetro a lo largo del cual los elementos **226** de fijación se distribuyen es un metro, entonces los elementos **226** de fijación están distribuidos de tal manera que ningún elemento **226** de fijación está a más de cinco centímetros de distancia de otro elemento **226** de fijación. En realizaciones, la fracción máxima definida puede ser una mitad, una cuarta, una quinta, una octava o una décima parte de una longitud a lo largo de la cual se distribuyen los elementos de fijación. Un elemento **226** de fijación puede ser cualquier elemento que se conecta a la carcasa **202** y aplica una fuerza de compresión que presiona la tapa **204** contra la carcasa **202**. Los elementos **226** de fijación, incluyen tornillos, pernos, mordazas, remaches, etc.

En una realización, el espacio cerrado **200** incorpora una o más de las características estructurales descritas anteriormente, y/u otras características estructurales conocidas, para evitar la deformación estructural permanente al encontrarse con una presión especificada durante un tiempo especificado en el interior **208** del espacio cerrado **200**. La presión y duración especificadas se pueden basar en el uso anticipado de la plataforma móvil **100** y seleccionarse para simular una presión máxima impuesta sobre el espacio cerrado **200** en el caso de producirse una explosión durante su utilización. En algunas aplicaciones, una "deformación estructural permanente" es una deformación plástica que forma un recorrido entre el interior **208** y un exterior del espacio cerrado **200**. El recorrido, que puede ser causado por un aflojamiento de las juntas o la ruptura del espacio cerrado **200**, puede permitir que una chispa se transmita al exterior del espacio cerrado **200**. En realizaciones, la presión y duración especificadas pueden ser de al menos diez bares durante al menos diez segundos, una presión de al menos ocho bares durante al menos ocho segundos, una presión de al menos seis bares durante al menos seis segundos, una presión de al menos tres bares y medio durante al menos diez segundos, o una presión de al menos cuatro bares durante al menos cuatro segundos.

Además de la resistencia a la presión, el espacio cerrado **200** puede incorporar otras características para permitir operaciones en determinados tipos de tanques. En la **Fig. 1**, la plataforma móvil **100** puede estar dimensionada para su entrada y salida de un tanque **10** mediante aberturas y escotillas asociadas **24** de diferentes formas y tamaños relativamente limitados. Las dimensiones de las aberturas y las estructuras de refuerzo relacionadas tienen en cuenta la protección contra caídas, el anclaje, la elevación o la recuperación del personal. Los ingenieros experimentados pueden dimensionar las aberturas, según corresponda para una aplicación particular. No obstante, se usan algunas aberturas estandarizadas. Por ejemplo, algunas aberturas en forma de paralelogramo pueden tener dimensiones máximas de 914,4 mm (36 pulgadas) por 1828,8 mm (72 pulgadas). Otras aberturas en forma de paralelogramo pueden tener dimensiones máximas de 914,4 mm (36 pulgadas) por 914,4 mm (36 pulgadas). Algunas aberturas circulares también pueden tener un diámetro máximo de 600 mm (23,62 pulgadas), 609,4 mm (24 pulgadas), o 914,4 mm (36 pulgadas). Por lo tanto, en realizaciones, las plataformas móviles **100** de la presente descripción pueden dimensionarse para pasar a través de una abertura en paralelogramo que tiene un ancho no superior a 914,4 mm (36 pulgadas) y una longitud no superior a 1828,8 mm (72 pulgadas) o un ancho no superior a 914,4 mm (36 pulgadas) y una longitud no superior a 914,4 mm (36 pulgadas). En otras realizaciones, las plataformas móviles **100** de la presente descripción pueden dimensionarse para pasar a través de una abertura circular no superior a 914,4 mm (36 pulgadas) de diámetro, una abertura circular no superior a 609,6 mm (24 pulgadas) de diámetro, o una abertura circular no superior a 600 mm (23,62 pulgadas) de diámetro.

Además, en realizaciones, el peso total de la plataforma móvil **100** se puede mantener en o por debajo de un valor que podría imponer dificultades durante la manipulación o dañar la pared inferior **18** del tanque **10**. En realizaciones, el peso total de la plataforma móvil **100** puede ser inferior a 4536 kg (10.000 libras). En otras realizaciones, el peso total de la plataforma móvil **100** puede estar por debajo de 2722 kg (6000 libras).

Por lo tanto, la estructura del espacio cerrado **200** puede estar limitada por requisitos de resistencia a la presión, requisitos de tamaño máximo y peso máximo. Las técnicas de construcción para fabricar espacios cerrados resistentes a incrementos rápidos de presión son conocidas en la técnica; *p. ej.*, la patente US-2.801.768, *Explosion-proof Enclosure (Espacio cerrado a prueba de explosiones)*; la patente US-6.452.163, *Armored Detector Having Explosion Proof Enclosure (Detector blindado con espacio cerrado a prueba de explosiones)*; la patente US-8.227.692, *Explosion-Proof Enclosure (Espacio cerrado a prueba de explosiones)*; la patente WO 2017003758, *Improved Explosive-Proof Thermal Imaging System (Sistema mejorado de imágenes térmicas a prueba de explosivos)*; y la patente EP-2418926, *Sheet Metal Explosion-Proof and Flame-Proof Enclosures (Espacios cerrados de chapa a prueba de explosiones y de llamas)*. Así pues, por concisión, los detalles de tales características de construcción no se analizarán con más detalle. Se enfatiza que las técnicas de construcción descritas anteriormente son meramente ilustrativas de técnicas conocidas para configurar el espacio cerrado **200** para ser inherentemente seguro. Los espacios cerrados **200** incluidos en la presente descripción pueden incorporar algunas o todas las características mencionadas anteriormente o incorporar solamente otras técnicas de construcción conocidas.

De forma adicional, el espacio cerrado **200** puede incluir dos o más estructuras de carcasa separadas. Estas estructuras pueden tener características iguales o similares y alojar componentes generadores de chispas. Por ejemplo, uno o más espacios cerrados separados adicionales pueden alojar luces y baterías asociadas para proporcionar imágenes de cámara, sensores, herramientas, etc. Los espacios cerrados adicionales se pueden

atornillar al espacio cerrado **200**, conectados con una correa de sujeción, remolcados por separado en una disposición de tipo vagón, o conectados de otra manera físicamente.

En la **Fig. 4**, se muestra una realización no limitativa de una unidad **300** de control inteligente que está programada para controlar una o más funciones de la plataforma móvil **100** (**Fig. 2**). La unidad **300** de control puede incluir un módulo **302** de procesador y un módulo **304** de navegación. Si bien la unidad **300** de control se puede describir en singular, debe entenderse que la unidad **300** de control puede configurarse como un grupo de dos o más dispositivos de procesamiento programados diferenciados que funcionan independientemente o juntos. Además, estos dispositivos de procesamiento distintos pueden estar distribuidos por todo el espacio cerrado **200**, en espacios cerrados separados o centralizados en una ubicación.

El módulo **302** del procesador puede incluir algoritmos pre-programados **303** para controlar parte o la totalidad de la plataforma móvil **100**. A modo de ejemplo y no de limitación, estos algoritmos **303** pueden ejecutarse para emitir señales **308** de control para accionar el sistema **400** de propulsión, señales **310** de control para gestionar el suministro **500** de energía, y señales **312** de control para accionar uno o más módulos **600** de tarea. Por ejemplo, la información **309** relativa al suministro **500** de energía puede usarse para gestionar la distribución de energía. Como se utiliza en la presente memoria, un algoritmo significa instrucciones almacenadas en un módulo de memoria al que puede accederse e implementarse mediante una máquina basada en un procesador. El módulo **302** de procesador puede usar microprocesadores convencionales, módulos de memoria que almacenan una o más bases de datos, **303 a,b**, y otros componentes conocidos de dispositivos de procesamiento de información.

El módulo **304** de navegación puede estar configurado para adquirir información que se puede utilizar para determinar una posición de la plataforma móvil **100** y/o una posición con respecto a una característica asociada con un tanque **10** (**Fig. 1**) y/o una orientación de la plataforma móvil **100**. Para abreviar, el término "posición" incluye una orientación (*p. ej.*, dirección, inclinación, azimut, etc.) y ubicación (*es decir*, un punto relativo a un marco de referencia externo, tal como un sistema de coordenadas cartesianas o un sistema de coordenadas polares). Una posición "relativa" es una posición identificada haciendo referencia a una posición anterior. En una realización, el módulo **304** de navegación puede incluir un detector **306** de marcadores que genera señales en respuesta a una característica detectada asociada con el tanque **10** (**Fig. 1**). El detector **306** de marcadores puede ser pasivo o activo como se explicó en relación con las **Figs. 5A-E** siguientes. La característica puede ser estructural o añadida al tanque **10** (**Fig. 1**). Un ejemplo no limitativo de tal característica es una discontinuidad encontrada en el área de unión de dos o más placas de acero a partir de las cuales se forma una pared del tanque; *p. ej.*, la pared inferior **18** mostrada en la **Fig. 1**. Las realizaciones del detector de marcadores tratadas más adelante utilizan diferentes técnicas para detectar la discontinuidad, que se manifiesta como un cambio en las propiedades, composición y/o dimensiones del material.

En las **Figs. 5A-E**, se muestran cinco disposiciones del detector no limitativas para detectar características, tales como discontinuidades. La **Fig. 5A** ilustra la plataforma móvil **100** durante el contacto con una discontinuidad **320** en una superficie interior **322** de un tanque **10** (**Fig. 1**). La plataforma móvil **100** se muestra en líneas discontinuas antes de encontrarse con la discontinuidad **320**. La discontinuidad **320** puede incluir una costura **325** de soldadura en un área de unión de dos placas superpuestas **324**, **326**. La plataforma móvil **100** puede tener un detector **306** (**Fig. 4**) de marcadores que detecta la orientación, tal como un inclinómetro **328**. Otros dispositivos de detección de orientación pueden incluir acelerómetros y giroscopios. Durante el contacto con la discontinuidad **320**, el inclinómetro **328** detectará un cambio en la inclinación y generará una señal de respuesta. La unidad **300** (**Fig. 4**) de control puede procesar la señal para determinar si las señales detectadas son indicativas de un área de unión entre dos placas o alguna otra discontinuidad. La disposición de la **Fig. 5A** puede considerarse un sistema pasivo porque no se emite energía para detectar la discontinuidad **320**.

En la **Fig. 5B**, la plataforma móvil **100** incluye un emisor **330** de señales que genera una onda **332** de energía que interactúa con la discontinuidad **320**. Las ondas **333** de retorno de la discontinuidad **320** pueden ser detectadas por el emisor **330** de señal, en el caso de un transductor, o un dispositivo detector separado. Cada una de las discontinuidades **320** pueden afectar singularmente la señal emitida. Es decir, un cambio en el grosor del material o su composición puede afectar a la señal emitida de manera diferente a partir de variaciones a lo largo de una superficie (*p. ej.*, un saliente, receso, cavidad, etc.). Las ondas **333** de retorno detectadas pueden procesarse para determinar si las señales detectadas son indicativas de un área de unión entre dos placas o alguna otra discontinuidad. La disposición de la **Fig. 5B** puede considerarse un sistema activo porque se emite energía para detectar la discontinuidad **320**.

En la **Fig. 5C**, la plataforma móvil **100** incluye un detector táctil **335** que está en contacto físico con la superficie **322** y detecta características tales como un cambio de inclinación, espacio libre, o rugosidad que son indicativas de la discontinuidad **320**. En una realización, el sensor táctil **335** puede "sentir" el contorno utilizando una rueda **336** de bola empujada hacia abajo por la gravedad, o usando un elemento de polarización, para rastrear la superficie **322**. Un sensor **337**, tal como un sensor Hall, dentro de un tubo **338** de soporte vertical puede detectar el movimiento hacia arriba y hacia abajo de un eje **339** de soporte. Otros detectores táctiles **335** pueden medir una deflexión, flexión u otra deformación en un elemento (no mostrado) en contacto con la superficie **322**.

En la **Fig. 5D**, la plataforma móvil **100** incluye un detector óptico **340** que inspecciona ópticamente la superficie **322** y detecta características visuales que son indicativas de la discontinuidad **320**. En una realización, una fuente **341** de

luz, que puede colocarse en uno o más espacios cerrados externos (no mostrados), emite luz **343** que ilumina la superficie **322**. El detector óptico **340** puede registrar la luz reflejada **347** para su procesamiento y análisis.

La **Fig. 5E** ilustra otra realización en la que la plataforma móvil **100** incluye un detector óptico **340** que inspecciona ópticamente la superficie **322** y detecta características visuales que son indicativas de discontinuidades (no mostrado). En esta realización, el detector óptico **340** y la fuente **341** de luz están situados sobre una o más superficies verticales a **345** de la plataforma móvil **100**. La superficie vertical **345** puede ser la parte delantera o la parte posterior de la plataforma móvil **100**. Debe apreciarse que cualquiera de los otros sensores y detectores descritos también pueden estar montados en una o más superficies verticales **345** o superficies distintas de la vertical (no se muestra). Es decir, la presente descripción no se limita a dispositivos de detección dirigidos hacia abajo. De forma adicional, aunque se ha descrito como configurado para detectar discontinuidades, las disposiciones del sensor descritas anteriormente pueden utilizarse para localizar, identificar y caracterizar otras características tales como bombas, equipos, pilares, etc., para establecer la dirección general, evitar obstáculos, u otros fines.

Debe observarse que la discontinuidad **320** puede detectarse mediante la medición de cualquier cantidad de material o características estructurales; *p. ej.*, cambios en el grosor de la pared, composición, rugosidad, densidad o color del material, etc. Numerosos tipos de dispositivos de detección pasivos y activos pueden utilizarse para detectar discontinuidades. Los dispositivos de detección ilustrativos, pero no exhaustivos, incluyen: dispositivos que utilizan reflejos de ondas electromagnéticas tales como LIDAR u otro sensor similar basado en láser, una cámara u otro sensor de imágenes, un sensor de radar; dispositivos que usan reflejos de ondas mecánicas, tales como un sensor ultrasónico y un sensor sónico; dispositivos que detectan un cambio en la orientación con respecto al vector de gravedad tales como una inertial measurement unit (Unidad de medición inercial - IMU), acelerómetros, giroscopios, e inclinómetro; dispositivos que detectan variaciones en la velocidad, voltaje, corriente y/o uso de energía dentro del sistema **400** (**Fig. 2**) de propulsión causadas por atravesar una discontinuidad **320**; dispositivos táctiles configurados para “sentir” la discontinuidad; y dispositivos que detectan cambios en la transmisión de campos magnéticos tales como un sensor de fuga de flujo magnético y un sensor de corriente de eddy.

Por lo tanto, debe apreciarse que el detector **306** de marcadores puede ser un sensor de orientación tal como el inclinómetro **328**, un emisor **330** de señal que genera una onda **332** de energía, un detector táctil **335** que está en contacto con una superficie **322**, y/o un detector óptico **340** que inspecciona ópticamente una superficie **322**. Sin embargo, el detector de marcadores **306** puede ser cualquier dispositivo configurado para detectar la presencia de un marcador activo y/o pasivo.

Las **Figs. 6A,B** ilustran un método mediante el cual la unidad **300** de control puede atravesar inteligentemente un interior de un tanque **10** utilizando el módulo **304** de navegación que detecta discontinuidades **320**, que se muestran en la **Fig. 6B**. La **Fig. 6B** es una vista superior de una pared inferior **18** del tanque que incluye discontinuidades **320** en forma de estructuras de soldadura. Algunas discontinuidades **320** siguen un patrón similar a una rejilla, tal como líneas de soldadura formadas por líneas perpendiculares que se cruzan. Otras discontinuidades **320** no se adaptan a un orden o patrón geométrico determinado, tal como las líneas de soldadura próximas a la pared **20**.

Con respecto a las **Figs. 1, 2, 4 y 6A**, la unidad **300** de control puede incluir uno o más algoritmos de navegación que utilizan las discontinuidades **320** para dirigir la unidad móvil **100** de acuerdo con el método de la **Fig. 6A**. La fase **800** comienza después de que la plataforma móvil **100** se ha colocado en el tanque **10**. La unidad **300** de control puede iniciar operaciones ejecutando un algoritmo de navegación que emite señales **308** de control al sistema **400** de propulsión. El sistema **400** de propulsión puede transmitir información **313** a la unidad **300** de control que se refiere a operaciones del sistema (*p. ej.*, confirmación de comandos, estado del sistema, puntos de ajuste de operación, etc.). El algoritmo de navegación puede mover la plataforma móvil **100** al azar o según un curso inicial preestablecido.

En la fase **802**, el detector **306** de marcadores inspecciona pasiva o activamente el interior del tanque **10** en busca de discontinuidades **320**. Si el detector **306** de marcadores es un componente del módulo **600** de tareas, la unidad **312** de control puede transmitir señales **312** de control para controlar el módulo **600** de tareas y el módulo **600** de tareas puede transmitir información **311** representativa de las discontinuidades detectadas **320**. Las discontinuidades **320** pueden ser estructurales o aumentadas y estar presentes en cualquiera de las paredes del tanque **10** u otras estructuras del tanque, tales como los pilares **26** o el equipo (*p. ej.*, el sumidero). Cuando se reciben las señales, la unidad **300** de control puede analizar estas señales para determinar si se ha detectado una discontinuidad en la dirección de la plataforma móvil **100**. En la fase **804**, si se ha encontrado tal discontinuidad, la unidad **300** de control accede a un mapa, que es una base de datos digital (*p. ej.*, base de datos **303a** [**Fig. 4**]). En algunas disposiciones, se hace referencia a los datos en la base de datos del mapa para calcular una posición u orientación de la plataforma móvil **100**. En otras disposiciones, la unidad **300** de control crea el mapa o actualiza el mapa, si ya existe, para registrar la posición o la posición relativa de la discontinuidad detectada y/o la posición/posición relativa de la plataforma móvil **100**. En este caso, la posición relativa puede incluir un elemento de la posición, tal como una distancia recorrida desde otra característica, una dirección tomada de otra característica, y/o una orientación relativa a otra característica.

En la fase **806**, la unidad **300** de control puede establecer un curso en base a uno o más marcadores detectados, que pueden ser marcadores pasivos, tales como discontinuidades. El curso puede estar en paralelo con, perpendicular a, o en otra dirección con relación a la discontinuidad detectada o una característica identificada por las discontinuidades

detectadas, tal como una esquina. Al seguir el curso establecido, la plataforma móvil **100** puede realizar una o más de las tareas asignadas usando el módulo **600** de tareas, tal como inspeccionar la pared inferior **18** del tanque en busca de corrosión u otras formas de daños. Además, una o más bases de datos (*p. ej.*, **303b** [Fig. 4]) pueden actualizarse continuamente con las posiciones, posiciones relativas, y/u orientaciones de las discontinuidades detectadas. La unidad **300** de control puede repetir las fases **802** a **806**, según se desee. Opcionalmente, la unidad **300** de control puede utilizar información en el mapa, *p. ej.*, la ubicación de las discontinuidades previamente detectadas, junto con la información relacionada con la discontinuidad actualmente detectada para determinar una dirección. Se puede utilizar una metodología similar cuando se detectan uno o más marcadores activos.

En la fase **808**, la unidad **300** de control puede determinar que se han cumplido uno o más criterios preestablecidos de terminación. Los criterios de terminación pueden basarse en la finalización de la(s) tarea(s) asignada(s). Los criterios de terminación también pueden basarse en una duración de tiempo (*p. ej.*, un máximo de treinta y seis horas en el tanque **10**), la vida útil de la batería (*p. ej.*, batería descargada hasta el diez por ciento de su capacidad), estado del sistema, estado operativo u otro parámetro preestablecido. Tras determinar que se satisfacen los criterios de terminación, la unidad **300** de control puede iniciar un apagado de la plataforma móvil **100**. Opcionalmente, en la fase **810**, la unidad **300** de control puede instruir a la plataforma móvil **100** para moverse hacia un lugar de recuperación predeterminado.

Debe apreciarse que el método de la Fig. 6A permite a la plataforma móvil **100** atravesar el interior del tanque **10** sin ningún aporte humano “en tiempo real” o “casi en tiempo real”. Es decir, la interacción humana con la plataforma móvil **100** puede terminar después de que la plataforma móvil **100** se libere dentro del tanque **10**. Por lo tanto, la plataforma móvil **100** puede considerarse inteligente en el sentido de que la información relativa al entorno se recoge y procesa de forma autónoma con el fin de atravesar metódicamente el interior del tanque **10**. Debe entenderse que las fases descritas no necesariamente tienen que producirse en el orden descrito. Por ejemplo, la fase **802** puede ocurrir antes, simultáneamente a, o después, de la fase **800**. También se enfatiza que el método de la Fig. 6A es solo uno de los numerosos esquemas de control que pueden usarse para imbuir a la plataforma móvil **100** con un control inteligente. Otros esquemas de control se describen en detalle más adelante.

En la Fig. 7, se muestra una realización no limitativa de un sistema **400** de propulsión según la presente descripción. El sistema **400** de propulsión puede configurarse para proporcionar múltiples grados de libertad de movimiento a la plataforma móvil **100**. Es decir, la plataforma móvil **100** puede cambiar de posición en el tanque **10** (Fig. 1) mediante al menos dos o más tipos de movimiento. Estos movimientos incluyen movimientos lineales tales como acelerar (hacia delante/atrás), levantarse (arriba/abajo) y oscilar (izquierda/derecha) y movimientos de rotación alrededor de un eje tales como inclinación (eje lateral), desviación (eje normal) y rodar (eje longitudinal). El sistema **400** de propulsión puede incluir un dispositivo **402** de alimentación giratorio interno accionado eléctricamente y un montaje **404** de tracción externo. El dispositivo **402** de alimentación giratorio puede incluir un motor apropiado. Un eje **412** de accionamiento se extiende a través de la pared **220** del espacio cerrado a través de una abertura **440** y conecta físicamente el dispositivo **402** de alimentación giratorio interno al montaje **404** de tracción externo. Un sello **414** dispuesto en la pared **220** del espacio cerrado rodea al eje **412** de accionamiento. El sello **414** puede proporcionar, independientemente, una protección de sellado adecuada contra fugas de fluidos del tanque en el interior **208** (Fig. 3) del espacio cerrado. En algunas realizaciones, un presurizador **430** puede liberar un gas presurizado que mantiene o aumenta la presión del fluido en el espacio cerrado **200** (Fig. 3) para que sea igual o superior a la presión del fluido fuera del espacio cerrado **200** (Fig. 3); es decir, un diferencial de presión neutro a positivo. Debe entenderse que también se pueden usar otros tipos de sistemas de propulsión.

Las plataformas móviles **100** de la presente descripción no se limitan a ningún tipo o número particular de montajes de tracción externos. Una plataforma móvil **100** puede utilizar un solo montaje de tracción externo **404** o dos o más montajes **404** de tracción externos. También, el montaje **404** de tracción externo puede incluir engranajes **405** para propulsar uno o más elementos de impulso tales como ruedas **450** como se muestra en la Fig. 7B o rieles **442** como se muestra en la Fig. 5A. Otras disposiciones pueden utilizar hélices o impulsores como elementos de impulso. Así, se puede utilizar cualquier estructura que sea capaz de utilizar el dispositivo de alimentación giratorio para proporcionar el impulso para mover la plataforma móvil **100**. En este documento, cualquier estructura o cuerpo configurado para tal uso puede denominarse elemento de impulso. En algunas realizaciones, los elementos de impulso pueden incluir elementos magnéticos u otro dispositivo que permita que la plataforma móvil **100** suba por paredes verticales o se cuelgue de techos.

Las plataformas móviles **100** de la presente descripción no se limitan a las configuraciones del montaje de tracción interno y externo descritas anteriormente. La Fig. 7 ilustra un elemento de impulso que tiene un dispositivo **402** de alimentación giratorio interno específico. No obstante, en variantes, un sistema **400** de propulsión puede incluir un dispositivo **402** de alimentación giratorio interno que impulsa dos o más montajes **404** de tracción externos. Así, las disposiciones para el sistema **400** de propulsión pueden o no tener una correspondencia entre los dispositivos **402** de alimentación giratorios internos, y los montajes **404** de tracción externos.

En la Fig. 8, la energía para los subsistemas de la plataforma móvil **100** la puede proporcionar el suministro **500** de energía. El suministro **500** de energía puede incluir un banco **502** de batería alojado dentro de una carcasa adecuada **504**. En algunas realizaciones, un suministro **500** de energía energiza todos los subsistemas. En otras realizaciones pueden utilizarse dos o más suministros **500** de energía separados. De forma adicional, los controles electrónicos e implementados por computadora para la descarga de energía pueden realizarse mediante circuitos de procesamiento

adecuados (no mostrados). Generalmente, el suministro **500** de energía suministra energía a un nivel para energizar completamente todos los subsistemas de la plataforma móvil **100** porque la plataforma móvil **100** no tiene una línea activa que suministra energía durante las operaciones. Por “totalmente” energizado, se entiende que un subsistema recibe energía suficiente para ejecutar todas las funciones previstas.

En las **Figs. 9A,B**, se muestra una realización de un módulo **600** de tareas que pueden ser transportado por la plataforma móvil **100** para realizar inspecciones de la pared **16, 18, 20** (**Fig. 1**) de un tanque. El módulo **600** de tareas puede incluir uno o más instrumentos que recopilan información a partir de la cual puede determinarse el grosor de las secciones o segmentos de las paredes que conforman el tanque. En una realización, el módulo **600** de tareas incluye una gama **602** de transductores configurada para dirigir señales acústicas a través de ventanas **232** desde el fondo **206** del espacio cerrado **200**. Las ventanas **232** se pueden sellar con un material (no mostrado) tal como un polímero que es conductor de la energía acústica. Por consiguiente, las ventanas **232** no afectan a la naturaleza hermética del espacio cerrado **200**. En una disposición, la matriz **602** de transductores puede incluir una pluralidad de sensores que emiten señales dentro de la pared **16, 18, 20** (**Fig. 1**) del tanque y detectan los reflejos de estas señales. Sensores ilustrativos incluyen, aunque no de forma limitativa, sensores sónicos, sensores ultrasónicos, detectores de campos magnéticos y detectores de flujo. Las señales detectadas se pueden digitalizar mediante el uso de circuitos adecuados y se pueden transmitirse a la unidad **300** (**Fig. 2**) de control mediante un enlace **604** de comunicación. La unidad **300** (**Fig. 2**) de control puede almacenar la información en un módulo de memoria adecuado para su recuperación posterior. Debe observarse que la matriz **602** de transductores también puede utilizarse para identificar discontinuidades con fines de navegación/guía. El módulo **600** de tareas puede estar soportado por una base adecuada **230** (**Fig. 3B,C**) fijado en el espacio cerrado **200** (**Fig. 3B,C**).

Debe entenderse que el módulo **600** de tareas puede incorporar también otros dispositivos para estimar la condición o estado de una o más características del tanque **10**. Las características pueden ser una o más estructuras que conforman el tanque **10** o una condición ambiental en el tanque **10**. En las **Figs. 2** y **5A-E**, a modo de ejemplos no limitativos, el módulo **600** de tareas puede incluir un sensor de orientación tal como el inclinómetro **328**, un emisor **330** de señal que genera una onda **332** de energía, un detector táctil **335** que está en contacto con una superficie **322**, y/o un detector óptico **340** que inspecciona ópticamente una superficie **322**. Estos instrumentos pueden proporcionar información relativa al estado de las paredes o de otras estructuras del tanque **10** tal como la corrosión, los daños, la integridad estructural, etc. El módulo **600** de tareas también puede incorporar dispositivos para la recuperación de materiales del interior del tanque **10** o para la introducción de materiales en el interior del tanque **10**.

La plataforma móvil **100** puede incluir, opcionalmente, otros mecanismos para permitir funciones adicionales. Otros ejemplos de tales dispositivos se describen en relación con las **Figs. 10** y **11A-D** a continuación.

Con referencia a la **Fig. 10**, se muestra un montaje **250** de interruptor para comunicarse con la plataforma móvil **100** (**Fig. 2**). Por ejemplo, el montaje **250** del interruptor puede usarse para cambiar entre estados de energía, activar o desactivar subsistemas, iniciar instrucciones pre-programadas, etc. El montaje **250** del interruptor es un tipo no momentáneo que no requiere un pasaje al interior **208** del espacio cerrado **200**. Un “interruptor momentáneo” solo se activa mientras se acciona. Un “interruptor no momentáneo” se traba y permanece en una posición establecida. En una realización no limitativa, el montaje **250** del interruptor puede tener un elemento **251** de palanca colocado sobre o cerca de una superficie exterior del espacio cerrado **200**. El elemento **251** de palanca puede tener un elemento **252** magnético externo, o un material magnético tal como el hierro, y que se puede desplazar entre dos posiciones, *p. ej.*, una posición “off” **254** y una posición “on” **256** (mostrado en líneas ocultas). El movimiento puede ser de rotación y/o traslación. Sellado dentro del espacio cerrado **200** se encuentra un sensor **258** que puede detectar un campo magnético, tal como un sensor de tipo efecto Hall o un interruptor de láminas. Al desplazar el montaje del interruptor **250** de la posición “off” **254** a la posición “on” **256** el sensor **258** transmite una señal **260** a la unidad **300** de control [**Fig. 2**]. Otros interruptores no momentáneos pueden utilizar activación por presión o una señal de comando (*p. ej.*, onda acústica).

En las **Figs. 1, 2, y 10**, en un método de funcionamiento no limitativo, el montaje **250** del interruptor se mueve a la posición “on” mientras la plataforma móvil **100** está fuera del tanque **10** (**Fig. 1**). La señal **260** recibida por la unidad **300** de control desde el montaje **250** del interruptor ordena a la unidad **300** de control que cambie de un modo sin energía, de baja potencia o de reposo a un modo de mayor consumo de energía, tal como un modo de “inicio del funcionamiento”. El modo “inicio del funcionamiento” puede comenzar con una verificación del sistema, cuya conclusión exitosa puede indicarse mediante una señal de audio, visual, mecánica (*p. ej.*, choque, vibración, impacto, presión, movimiento físico, etc.) o electromagnética (EM). A continuación, la unidad **300** de control puede iniciar una duración preestablecida para un modo silencioso de, digamos, treinta minutos. En el modo silencioso, la unidad **300** de control permanece funcionalmente inactiva mientras la plataforma móvil **100** se coloca en el tanque **10**. Al final del modo silencioso, la unidad **300** de control puede entrar en un período donde se monitorea la inactividad. Por ejemplo, se puede utilizar un sensor de movimiento a bordo, tal como un acelerómetro, para detectar si la plataforma móvil **100** está en movimiento. Si se ha determinado que la plataforma móvil **100** está inmóvil durante un tiempo preestablecido, *p. ej.*, treinta minutos, la unidad **300** de control puede comenzar a funcionar, que puede ser el modo de mayor consumo de energía. Hay que destacar que el montaje del interruptor descrito y el método para comenzar las operaciones es solamente uno de varios dispositivos y métodos que pueden utilizarse para preparar la plataforma móvil **100** (**Fig. 2**) para su funcionamiento.

En la **Fig. 11 A**, se muestra una realización no limitativa de un módulo **700** de recuperación que puede utilizarse para recuperar la plataforma móvil **100** desde el tanque **10** tras la finalización de las operaciones. Como se ha indicado anteriormente, la plataforma móvil **100** puede sumergirse completamente, quizás por varios pies, dentro de un líquido contenido en el tanque **10** (**Fig. 1**). El módulo **700** de recuperación puede liberar una boya que puede flotar sobre o debajo de la superficie del líquido para facilitar su ubicación y recuperación. En una realización, el módulo **700** de recuperación incluye un cuerpo flotante **702** que tiene un compartimento interior **704** en el que se almacena una correa **706** de sujeción. El cuerpo **702**, aunque se muestra como cilíndrico, puede tener cualquier forma o tamaño. El cuerpo **702** puede estar formado por uno o varios materiales que permiten que el cuerpo **702** flote en el líquido circundante. Opcionalmente, el cuerpo **702** puede ser inflable con un gas. Por ejemplo, el cuerpo **702** puede conformar una bolsa o vejiga expandible que puede aumentar de volumen mediante gas presurizado. Un mango **708** u otro saliente adecuado, tal como un ojal, puede fijarse a una superficie exterior del cuerpo **702**. El cuerpo **702** puede incluir también uno o más elementos magnéticos **710** dispuestos en una parte inferior y muy próximos a la superficie exterior del espacio cerrado **200**. En realizaciones, también puede ser adecuado un acero magnético. Puede haber uno o más electroimanes **712** sellados dentro del espacio cerrado **200**. Los electroimanes **712** pueden conectarse eléctricamente a la unidad **300** (**Fig. 2**) de control y al suministro **500** (**Fig. 2**) de energía a través de una o más líneas **214**. Los elementos magnéticos **710**, los electroimanes **712**, y la unidad **300** de control forman un montaje **715** de pestillo que utiliza una fuerza magnética para liberar de forma selectiva el cuerpo flotante **702**.

Durante el funcionamiento, el montaje **715** de pestillo está en una posición bloqueada, en donde los electroimanes **712** se mantienen energizados de manera que se mantiene una conexión magnética con los elementos magnéticos **710**. De esta manera, el cuerpo flotante **702** se fija al espacio cerrado **200**. En el momento adecuado, la unidad **300** de control desplaza el montaje **715** de pestillo a la posición liberada en donde los electroimanes **712** se desenergizan al terminar la energía eléctrica, lo que elimina la conexión magnética. El cuerpo flotante **702** flota hacia o cerca de la superficie del líquido en el tanque **10** (**Fig. 1**). La correa **706** de sujeción conecta el cuerpo **702** a la plataforma móvil **100**. Por lo tanto, la plataforma móvil **100** se puede recuperar tirando de la correa **706** de sujeción o utilizando la correa **706** de sujeción como guía para ubicar físicamente la plataforma **100** móvil sumergida. Cuando la correa **706** de sujeción se usa como un soporte de recuperación, entonces la correa de sujeción **706** puede utilizar materiales y estructuras que proporcionan capacidad de carga adecuada para soportar la plataforma móvil **100**.

En la **Fig. 11B** se muestra de forma esquemática otra realización no limitativa de un módulo **700** de recuperación que puede utilizarse para recuperar la plataforma móvil **100** del tanque **10** tras la finalización de operaciones. En esta realización, el módulo **700** de recuperación incluye un cuerpo flotante **702**, un mango u otro elemento **708** similar de manipulación, y uno o más pestillos **724** accionados electromagnéticamente. Los pestillos **724** pueden acoplarse positivamente a un borde **730** del cuerpo flotante **702** y de este modo fijar el cuerpo flotante **702** contra el espacio cerrado **200**. Los pestillos **724** pueden desplazarse entre una posición bloqueada y desbloqueada utilizando accionadores **726** de tipo electromagnético. En la realización ilustrada, los pestillos **724** se apartan del borde **730** en la dirección mostrada por las flechas **728** cuando los accionadores electromagnéticos **726** se energizan. Es posible utilizar otros modos de movimiento o desplazamiento; *p. ej.*, giratorio, pivotante, etc. Opcionalmente, un montaje **250** de interruptor puede fijarse a uno de los pestillos **724**. El montaje **250** de interruptor puede ser similar al que se muestra en la **Fig. 10**. En una disposición, cuando los pestillos **724** están en la posición cerrada como se muestra, el montaje **250** de interruptor está en la posición "on". Cuando los pestillos **724** se desplazan a la posición abierta para liberar el cuerpo flotante **702**, el montaje **250** de interruptor se desplaza a la posición "off", como se muestra en líneas ocultas. Debe observarse que en la realización de la **Fig. 11A** también se puede usar un montaje de pestillo que tiene uno o más pestillos y accionadores electromagnéticos.

El módulo **700** de recuperación de la **Fig. 11B** utiliza una correa **736** de sujeción externa de dos fases que incluye una correa **738** de primera fase relativamente ligera y una correa **740** de segunda fase relativamente más fuerte. La correa **738** de primera fase puede estar conectada por un elemento flexible **742**, tal como un cable, al cuerpo **702**. El material de la correa **738** de primera fase se selecciona para que sea suficientemente ligero como para no afectar a la flotabilidad del cuerpo **702** pero lo suficientemente fuerte para soportar el peso de la correa **740** de segunda fase a medida que la correa **740** de segunda fase se desenrolla y se recupera. El material de la correa **740** de segunda fase se selecciona para que sea lo suficientemente fuerte como para soportar el peso de la plataforma móvil **100** durante la recuperación. La correa **740** de segunda fase también puede ser denominada como un soporte de recuperación. Así pues, cada correa **738**, **740** puede tener diferentes capacidades de carga (*p. ej.*, carga de tensión). Como consecuencia, mientras que un cable de polímero puede ser adecuado para la correa **738** de primera fase, un cable de metal puede ser más apropiado para la correa **740** de segunda fase. Sin embargo, cualquier tipo de material puede usarse para la correa **738**, **740** de cualquiera de las fases, siempre y cuando se cumplan sus requisitos de carga respectivos.

La **Fig. 11B** integra además en el funcionamiento del módulo **700** de recuperación la paralización de la plataforma móvil **100**. Puede haber uno o más electroimanes **726** sellados dentro del espacio cerrado **200**. Los electroimanes **726** pueden conectarse eléctricamente a la unidad **300** de control y al suministro **500** de energía a través de una o más líneas **214**. Cuando la plataforma móvil **100** está en funcionamiento, los electroimanes **726** mantienen los pestillos **724** en la posición bloqueada. De esta manera, el cuerpo flotante **720** se fija al espacio cerrado **200**. En el momento adecuado, los electroimanes **726** se pueden desenergizar al terminar la energía eléctrica, lo que elimina la conexión magnética. El cuerpo flotante **702** flota entonces hacia la superficie del líquido en el tanque **10** (**Fig. 1**). Al mismo tiempo, los pestillos

724 se mueven a la posición desbloqueada, el montaje 250 del interruptor se desplaza a la posición “off”, que paraliza la plataforma móvil 100. A continuación, la plataforma móvil 100 puede recuperarse tirando en primer lugar de la correa 738 de primera fase para recuperar la correa 740 de segunda fase y a continuación levantando la plataforma 100 móvil sumergida utilizando la correa 740 de segunda fase. Debe observarse que un montaje 250 de interruptor también puede integrarse con el módulo de recuperación de la realización de la Fig. 11A.

Las Figs. 11C-D, muestran dispositivos que pueden usarse para facilitar el despliegue y/o la recuperación de una plataforma móvil 100. La Fig. 11C ilustra de forma esquemática un montaje 760 de despliegue que incluye un muelle 762 conectado a un soporte 764. La plataforma móvil 100 se puede conectar al muelle 762 mediante el uso de un acoplamiento mecánico y/o magnético 763. Opcionalmente, el montaje 760 de despliegue puede incluir un radiofaro 766 emisor de señal que emite una onda 768, tal como una onda electromagnética o acústica. El soporte 764 puede ser una línea física pasiva, tal como un cable, alambre o cuerda. Por “pasiva” se entiende que el soporte 764 no transmite señales, fluidos presurizados o energía. El soporte 764 tiene suficiente resistencia a la tracción para transportar el montaje 760 de despliegue y la plataforma móvil 100 dentro del tanque 10. En un modo de uso, el montaje 760 de despliegue y la plataforma móvil 100 se pueden bajar juntos dentro de un tanque 10. A continuación, la plataforma móvil 100 se desacopla desde el muelle 762 y se mueve libremente, como se muestra en líneas ocultas. El montaje 760 de despliegue puede extraerse del tanque 10 o permanecer en él durante las operaciones. Si el montaje 760 de despliegue permanece en el tanque 10 durante las operaciones, el soporte 764 puede proporcionar una conexión pasiva física entre el muelle 762 y un objeto (no mostrado) dentro o fuera del tanque 10. Tras completar las operaciones, la plataforma móvil 100 puede volver y conectarse de nuevo al muelle 762 para su recuperación, o recuperarse de otra manera. En algunas realizaciones, el soporte 764 puede utilizarse sin el muelle 762 para desplegar y/o recuperar la plataforma móvil 100. Es decir, el soporte 764 puede configurarse para funcionar como un soporte de despliegue y/o un soporte de recuperación.

Si está presente, el radiofaro 766 puede emitir una señal que la plataforma móvil 100 puede usar para navegación u otros propósitos. Debe entenderse que el radiofaro 766 es meramente representativo de cualquier número de dispositivos que pueden ser transportados por el muelle 762. Por ejemplo, una unidad de control (no mostrada) puede ser transportada por el muelle 762 y comunicarse con la plataforma móvil 100.

La Fig. 11D ilustra de forma esquemática un soporte pasivo 780 que permanece conectado a la plataforma móvil 100 durante las operaciones en el tanque 10. El soporte pasivo 780 puede ser una cuerda, alambre, cable u otro elemento de soporte de tensión que puede usarse para mover o simplemente ubicar la plataforma móvil 100. Como se mencionó anteriormente, un soporte pasivo no comunica ninguna energía, señales o materiales (p. ej., gas presurizado) a o desde la plataforma móvil 100. Más bien, el soporte 780 puede proporcionar una conexión física y pasiva a un objeto dentro o fuera del tanque 10. Por lo tanto, el soporte 780 puede actuar como un mecanismo de despliegue y/o de recuperación o una línea que permite localizar la plataforma móvil 100.

Haciendo referencia ahora a las Figs. 12A-B, se muestra otra realización de una plataforma móvil inteligente 100 según la presente descripción. Similar a la realización de la Fig. 2, la plataforma móvil 100 incluye un espacio cerrado 200, una unidad 300 de control, un sistema 400 de propulsión, un suministro 500 de energía, y un módulo tareas 600. La tapa 204 del espacio cerrado 200 se muestra solamente en la Fig. 12B para ilustrar mejor el interior 208 en la Fig. 12A. Los detalles y variantes del espacio cerrado 200, el sistema 400 de propulsión, el suministro 500 de energía, y el módulo 600 de tareas se han descrito en detalle anteriormente. La realización de la Fig. 12A incluye un interruptor 250 no momentáneo como se describe en conexión con la Fig. 10 y un módulo 700 de recuperación como se describe en conexión con la Fig. 11A-B. Puede fijarse un ojal 240 a la tapa 204. El ojal 240 puede ser cualquier bucle, gancho u otro cuerpo al que se pueda conectar de forma liberable un dispositivo de elevación/manipulación. La unidad 300 de control de la realización de las Figs. 12A-B se describe a continuación.

En la Fig. 13, la unidad 300 de control de la plataforma móvil de las Figs. 12A-B incluye un módulo 304 de navegación que tiene dos o más tipos distintos de instrumentos de detección. El primer instrumento de detección es un detector 306 de marcadores que detecta las discontinuidades como se ha descrito anteriormente en relación con las Figs. 4-5E. El segundo instrumento de detección puede ser un sensor dinámico 380 que estima uno o más parámetros de navegación. Como se utiliza en la presente memoria, un parámetro de navegación caracteriza una posición absoluta y/o relativa de la plataforma móvil 100 en un sistema de coordenadas deseado (p. ej., espacio x/y, espacio definido por coordenadas polares) y/u orientación (p. ej., dirección encarada, inclinación, etc.). Por ejemplo, el sensor dinámico 380 puede calcular un parámetro, tal como una distancia recorrida, un grado de rotación, aceleración, inclinación y/o cambios relativos en la dirección del movimiento. Si bien se utiliza en singular, debe entenderse que el sensor dinámico 380 puede comprender un conjunto de dos o más sensores diferenciados y separados, cada uno de los cuales proporciona información diferente. Los sensores dinámicos adecuados incluyen, aunque no de forma limitativa, odómetros, sensores de RPM, inclinómetros, giroscopios y acelerómetros. Otros sensores dinámicos pueden detectar parámetros operativos de motores, transmisiones y controladores de motor (no mostrados). La información de un sensor dinámico 380 se puede utilizar para dirigir la plataforma móvil 100 (Figs. 12A-B), en una dirección deseada, reducir su movimiento errático, superar obstáculos y/o identificar las ubicaciones de interés (p. ej., un punto de recuperación).

Algunos de los usos para la información proporcionada por el sensor dinámico 380 pueden ilustrarse con referencia a la Fig. 14, que muestra una parte de la pared inferior 18 de un tanque formada por placas de acero, un obstáculo tal como un pilar

26, y un punto 382 de recuperación. En las Figs. 12A-B y 13, durante su funcionamiento, la plataforma móvil 100 puede seguir un recorrido que tiene un tramo 384. La plataforma móvil 100 puede haber comenzado en el tramo 384 cuando el detector 306 de marcadores ha detectado una discontinuidad 320. A partir de ahí, el sensor dinámico 380 puede proporcionar información que se puede utilizar para emitir instrucciones de dirección para dirigir a la plataforma móvil 100 a lo largo del tramo 384. Por lo tanto, por ejemplo, el sensor dinámico 380 puede detectar si la unidad móvil 100 se ha desplazado hacia la izquierda o la derecha desde una dirección deseada y cuantificar la cantidad de variación desde la dirección deseada. Se pueden emitir comandos de dirección correctores basados en esta información.

Durante su funcionamiento, la plataforma móvil 100 puede encontrarse con varios obstáculos. Un obstáculo común es un pilar 26. Otros obstáculos incluyen sumideros, paredes, estructuras de refuerzo, escombros, juntas, etc. Como se ha indicado anteriormente, algunos son conocidos mientras que otros han entrado al tanque 10 involuntariamente. La plataforma móvil 100 se puede programar para gestionar tales obstrucciones con el uso de una variedad de técnicas. Por ejemplo, tras encontrar el obstáculo 26, el algoritmo de la dirección puede dirigir a la plataforma móvil 100 para cambiar gradualmente su dirección con el fin de maniobrar alrededor del obstáculo 26 hasta que la plataforma móvil 100 ha vuelto a una dirección del tramo anterior 384. Después, la plataforma móvil 100 comienza el siguiente tramo 386.

El retorno a la dirección del tramo anterior 384 está habilitado mediante la información proporcionada por el sensor dinámico 380. Por ejemplo, el sensor dinámico 380 puede determinar el grado de rotación y la distancia recorrida durante la maniobra. De forma adicional, cuando se satisfacen los criterios preestablecidos, tales como la conclusión de la tarea, el sensor dinámico 380 puede proporcionar información para dirigir la plataforma móvil 100 al punto 382 de recuperación. Por ejemplo, el sensor dinámico 380 puede determinar el grado de rotación requerido para dirigirse hacia el punto 382 de recuperación y la distancia recorrida al dirigirse al punto 382 de recuperación.

Debe entenderse que la plataforma móvil 100 no comprende necesariamente todas las características y componentes descritos anteriormente dentro de un solo espacio cerrado. En lugar de ello, en algunas realizaciones, los componentes descritos anteriormente pueden estar dispersos en dos o más espacios cerrados separados que pueden estar físicamente unidos entre sí. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un espacio cerrado que tiene solo un suministro 500 de energía, un sistema 400 de propulsión, y un módulo 600 de tareas están en un espacio cerrado móvil, y el resto de los componentes, tales como la unidad 300 de control, están en un espacio cerrado separado.

Un modo ilustrativo de uso de la plataforma móvil de las Figs. 12A-B se describirá con referencia a las Figs. 15 y 16A,B. La Fig. 15 es un diagrama de flujo que identifica las diversas fases mediante las cuales se usa la plataforma móvil 100 para realizar una o más funciones en un tanque 10. La Fig. 16A ilustra de forma esquemática la plataforma móvil 100 durante la inserción en un tanque 10 y durante la operación y la Fig. 16B ilustra de forma esquemática la plataforma móvil 100 lista para su recuperación una vez finalizadas las operaciones. Aunque no siempre es el caso, el tanque 10 se muestra lleno de un líquido 12, tal como un hidrocarburo, a un nivel que sumerge completamente la plataforma móvil 100. Por encima del cuerpo líquido 12 se encuentra un cuerpo gaseoso 14, que también puede ser un hidrocarburo. Otras sustancias, tales como suciedad y restos, también pueden encontrarse en el tanque 10.

En la fase 850, la plataforma móvil 100 se activa cuando está fuera del tanque 10, tal como utilizando el interruptor 250, para entrar en un modo previo al funcionamiento. En este momento, la unidad 300 de control puede iniciar uno o más barridos de diagnóstico y proporcionar una indicación a un equipo de trabajo de que los sistemas a bordo son funcionales. A continuación, la unidad 300 de control puede entrar en un modo silencioso mientras el equipo de trabajo inserta la plataforma móvil 100 en el tanque a través de la escotilla 24 en la fase 852. La plataforma móvil 100, mostrada en líneas ocultas en la Fig. 16A, puede bajarse dentro del tanque usando un soporte 50 de despliegue y una estructura de refuerzo (no mostrados) adecuados. El soporte de despliegue puede ser un soporte no rígido tal como una correa de sujeción, que puede comprender una cuerda, cable, cadena, etc. En otras realizaciones, el soporte de despliegue puede ser rígido, tal como una tubería, un poste o un tubo. En la fase 854, después de que la plataforma móvil 100 se apoya en la pared inferior 18 del tanque, el soporte 50 de despliegue se desacopla y se recupera y la escotilla 24 se puede cerrar.

En la fase 856, la plataforma móvil 100 puede ejecutar una fase de “cuenta atrás”, durante la cual la plataforma móvil 100 monitorea una o más entradas, tales como el tiempo y/o el movimiento, para determinar si ingresa o no a un modo de operación completo.

Al decidir entrar en el modo de operación completo, la unidad 300 de control puede energizar los subsistemas necesarios y comenzar la ejecución de la(s) tarea(s) preasignada(s). Cabe señalar que la plataforma móvil 100 no ha requerido un enlace de comunicación con operadores, personas o de cualquier otra forma, que están fuera del tanque 10. Así pues, la unidad de control puede tomar todas las decisiones requeridas durante las operaciones 300 utilizando instrucciones pre-programadas y obteniendo información relevante, es decir, de manera inteligente. Sin embargo, en algunas variantes, las personas o las máquinas ubicadas fuera del tanque pueden interactuar con la plataforma móvil 100. Por ejemplo, se puede golpear la pared del tanque 10 para transmitir una señal de comando acústica a la plataforma móvil 100 (p. ej., “encender”, “apagar”, “volver a la ubicación de recuperación”, “cambiar los modos de funcionamiento”, “transmitir una señal”, etc.).

Establecer la dirección de la plataforma móvil **100**, en la fase **858**, puede incluir localizar una o más discontinuidades usando el detector **306** de marcadores, como se describe en referencia a las **Figs. 4-6A**, y estimar uno o más parámetros de navegación utilizando los sensores dinámicos como se describe en relación con las **Figs. 13-14**. La unidad **300** de control procesa esta información para atravesar el interior **22** del tanque usando una metodología predeterminada. Debe observarse que la plataforma móvil **100** no tiene conexión física activa después del despliegue, tal como se muestra en la **Fig. 16A,B**. Específicamente, no se comunica ninguna energía (p. ej., electricidad), señales de datos o materiales tales como gases presurizados a la plataforma móvil **100** a través de un alambre, cuerda, cable, palo, tubo, tubería, o cualquier otro soporte portador rígido o no rígido desde una ubicación externa al tanque **10**. Por lo tanto, como se utiliza en la presente memoria, una línea o soporte “activo” es uno que comunica o transmite energía, materiales o señales de datos mientras la plataforma móvil **100** está en el tanque **10**. Como se ha indicado anteriormente, la plataforma móvil **100** puede tener un soporte pasivo como se explicó en relación con las **Figs. 11C-D**. Una línea o soporte “pasivo” es uno que no comunica o transmite energía, materiales, o señales de datos mientras la plataforma móvil **100** está en el tanque **10**.

La fase **860**, que puede implementarse para operaciones que implican inspecciones del tanque, puede llevarse a cabo al mismo tiempo que la fase **858**. Utilizando el dispositivo de detección como se describe en conexión con la **Fig. 13**, la plataforma móvil **100** explora una o más paredes del tanque **10** utilizando un módulo de inspección tal como el módulo **600** de tareas mostrado en la **Fig. 9A-B**. El módulo **600** de tareas y la unidad **300** de control pueden recopilar, organizar, y procesar la información necesaria para generar una base de datos de los grosores de la pared de las áreas inspeccionadas del tanque **10**. La base de datos puede incluir los grosores de todas las secciones de la pared inferior **18** del tanque o los grosores de solo las ubicaciones/secciones que están “fuera de la norma”; (*es decir*, diferentes de un valor o intervalo especificado). Las paredes que se inspeccionan incluyen, típicamente, la pared inferior **18** del tanque. Debe observarse que para las inspecciones, el dispositivo de detección utilizado para inspeccionar las paredes del tanque **10**, tales como sensores ultrasónicos, también puede utilizarse como un detector **306** de marcadores.

En un método no limitativo, la plataforma móvil **100** realiza la actividad de exploración ubicando primero los bordes, o laterales, que definen un perímetro de una placa. Por ejemplo, la plataforma móvil **100** puede ubicar primero una esquina de la placa mediante el rastreo de un borde hasta encontrar otro borde, lo que identifica la esquina. El rastreo se puede realizar de varias maneras, incluido el seguimiento de un recorrido inverso (*p. ej.*, zigzag) a lo largo de un borde detectado. A continuación, la plataforma móvil **100** puede dirigirse de forma paralela a uno de los bordes de esa esquina para localizar la esquina opuesta. La localización de la otra esquina establece entonces la posición de dos bordes paralelos y un borde perpendicular de la placa. La plataforma móvil **100** puede moverse de forma gradual a lo largo de los bordes paralelos para ubicar las esquinas restantes de la placa. A continuación, la plataforma móvil **100** puede iniciar una exploración del grosor de la pared de esa placa. Una vez completado, el proceso se puede repetir para otra placa. En otro método no limitativo, la plataforma móvil **100** puede identificar primero los bordes de todas las placas que forman la pared inferior **18** del tanque **10**. Después, la plataforma móvil **100** puede explorar cada una de las placas. Debe observarse que los múltiples grados de libertad a lo largo de los cuales el sistema **100** de propulsión puede mover la plataforma móvil **100** permiten una ejecución eficaz de la tarea anterior, así como de otras tareas.

En la fase **862**, la plataforma móvil **100** comienza la terminación de las operaciones. La terminación puede activarse utilizando cualquier número de condiciones. Estas condiciones pueden estar relacionadas con la calidad y/o cantidad de información obtenida durante las inspecciones, la finalización de las tareas asignadas, los niveles de alimentación restantes, consideraciones operativas tales como posibles fallos en el funcionamiento, etc. Una secuencia de terminación ilustrativa puede incluir la navegación hasta una ubicación de recuperación predeterminada. Esta ubicación puede estar por debajo de la escotilla **24**. De forma alternativa, si la plataforma móvil **100** tiene unidades de accionamiento externas de tipo magnético, la plataforma móvil **100** puede conducirse a una ubicación próxima a la escotilla **24**. Las unidades de accionamiento externas de tipo magnético (no mostradas) permitirán a la plataforma móvil **100** colgarse eficazmente al revés desde la pared superior **16**. Aún otras secuencias pueden incluir permanecer simplemente en su sitio y transmitir una señal que identifica la ubicación de la plataforma móvil **100**. La plataforma móvil **100** se puede recuperar mediante un enganche o conexión conectado a un soporte adecuado, *p. ej.*, el soporte **50 de despliegue**. De esta manera, el soporte **50** de despliegue puede usarse también para recuperar la plataforma móvil **100**. La plataforma móvil **100** también puede recuperarse utilizando una plataforma móvil de recuperación separada (*p. ej.*, el montaje **760** de despliegue de la **Fig. 11C**) que puede conectarse a la plataforma móvil **100**.

La fase **864** se puede utilizar para una plataforma móvil que incluye un módulo **700** de recuperación, tal como se muestra en las **Figs. 11A-B**. Después de moverse a una ubicación de recuperación o permanecer en su lugar, la plataforma móvil **100** libera el cuerpo flotante **702**. El cuerpo flotante **702** flota hasta la superficie del cuerpo líquido o hasta una profundidad por debajo de la superficie. Opcionalmente, el cuerpo flotante **702** puede emitir una señal, fluorescencia, y/o iluminarse. Finalmente, la plataforma móvil **100** puede accionar todos los subsistemas, excepto cualquier dispositivo en el cuerpo flotante **702** que emite una señal. En la fase **866**, el equipo de trabajo puede extraer la plataforma móvil **100** conectando un soporte de recuperación, tal como un cable o palo, al cuerpo flotante **702** u otra parte de la plataforma móvil **100**. De forma alternativa, la plataforma móvil **100** se puede recuperar utilizando una correa de sujeción liberada, tal como se describe en relación con las **Figs. 11 A, B**.

La unidad **300** de control puede iniciar el “apagado total” de la plataforma móvil **100** en la fase **864**. De forma alternativa, un módulo **700** de recuperación como se muestra en la **Fig. 11B** puede utilizarse para liberar simultáneamente el cuerpo **702**

de recuperación y apagar la plataforma móvil **100**. Por “apagado total” se entiende que la plataforma móvil **100** está en un estado en el que no se transmite energía a ningún subsistema, y en el que ningún subsistema consume energía o que ningún subsistema consume energía a un nivel que podría generar potencialmente una chispa.

5 En algunas realizaciones, uno o más elementos o componentes de la plataforma móvil **100** pueden permanecer en el tanque **10** tras la recuperación. Por ejemplo, la plataforma móvil **100** puede depositar un objeto que funciona como un marcador activo o pasivo para identificar un punto de recuperación. El objeto que queda atrás también puede ser un módulo de tarea gastado, un remanente de un soporte de despliegue o de recuperación u otro componente que no requiere recuperación.

10 Entre las muchas ventajas de las enseñanzas de la presente descripción, se debe observar al menos lo siguiente. Por una parte, que no se requirió la presencia humana dentro o fuera del tanque **10** para operar la plataforma móvil **100**. Otra ventaja es que la plataforma móvil **100** realizó la inspección mientras el tanque **10** contenía líquidos. Así pues, los propios tanques pueden continuar usándose como habitualmente sin interrupciones en el servicio. Otra ventaja más es que el tanque **10** está sellado por la escotilla **24** durante el funcionamiento, lo que evita que la sustancia energética **14** se escape al entorno circundante. Por lo tanto, una chispa que ocurra en el exterior del tanque **10**, *p. ej.*, cerca de la escotilla **24**, no puede inflamar la sustancia energética **12**, **14** dentro del tanque **10**.

20 En las **Figs. 16A y B**, debe apreciarse que las realizaciones de la presente descripción que utilizan dispositivos de detección ultrasónica funcionarán con mejor resolución debido a que la plataforma móvil **100** se sumerge de tal forma que un cuerpo líquido se extiende entre la plataforma móvil **100** y una o más superficies del tanque **10**. El cuerpo líquido entre los sensores ultrasónicos y una pared del tanque proporciona un medio de transmisión de ondas muy eficaz a través del cual se puede transmitir energía acústica. Notablemente, este cuerpo o capa líquida no está presente cuando se realizan inspecciones por personal humano en el aire. De forma adicional, la capacidad de la plataforma móvil **100** para funcionar mientras está completamente sumergida también puede permitir actividades adicionales. Por ejemplo, la plataforma móvil **100** puede utilizar receptores acústicos para detectar sonidos asociados con el fluido de fuga. Para la detección acústica, la plataforma móvil **100** puede entrar en modo semi-silencioso en el que el movimiento se detiene y cualquier subsistema que genera ruido se apaga. En este modo semi-silencioso, los receptores acústicos monitorean el cuerpo líquido circundante en busca de señales acústicas causadas por fugas del fluido fuera del tanque **10**.

30 Debe apreciarse que las realizaciones de la presente descripción que usan las combinaciones ya descritas de restricciones de tamaño y peso pueden facilitar la manipulación y despliegue de la plataforma móvil **100** mientras también se reduce el riesgo de dañar el tanque en el que se realiza una tarea.

35 Aunque la fase **860** del método de la **Fig. 15** correspondía a la exploración de las paredes del tanque **10** para determinar grosores, debe entenderse que el método de la **Fig. 15** también puede utilizarse para ejecutar tareas relacionadas y no relacionadas con las inspecciones. Por ejemplo, pueden llevarse a cabo otros métodos de inspección tales como exploraciones visuales. Por ejemplo, las cámaras pueden usarse para recopilar imágenes visuales de las paredes del tanque tales como los laterales **20** y/o el fondo **18**.

40 Los sistemas descritos anteriormente y los métodos relacionados utilizaban discontinuidades asociadas con el tanque **10** (**Fig. 1**) como marcadores de navegación, o simplemente “marcadores” para controlar el movimiento. Las superposiciones de soldaduras y placas que representan estas discontinuidades se formaron durante el acoplamiento de los paneles de acero y, por lo tanto, pueden considerarse elementos estructurales del tanque **10**. Por lo tanto, las realizaciones descritas anteriormente se puede considerar que atraviesan inteligentemente un interior de un tanque **10** utilizando marcadores estructurales. Sin embargo, otras realizaciones de la presente descripción pueden utilizar otros tipos de marcadores.

50 Con referencia ahora a la **Fig. 17**, se muestran varios tipos de marcadores que pueden usarse para controlar el movimiento de la plataforma móvil **100** en el tanque **10**. Al interactuar con estos marcadores, la unidad **300** (**Fig. 2**) de control adquiere una conciencia de la ubicación y/u orientación de la plataforma móvil **100** con respecto a una ubicación determinada en el tanque **10**.

Un marcador estructural tal como una discontinuidad puede considerarse un marcador pasivo. Por pasivo, se entiende que el marcador es inerte y no genera una señal detectada por la plataforma móvil **100**. Otro tipo de marcador son los objetos **902a,b,c,d** emisores de energía o “marcadores activos”, que emiten una señal magnética, electromagnética, acústica y/u óptica. Los marcadores activos se pueden colocar dentro y/o fuera del tanque **10**. Por ejemplo, la **Fig. 17** representa marcadores activos internos **902a,b** y marcadores activos externos **902c,d**. Los marcadores activos se pueden utilizar en una variedad de metodologías. Por ejemplo, la plataforma móvil **100** puede usar un marcador activo interno central como un radiofaro direccional para identificar una ubicación particular en el tanque **10**. La plataforma móvil puede usar dos o más marcadores activos separados entre sí **100** para localizarse a sí misma y/o una dirección dentro del tanque **10**.

60 En algunas realizaciones, un marcador no se fija rígidamente al tanque **10**. Por ejemplo, un marcador **910** puede flotar en un cuerpo líquido **12**. El marcador **910** puede flotar en la superficie o estar sumergido a una profundidad seleccionada por debajo de la superficie. Opcionalmente, una correa **912** de sujeción puede conectar el marcador **910** al tanque **10**. El marcador **910** puede estar activo; *p. ej.*, transmitir una señal de energía tal como una onda

acústica. El marcador **910** también puede ser pasivo; *p. ej.*, colgarse a una profundidad lo suficientemente baja como para permitir el contacto con la plataforma móvil **100**.

Las **Figs. 18A-B** son diagramas de flujo de diversas metodologías de navegación y guía que pueden usar los marcadores descritos anteriormente.

En las **Figs. 12A-B, 13, 17** y la **Fig. 18A**, la unidad **300** de control procesa señales de marcadores activos para generar señales de comando para operar la plataforma móvil **100**. Por ejemplo, en la fase **1100**, el detector **306** de marcadores puede detectar señales distintas emitidas por una pluralidad de marcadores internos y/o externos **902 a-d**. En la fase **1102**, la unidad **300** de control puede procesar las señales para estimar una posición actual de la plataforma móvil **100**. Opcionalmente, la unidad **300** de control también puede utilizar información previamente programada tal como las dimensiones del tanque **10**, las ubicaciones relativas de los marcadores activos **902 a-d**, así como los parámetros de navegación tales como información en tiempo real relativa a la orientación y la dirección del movimiento obtenida por sensores dinámicos **380**. En la fase **1104**, la unidad **300** de control emite una señal de comando a un subsistema tal como un sistema **400** de propulsión o el módulo **600** de tareas.

Haciendo referencia todavía a las **Figs. 12A-B, 13, y 17**, en los métodos de la **Fig. 18A** y la **Fig. 18B**, la unidad **300** de control puede tener uno o más módulos **390, 392** de memoria. El módulo **390** de memoria almacena información recopilada durante el funcionamiento. Esta información puede actualizarse dinámicamente e incluir información tal como la posición de los marcadores y la posición/dirección/orientación actuales de la plataforma móvil **100**. El módulo **390** de memoria también puede almacenar datos medidos indicativos del grosor de las paredes **16, 18, 20** del tanque **10**. El módulo **392** de memoria puede incluir datos pre-programados a los que puede accederse mientras la plataforma móvil **100** está funcionando. Los datos pre-programados pueden ser una representación digital (o mapa) de un patrón de discontinuidad de una o más paredes del tanque **10**. La discontinuidad puede ser el patrón de soldadura/superposición de una o más paredes **26, 18, 20** del tanque **10**. Esta información puede haberse obtenido durante una operación previa en el tanque. En la fase **1200**, el detector **306** de marcadores puede detectar la discontinuidad y generar señales de respuesta. En la fase **1202**, la unidad **300** de control puede procesar las señales del detector de marcadores junto con la información en el mapa almacenado para calcular una posición actual y/u orientación de la plataforma móvil **100**. En la fase **1204**, la unidad **300** de control emite una señal de comando a un subsistema tal como un sistema **400** de propulsión o un módulo **600** de tareas.

Otros esquemas de navegación y guía pueden definir un punto y una línea, tal como un borde que conduce a la pared de un tanque o a través de dos puntos cualquiera. Una plataforma móvil **100** que utiliza dicho esquema podrá tener una unidad **300** de control programada para estimar distancias recorridas utilizando la “navegación por estima” (*p. ej.*, contando las revoluciones de la rueda). Pueden utilizarse unos sensores adecuados en el sistema **400** de propulsión para detectar cuando el progreso ha sido impedido por un obstáculo (*p. ej.*, varianza de potencia) y/o desplazamiento razonablemente recto sin referencias externas (*p. ej.*, sensores de RPM en las ruedas, eje de accionamiento, rotor u otro elemento giratorio del sistema de propulsión). Opcionalmente, puede usarse una unidad de navegación interna para suplementar la navegación. La unidad **300** de control puede programarse para generar un “mapa” y proceder metódicamente a través del tanque **10** consultando el mapa y llevando a cabo la navegación por estima. El mapa, y cualquier información recopilada tal como los datos del grosor de la pared, puede correlacionarse con la distribución real del tanque mediante el uso de técnicas comunes de mapeo por patrones.

Es posible que otro método de navegación no utilice marcadores de detección o utilice unidades de navegación inercial. No obstante, la plataforma móvil **100** se puede programar para atravesar el tanque **10** y tomar acciones preasignadas al encontrarse con obstáculos (*p. ej.*, girar hasta que el desplazamiento no se vea obstaculizado). Cualquier información recopilada, tal como los datos del grosor de la pared, puede correlacionarse con la distribución real del tanque mediante el uso de técnicas comunes de mapeo por patrones.

Las metodologías expuestas anteriormente no son mutuamente exclusivas. Es decir, partes de cada uno de los métodos descritos pueden mezclarse o se pueden separar metodologías al mismo tiempo. Algunos métodos de navegación implican generar un “mapa” al realizar una o más funciones asignadas. Otros métodos implican utilizar un mapa generado previamente para navegar a una o más ubicaciones predeterminadas.

A partir de lo anterior, se apreciará que lo que se ha descrito incluye, en parte, un aparato para realizar una tarea seleccionada en un tanque al menos parcialmente lleno de una sustancia energética. El aparato puede incluir una plataforma móvil inherentemente segura que comprende al menos una unidad de control, al menos un detector de marcadores, al menos un sistema de propulsión, al menos un suministro de energía, y al menos un espacio cerrado inherentemente seguro.

El al menos un espacio cerrado inherentemente seguro está configurado para evitar que una chispa que surja dentro del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro pase a un exterior del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro, siendo capaz la chispa de inflamar la sustancia energética. Todos los componentes generadores de chispas de la plataforma móvil están ubicados dentro del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro.

El al menos un detector de marcadores está configurado para detectar al menos un marcador asociado con el tanque. La al menos una unidad de control está configurada para generar al menos una señal de control basada en el al menos un marcador detectado. El sistema de propulsión mueve la plataforma móvil en respuesta a la al menos una señal de control generada. El sistema de propulsión tiene un dispositivo de alimentación giratorio colocado dentro del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro que suministra energía a un montaje de tracción ubicado fuera del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro. El suministro de energía energiza al menos el al menos un detector de marcadores, la al menos una unidad de control y el al menos un dispositivo de alimentación giratorio. Ningún soporte físico activo conecta la plataforma móvil a un objeto exterior del tanque mientras que la plataforma móvil está en el tanque.

Las variantes de la plataforma móvil pueden incluir disposiciones en donde: el al menos un espacio cerrado inherentemente seguro está configurado para no exhibir deformación plástica que forme un recorrido que permita que una chispa que surja dentro del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro pase a un exterior del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro después de que un interior del al menos un espacio cerrado inherentemente seguro se someta a al menos tres bares y medio durante al menos diez segundos; la plataforma móvil está configurada para tener al menos dos grados de libertad diferentes en el tanque y para moverse a lo largo de al menos dos grados de libertad diferentes usando el sistema de propulsión; la plataforma móvil pesa menos de 4536 kg (10.000 libras); la al menos una unidad de control está programada para determinar una dirección para la plataforma móvil en base a al menos un marcador detectado; la dirección se usa para generar la al menos una señal de control; no existen soportes físicos que conectan la plataforma móvil a un objeto fuera del tanque; y/o el al menos un suministro de energía suministra energía suficiente para energizar totalmente al menos la al menos una unidad de control, el al menos un detector de marcadores y el al menos un sistema de propulsión. Además, en variantes, el aparato puede incluir un soporte pasivo conectado a la plataforma móvil mientras que la plataforma móvil se mueve en el tanque.

En ciertas aplicaciones, la sustancia energética es un líquido que está en contacto con la plataforma móvil y una superficie interior del tanque para formar un medio que transmite ondas. En dichas aplicaciones, la plataforma móvil está configurada para transmitir una onda y detectar un reflejo de la onda transmitida. La plataforma móvil puede almacenar información representativa del reflejo detectado en un módulo de memoria.

Para la presente descripción, ciertos términos de la técnica se definen a continuación.

Una “sustancia energética” es cualquier material que se considera en riesgo de inflamarse o arder. En ciertas aplicaciones, una sustancia energética tiene una o más de las siguientes propiedades: (i) una Autoignition Temperature (Temperatura de autoignición - AIT) de 700 °C o menos, (ii) un punto de inflamación de 150 °C o menos, (iii) una Minimum Ignition Energy (Energía de ignición mínima - MIE) de 1,5 mJ o menos, y/o (iv) una Minimum Ignition Current Ratio (Relación de corriente de ignición mínima - MICR) de 1,5 o menos.

AIT es la temperatura mínima requerida para iniciar o provocar una combustión auto-sostenida de un material independientemente del elemento calefactor o calentado. Un punto de inflamación es la temperatura mínima a la cual un líquido libera vapor en suficiente concentración para formar una mezcla inflamable con aire cerca de la superficie del líquido en condiciones atmosféricas estándar. MIE es la energía mínima requerida de una descarga de chispa capacitiva para inflamar la mezcla más fácilmente inflamable de un gas o vapor. MICR es la relación de la corriente mínima requerida de una descarga de chispa inductiva para inflamar la mezcla más fácilmente inflamable de un gas o vapor, dividida por la corriente mínima requerida de una descarga de chispa inductiva para inflamar metano bajo las mismas condiciones de prueba. MEG es la distancia máxima de la unión entre las dos partes de la cámara interior de un aparato de prueba que, cuando la mezcla de gas interno se inflama y bajo condiciones atmosféricas estándar, evita la ignición de la mezcla externa de gas mediante la propagación de la llama a través de una unión de 25 mm (984 milipulgadas) de largo para todas las concentraciones del gas o vapor de la prueba en el aire.

Las sustancias energéticas pueden ser polvo, partículas, lodos, sólidos, líquidos, vapores, gases y combinaciones de los mismos. Ejemplos de sustancias energéticas incluyen, aunque no de forma limitativa, polvo de carbón, líquidos de hidrocarburo, aceites combustibles y gasolina.

La “combustión” es la reacción química que tiene lugar cuando se inflama una sustancia energética. La combustión abarca quemas, explosiones, detonaciones y deflagraciones. “Inflamar” significa aplicar una cantidad suficiente de energía a una sustancia energética para iniciar la reacción química. Una “chispa” es un evento térmico que tiene al menos suficiente energía para inflamar una sustancia energética. El término “evento térmico” incluye chispas y chispas causadas por explosiones. Un material “combustible” es un material que sufre un cambio químico que produce calor y luz cuando se inflama. Un material “inflamable” es un gas, líquido o sólido que se inflama y continúa ardiendo en el aire si se inflama.

Se enfatiza que las enseñanzas presentes se pueden aplicar fácilmente a una variedad de industrias y usos aparte de las inspecciones del tanque, ya sea en la superficie o bajo tierra. Por lo tanto, los sistemas y métodos descritos son únicamente ilustrativos de cómo pueden implementarse los avances de la presente descripción. Por ejemplo, las plataformas móviles según la presente descripción se pueden usar en conexión con unidades y recipientes de almacenamiento transportados por barcas, petroleros, vagones de ferrocarril o barcos.

Además, si bien las realizaciones descritas anteriormente de la plataforma móvil **100** no usan un cable umbilical físico para recibir energía y/o comunicar datos, está dentro del alcance de la presente descripción que una plataforma móvil **100** puede incorporar un soporte. El soporte puede ser un medio de transmisión de señal, *p. ej.*, un cable conductor o simplemente un cable que pueda efectivamente “atar” la plataforma móvil **100** a otro objeto.

5 La descripción anterior se refiere a realizaciones particulares de la presente descripción para fines de ilustración y explicación. Será evidente, sin embargo, para el experto en la técnica, que son posibles muchas modificaciones y cambios a la realización expuestos anteriormente sin abandonar el ámbito de la descripción. Por lo tanto, se pretende que las siguientes reivindicaciones se interpreten para abarcar todas estas modificaciones y cambios.

10

REIVINDICACIONES

1. Un método para realizar una tarea seleccionada en un tanque (10) al menos parcialmente lleno de una sustancia energética (12, 14); caracterizado el método por:
- dimensionar una plataforma móvil (100) para ser más pequeña que una abertura en forma de paralelogramo que tiene un ancho no superior a 914,4 mm (36 pulgadas) y una longitud no superior a 1828,8 mm (72 pulgadas);
 - configurar la plataforma móvil (100) para que incluya al menos:
 - al menos una unidad (300) de control,
 - al menos un detector (306) de marcadores,
 - al menos un sistema (400) de propulsión,
 - al menos una fuente (500) de alimentación, y
 - al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro;
 - configurar la plataforma móvil (100) para que sea inherentemente segura, en donde el al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro de la plataforma móvil (100) evita que una chispa que surja dentro del al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro pase a un exterior del al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro, en donde la chispa sea capaz de inflamar la sustancia energética (12, 14), y en donde todos los componentes generadores de chispas de la plataforma móvil (100) están colocados dentro del al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro;
 - bajar la plataforma móvil (100) dentro del tanque (10) usando un soporte (50, 764, 780) de despliegue;
 - sumergir, al menos parcialmente, la plataforma móvil (100) en la sustancia energética (12, 14);
 - detectar al menos un marcador (320; 902 a,b,c,d; 910) asociado con el tanque (10) usando el al menos un detector (306) de marcadores;
 - generar al menos una señal (308, 310, 312) de control basada en el al menos un marcador detectado (320; 902 a,b,c,d; 910) usando la al menos una unidad (300) de control;
 - mover la plataforma móvil (100) utilizando un sistema (400) de propulsión para realizar la tarea seleccionada, en donde el sistema (400) de propulsión está controlado por al menos una señal (308) de control y utiliza un dispositivo (402) de alimentación giratorio colocado dentro del al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro, y en donde el dispositivo (402) de alimentación giratorio suministra energía a un montaje (404) de tracción colocado fuera del al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro; y
 - utilizar un soporte (50, 706, 740, 764, 780) de recuperación para recuperar la plataforma móvil (100) desde el interior del tanque (10) hasta el exterior del tanque (10),
 en donde ningún soporte físico activo conecta la plataforma móvil (100) a un objeto exterior del tanque (10) mientras que la plataforma móvil (100) está en el tanque (10).
2. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por**: configurar el al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro para no exhibir deformación plástica que forme un recorrido que permita que una chispa que surja dentro del al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro pase a un exterior del al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro después de que un interior del al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro se someta a al menos tres bares y medio durante al menos diez segundos.
3. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por**: configurar la plataforma móvil (100) para que tenga al menos dos grados de libertad diferentes en el tanque (10); y mover la plataforma móvil (100) a lo largo de los al menos dos grados de libertad diferentes usando el sistema (400) de propulsión.
4. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por**: configurar la plataforma móvil (100) para pesar menos de 4536 kg (10.000 libras).
5. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por**: programar la al menos una unidad (300) de control para determinar una dirección para la plataforma móvil (100) basada en el al menos un marcador detectado (320; 902 a,b,c,d; 910), usando la dirección para generar la al menos una señal (308) de control.

6. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por**:
- configurar el al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro para que no muestre deformación plástica después de que un interior del al menos un espacio cerrado (200) inherentemente seguro se someta a al menos tres bares y medio durante al menos diez segundos;
 - configurar la plataforma móvil (100) para pesar menos de 4536 kg (10.000 libras);
 - configurar la plataforma móvil (100) para que tenga al menos dos grados de libertad diferentes en el tanque (10);
 - programar la al menos una unidad (300) de control para determinar una dirección para la plataforma móvil (100) basada en el al menos un marcador detectado (320; 902 a,b,c,d; 910);
 - generar la al menos una señal (308) de control usando la dirección determinada; y
 - mover la plataforma móvil (100) a lo largo de los al menos dos grados de libertad diferentes usando el al menos un sistema (400) de propulsión.
7. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por** desconectar la plataforma móvil (100) de todos los soportes físicos que conectan la plataforma móvil (100) a un objeto fuera del tanque (10).
8. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por que** el al menos un suministro (500) de energía suministra energía suficiente para energizar totalmente al menos la al menos una unidad (300) de control, el al menos un detector (306) de marcadores, y el al menos un sistema (400) de propulsión.
9. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por** dejar un componente de la plataforma móvil (100) en el tanque (10) después de la recuperación de la plataforma móvil (100) desde dentro del tanque (10) hasta fuera del tanque (10).
10. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por** conectar un soporte pasivo (780) a la plataforma móvil (100); y mover la plataforma móvil (100) en el tanque (10) mientras que la plataforma móvil (100) está conectada al soporte pasivo (780).
11. El método de la reivindicación 1, **caracterizado** además **por que** la sustancia energética (12) es un líquido que entra en contacto con la plataforma móvil (100) y una superficie interior del tanque (10) para formar un medio de transmisión de ondas, y **caracterizado** además por transmitir una onda desde la plataforma móvil (100).
12. El método de la reivindicación 11, **caracterizado** además **por** detectar un reflejo de la onda transmitida y almacenar información representativa del reflejo detectado en un módulo (390, 392) de memoria de la plataforma móvil (100).

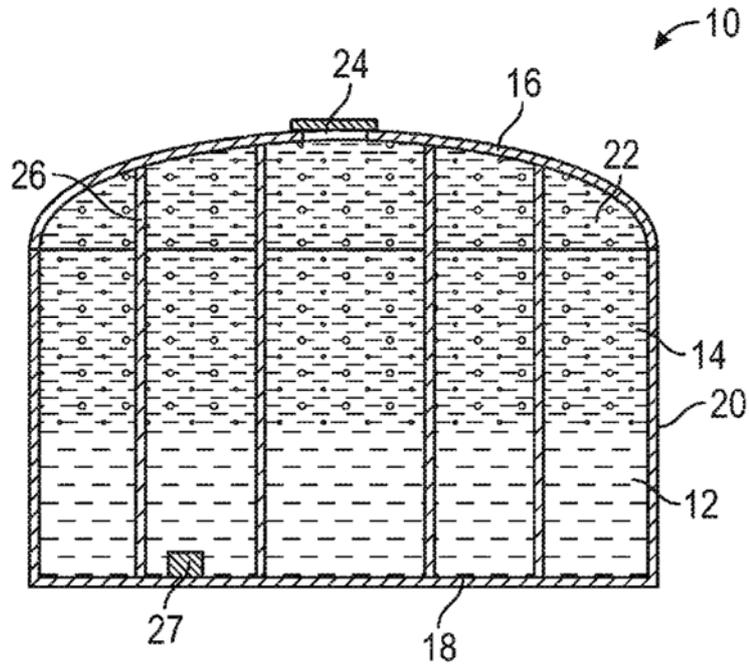


FIG. 1

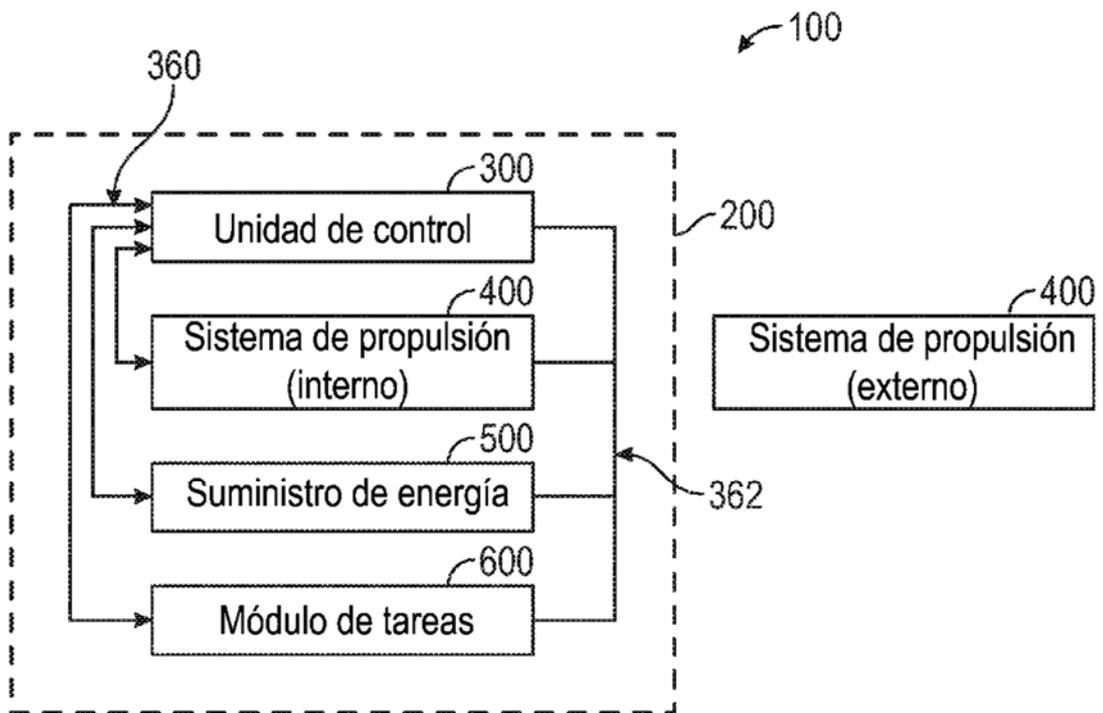


FIG. 2

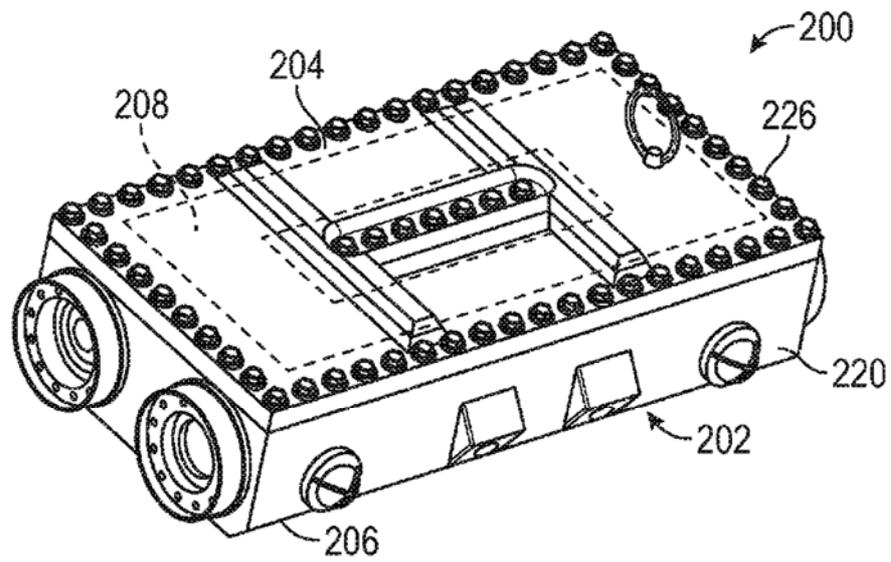


FIG. 3A

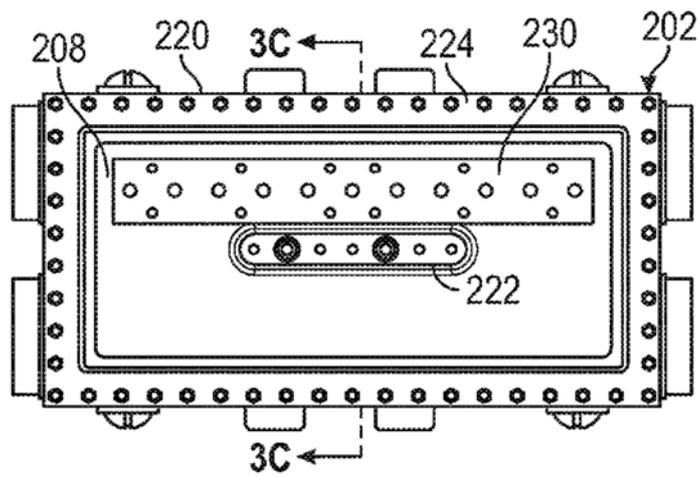


FIG. 3B

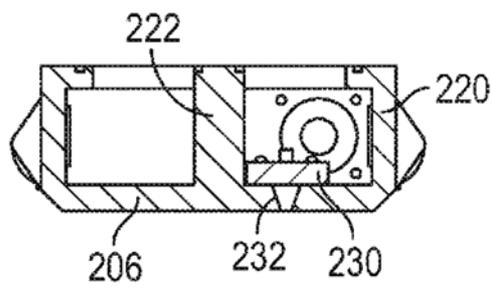


FIG. 3C

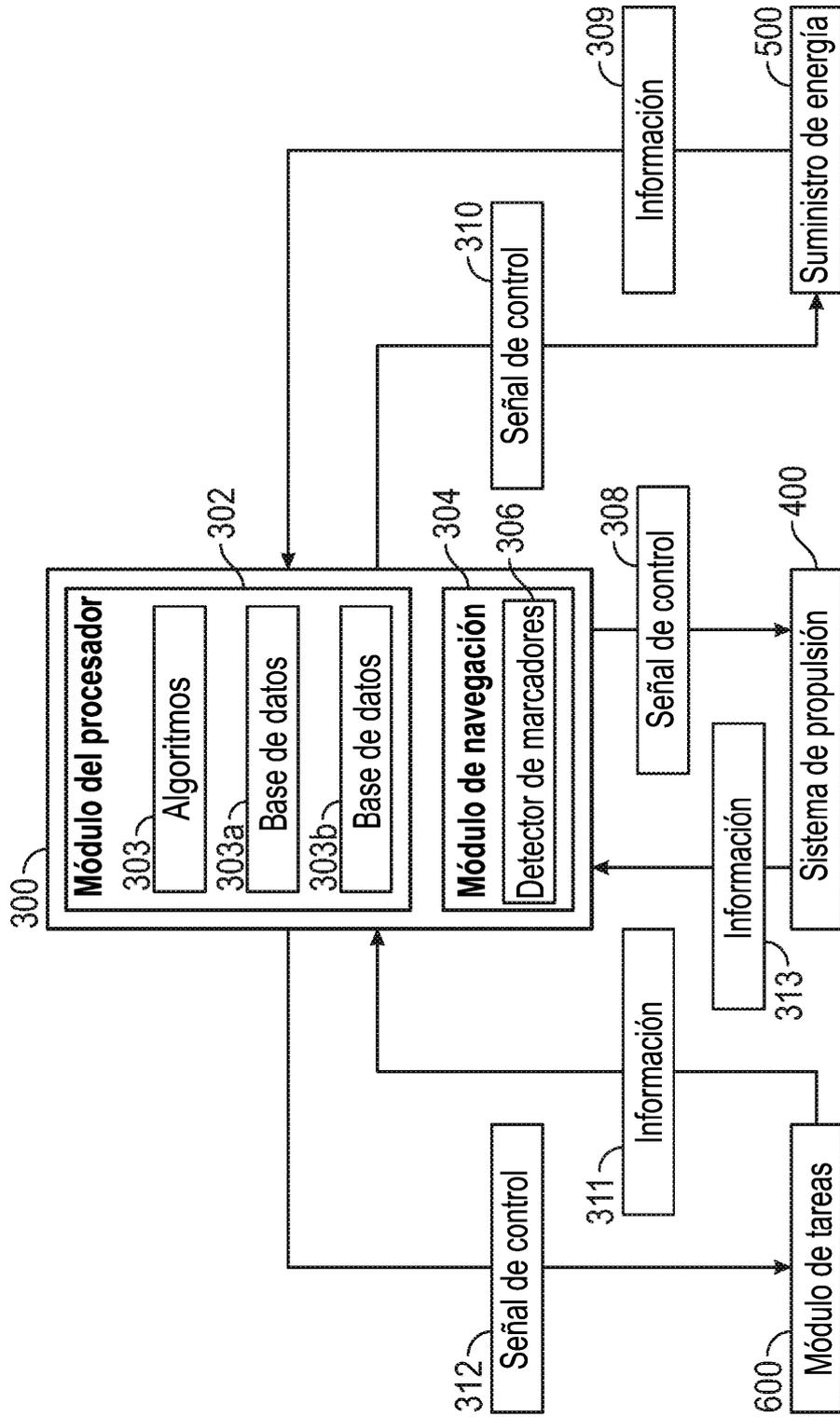
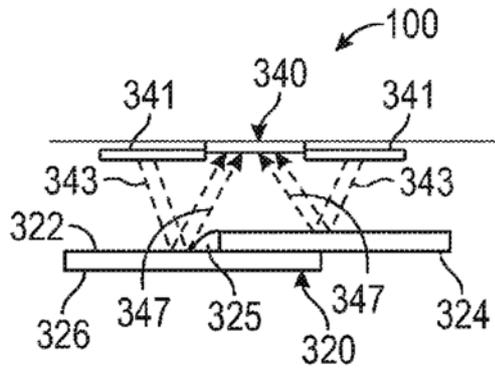
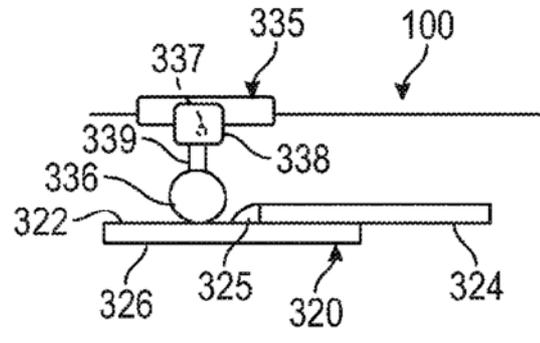
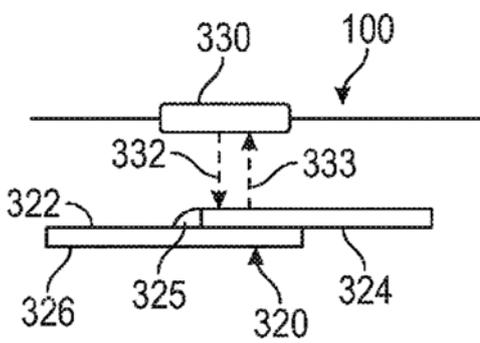
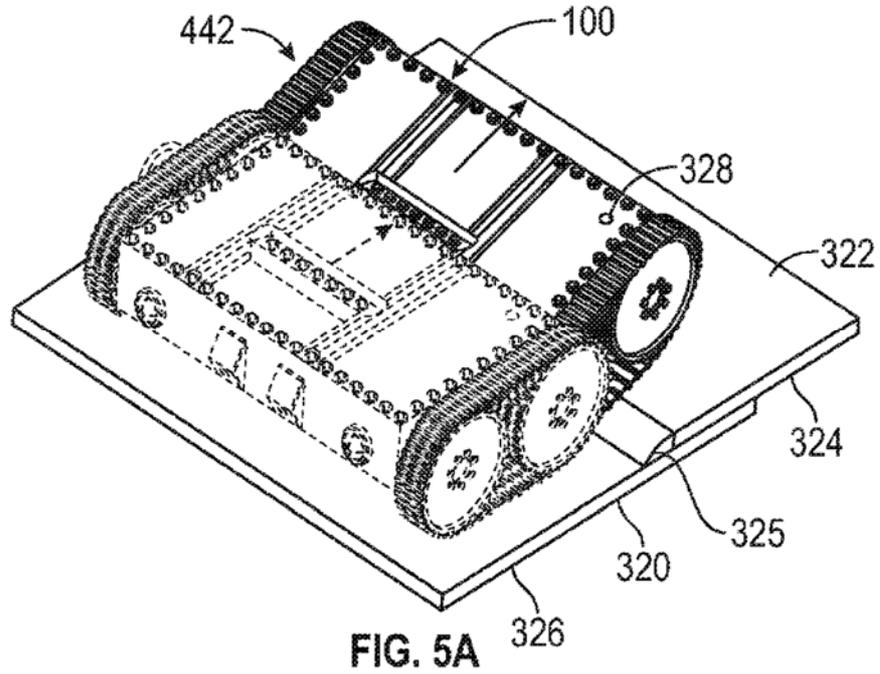


FIG. 4



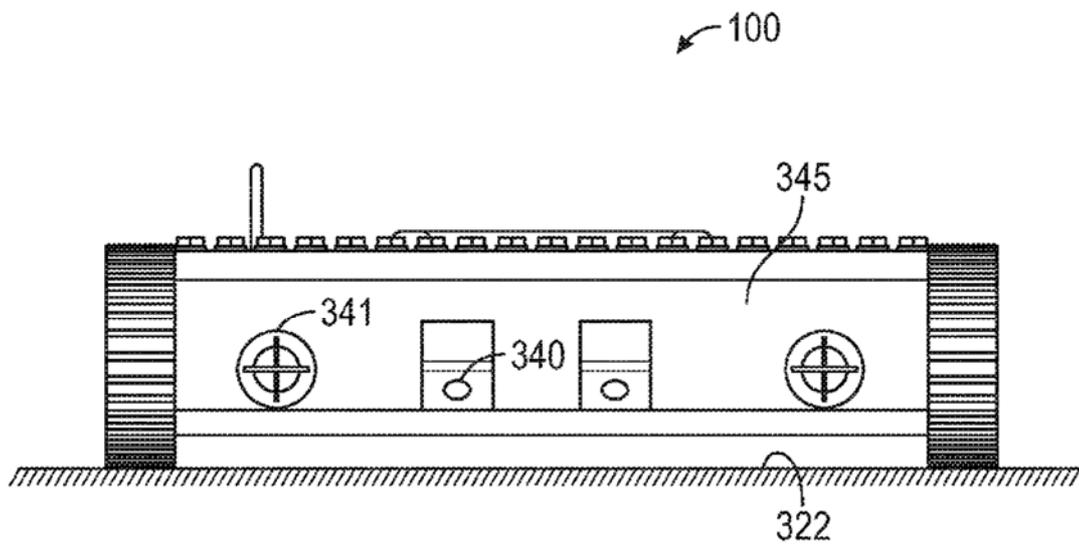


FIG. 5E

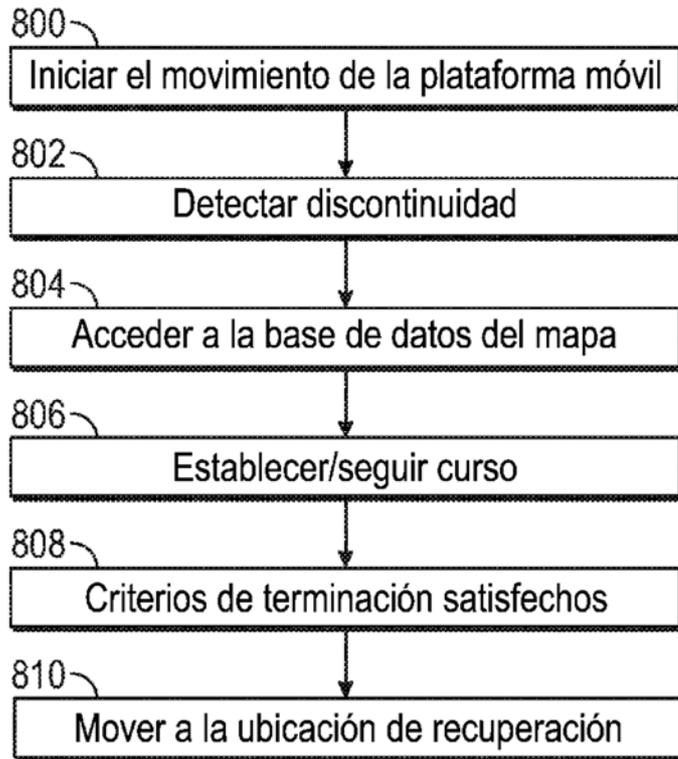


FIG. 6A

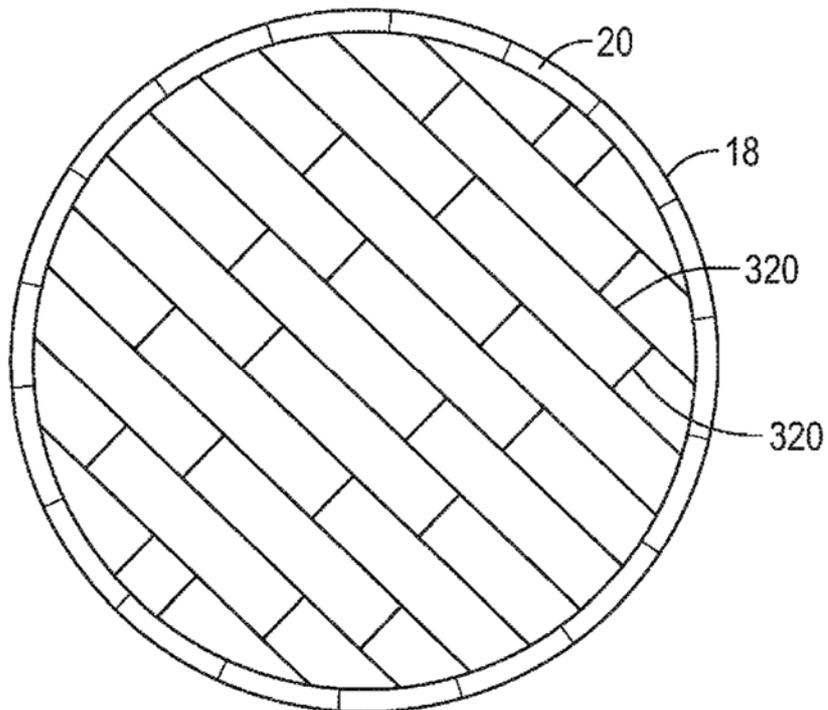


FIG. 6B

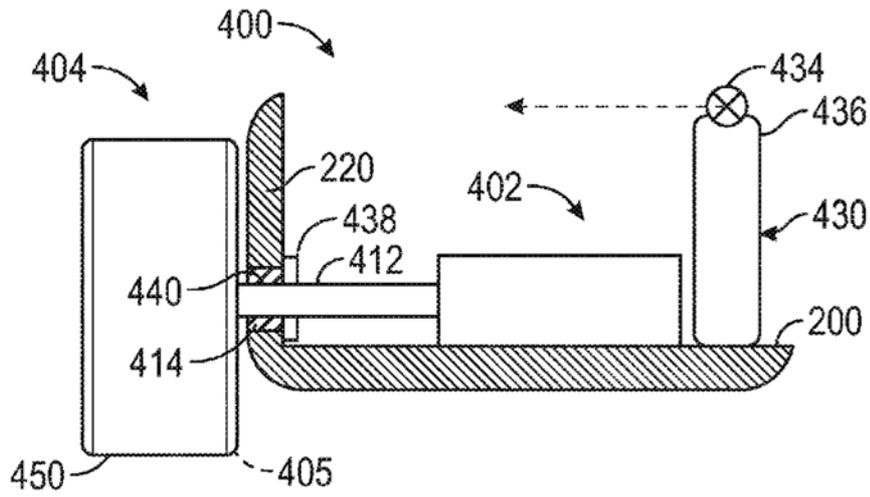


FIG. 7

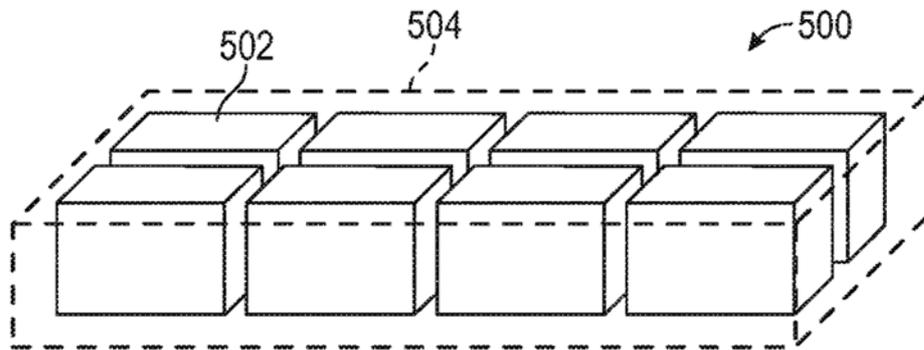


FIG. 8

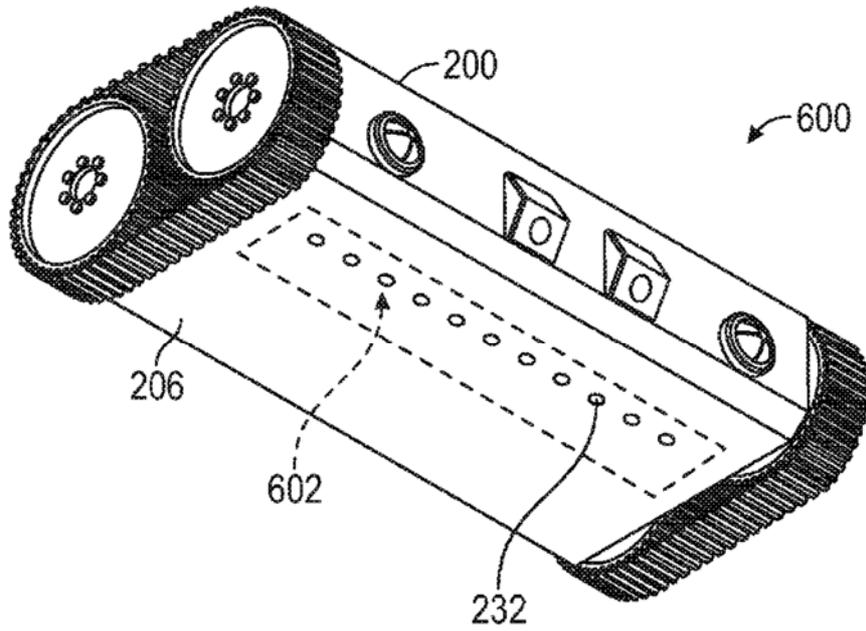


FIG. 9A

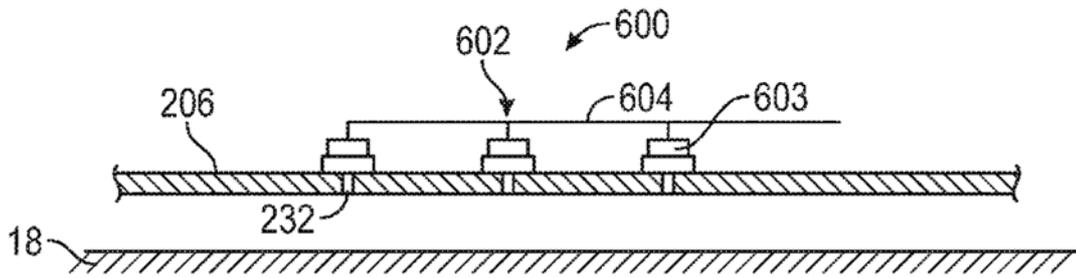


FIG. 9B

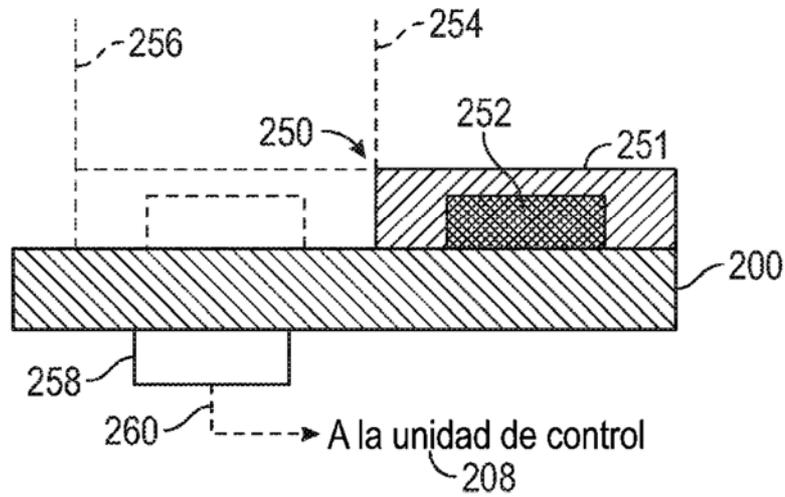


FIG. 10

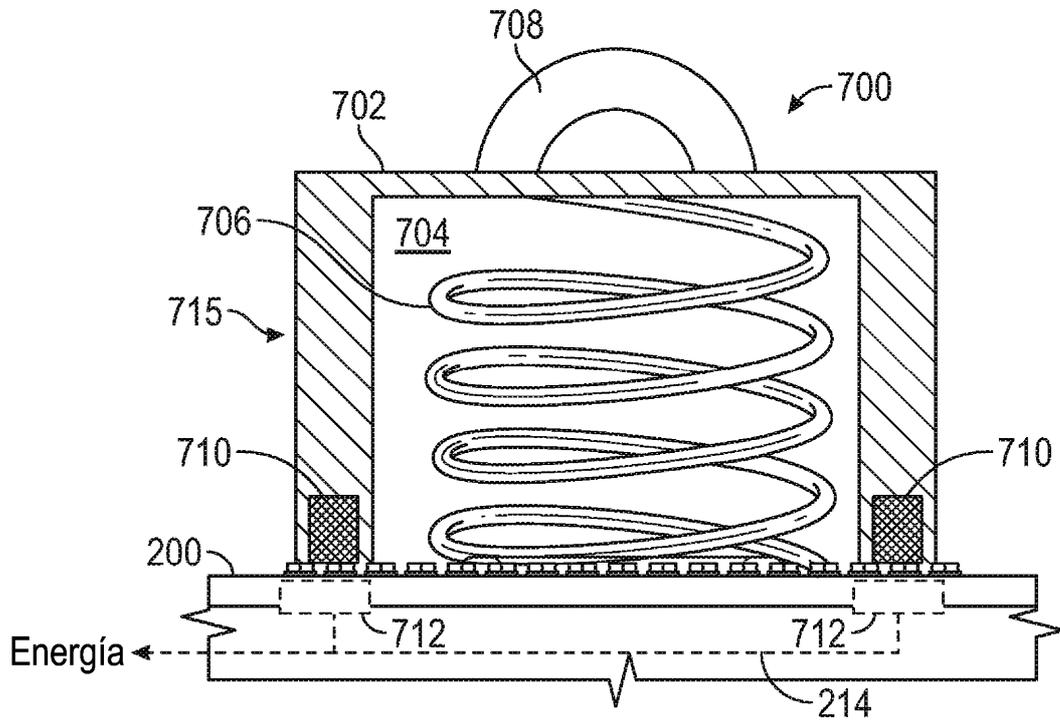


FIG. 11A

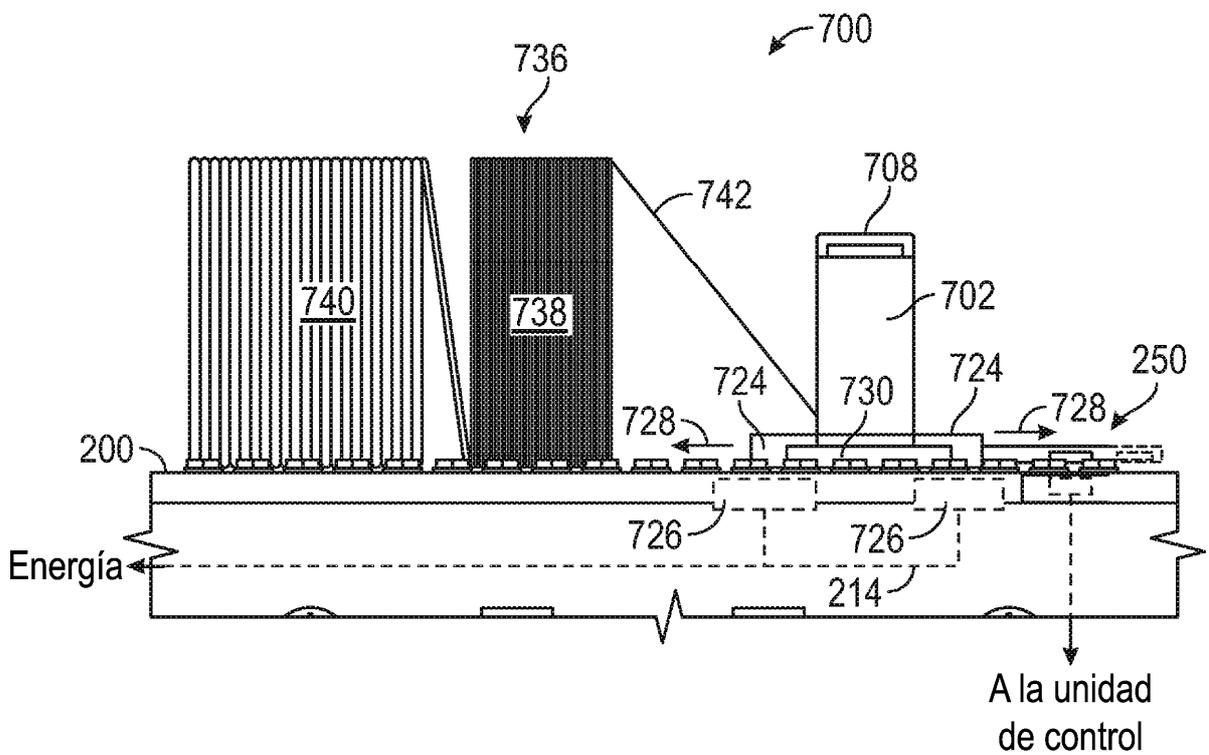


FIG. 11B

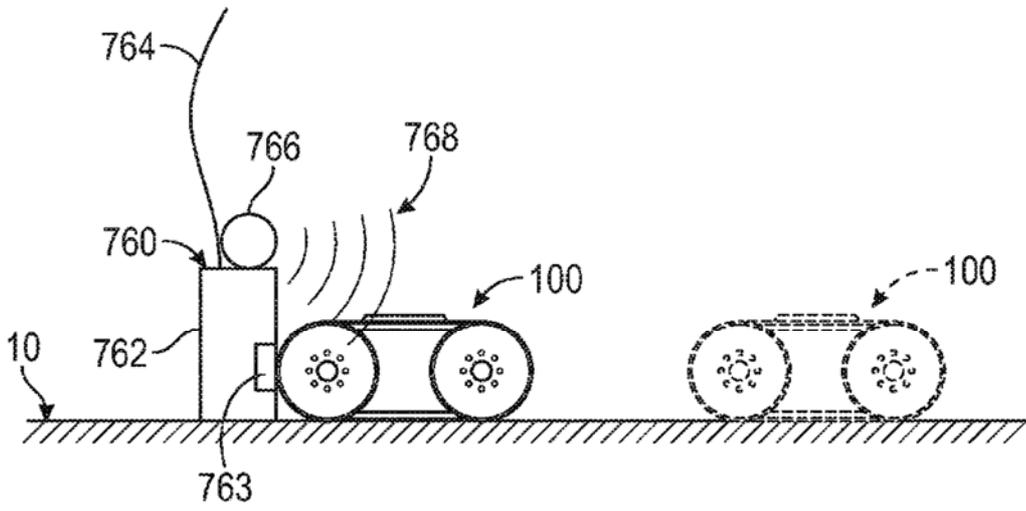


FIG. 11C

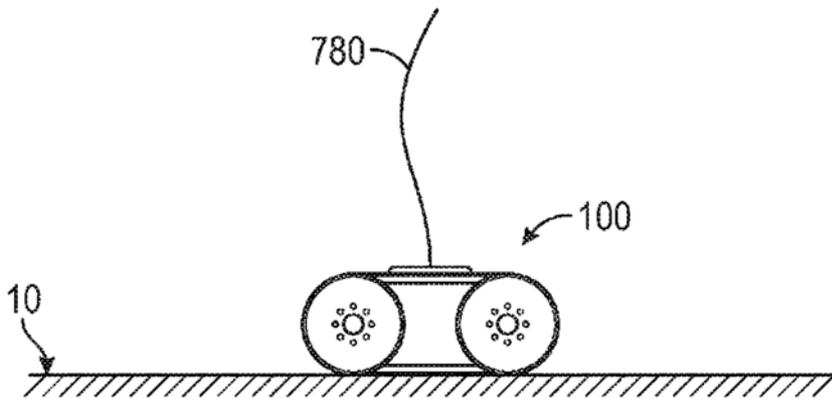


FIG. 11D

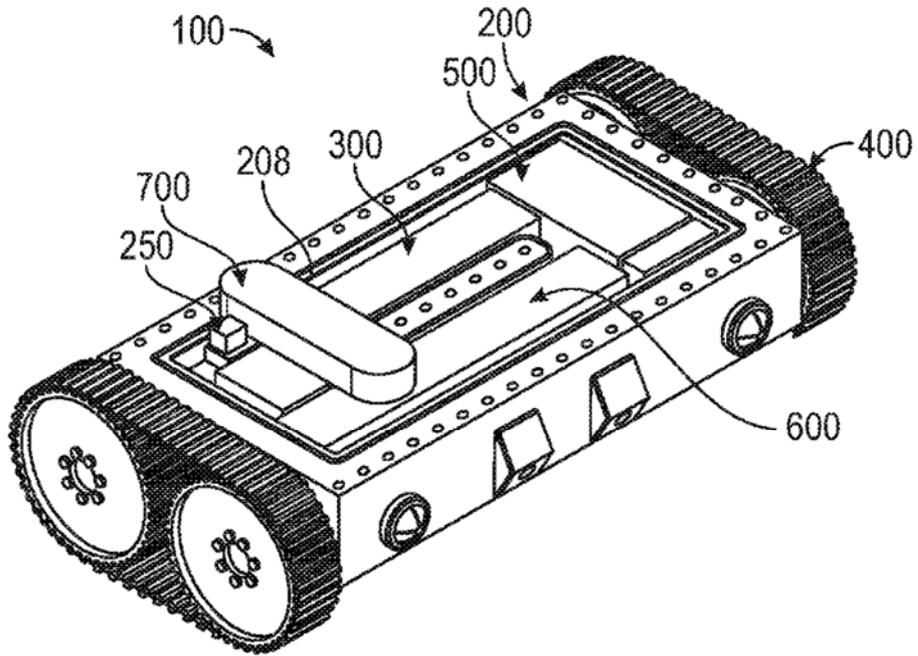


FIG. 12A

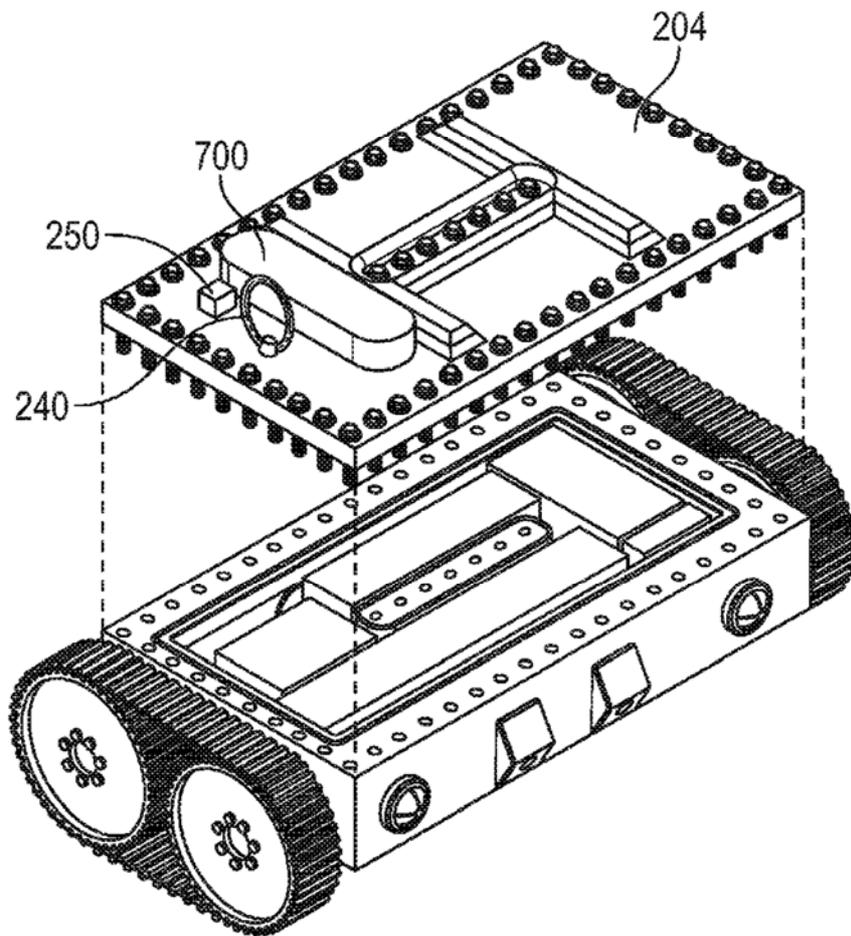


FIG. 12B

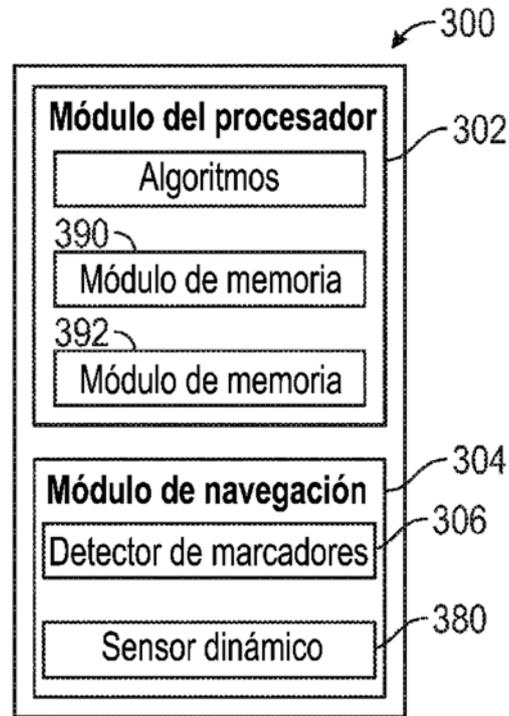


FIG. 13

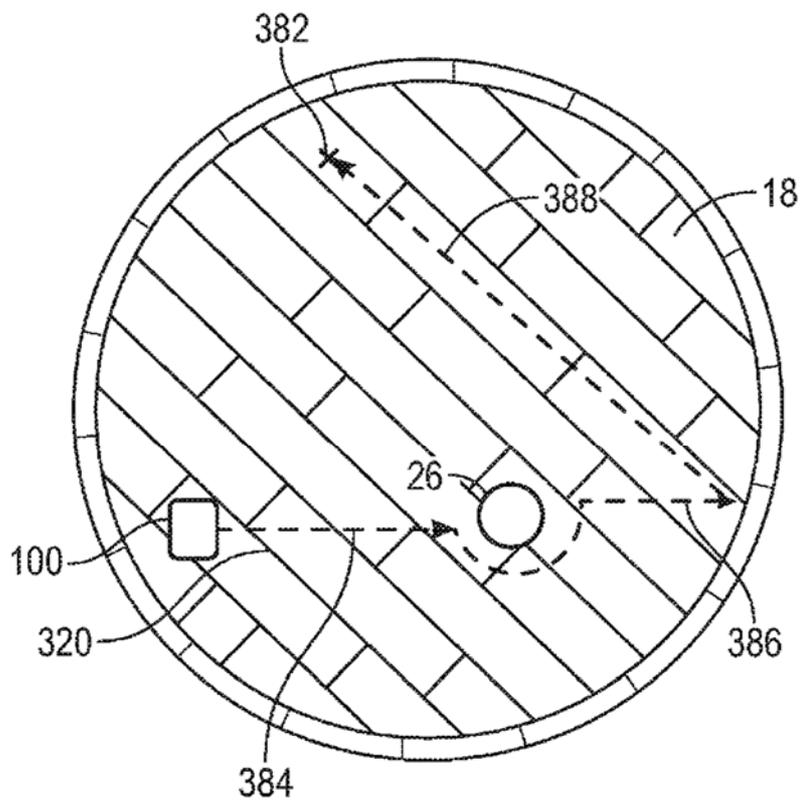


FIG. 14

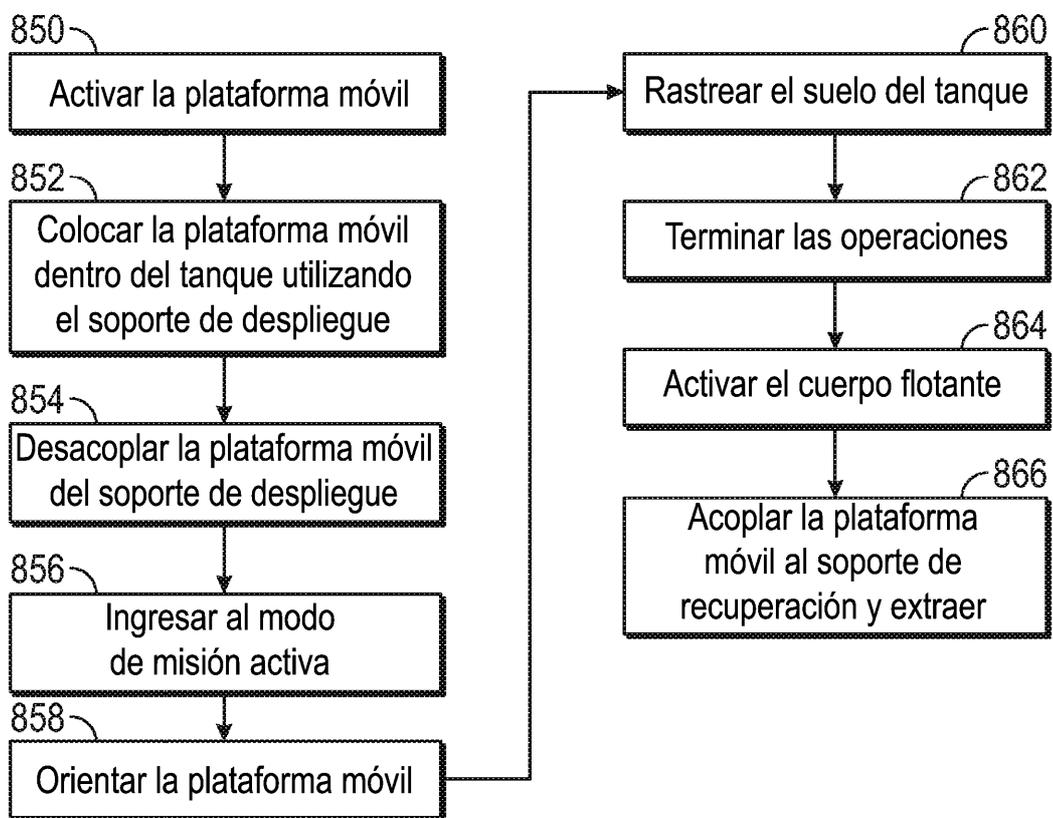


FIG. 15

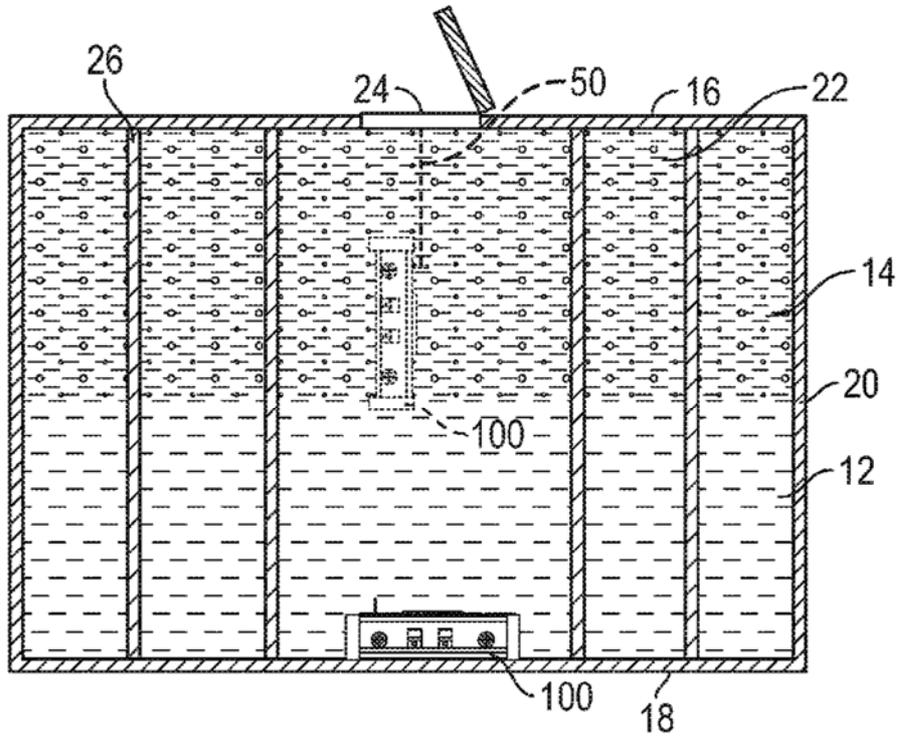


FIG. 16A

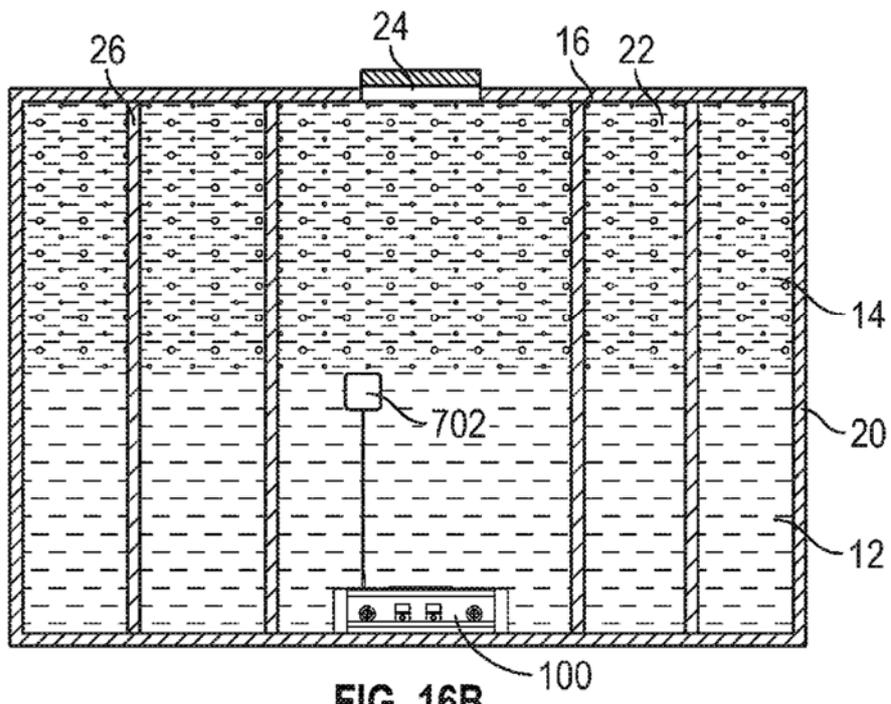


FIG. 16B

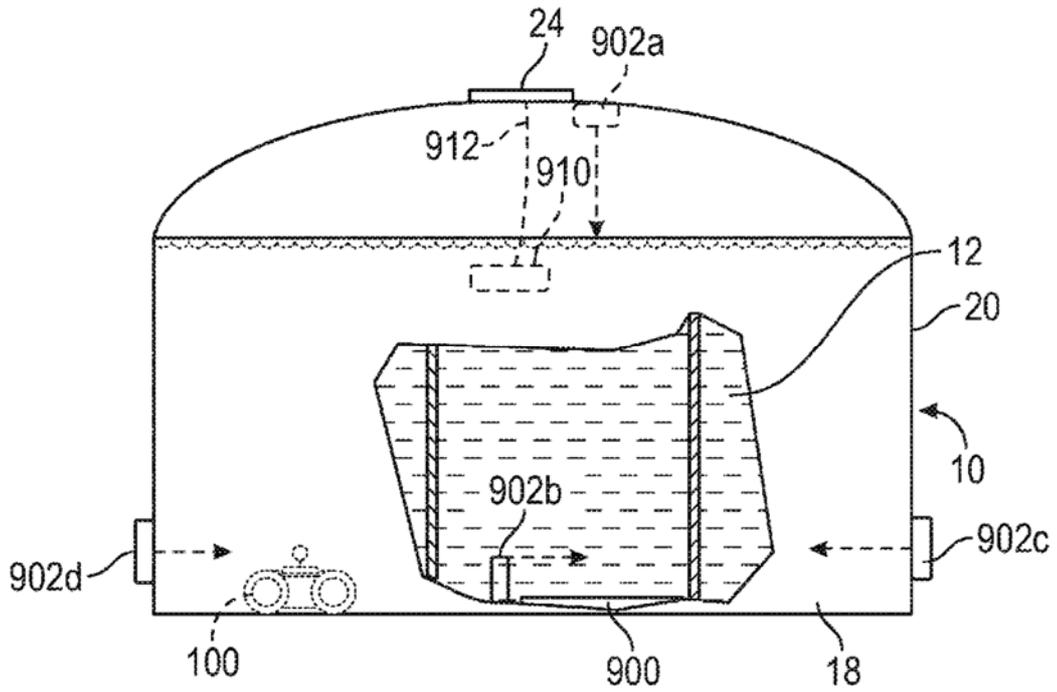


FIG. 17

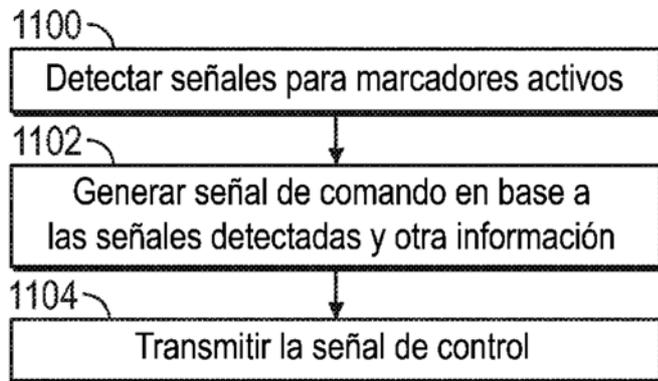


FIG. 18A

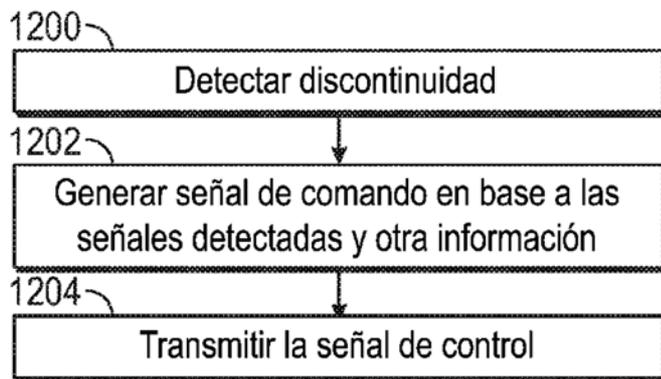


FIG. 18B