



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 334 573**

51 Int. Cl.:
G01M 3/32 (2006.01)
G01M 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05713246 .6**
96 Fecha de presentación : **10.02.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1747444**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.01.2007**

54 Título: **Método y aparato para monitorear de manera continua regiones intersticiales en tuberías e instalaciones de almacenamiento de gasolina.**

30 Prioridad: **11.05.2004 US 842894**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.03.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.03.2010

73 Titular/es: **Franklin Fueling Systems, Inc.**
3760 Marsh Road
Madison, Wisconsin 53718, US

72 Inventor/es: **Kenney, Donald, P. y**
Simmons, Walt

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 334 573 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para monitorear de manera continua regiones intersticiales en tuberías e instalaciones de almacenamiento de gasolina.

La presente invención hace referencia a un sistema de almacenamiento subterráneo y a un método para monitorear un espacio intersticial de un sistema de almacenamiento subterráneo.

Antecedentes

El estado del arte actual y de las propuestas y regulaciones federales requieren que los tanques de almacenamiento subterráneo utilizados para el almacenamiento de sustancias peligrosas cumplan con ciertos requisitos de seguridad ambiental. En particular, estas regulaciones ambientales exigen que los sistemas de almacenamiento subterráneo incluyan una unidad de contención primaria y una unidad de contención secundaria. Además, las unidades de contención primarias y secundarias deben cumplir con los estándares ambientales que exigen que los tanques de almacenamiento subterráneo sean herméticos. El término “hermético”, a efecto de estas regulaciones ambientales, suele ser definido como impermeable a la sustancia contenida para evitar la infiltración de la sustancia desde la unidad de contención primaria. Además, para que un tanque sea hermético, el tanque no puede estar sujeto al deterioro físico o químico por la sustancia contenida durante la vida útil del tanque. Adicionalmente, estas regulaciones requieren que los propietarios u operadores de sistemas de tanques de almacenamiento subterráneo con un componente de una sola pared ubicados dentro de 0,3 km (1.000 pies) de un pozo público de agua potable implementen un programa de detección o monitoreo mejorado de fugas.

Un método conocido para el monitoreo de fugas es revelado en la Patente estadounidense N° 6,489,824, titulada “Leak Detection Device for Double Wall Pipeline Systems and Container Systems” (“Dispositivo de detección de fugas para sistemas de tuberías y sistemas de contenedores de doble pared”), el cual emplea un detector de fugas con una bomba de vacío que incluye un interruptor sensible a la presión y un dispositivo de alarma para detectar fugas en un sistema de tuberías o contenedores de doble pared. El detector de fugas revelado es adaptado para monitorear de forma simultánea distintos contenedores conectados a una tubería principal colectora y a una bomba de vacío por medio de tuberías de vacío. Cada contenedor monitoreado incorpora un conector o válvula de vacío para conectar de manera fluido-comunicante un espacio de control con el detector de fugas. Cada tubería de vacío tiene una primera esclusa de líquido en el conector de vacío para bloquear el líquido que se ha fugado o filtrado hacia el interior de las tuberías de vacío desde un contenedor con fugas y evitar así que penetre en los espacios de control de los contenedores libres de fuga. Se coloca una segunda esclusa de líquido en la tubería principal colectora para evitar que el líquido entre a la bomba de vacío. Aunque este método puede detectar fugas dentro del espacio de control de un contenedor, es un sistema mecánicamente complejo que requiere de una cantidad considerable de materiales y un prolongado tiempo de instalación.

Otros métodos de monitoreo de espacios secundarios o intersticiales son bien conocidos en el arte e incluyen la detección continua de fugas utilizando técnicas de monitoreo de presión o soluciones de salmuera para determinar la presencia o ausencia de fugas entre el sistema de almacenamiento y el ambiente circundante. No obstante, para calibrar de manera efectiva todos estos métodos y sistemas conocidos para su funcionamiento, se requiere de un prolongado tiempo de instalación y amplios conocimientos de estos sistemas. Específicamente, para configurar estos sistemas de monitoreo para su funcionamiento, el usuario debe ingresar el volumen del espacio secundario o intersticial a ser monitoreado, lo cual requiere conocimientos específicos sobre la disposición y configuración de los contenedores y sistemas de tuberías de doble pared utilizados en el sistema de almacenamiento subterráneo.

Resumen de la invención

Según la presente invención, se proporciona un sistema de almacenamiento subterráneo y un método para generar una curva característica de vacío de un espacio intersticial de un sistema de almacenamiento subterráneo, como se expone en las reivindicaciones anexas.

Breve descripción de los dibujos

Para una total comprensión del dispositivo revelado, es necesario hacer referencia a la siguiente descripción detallada y a los dibujos anexos en donde:

La Fig. 1 ilustra los componentes básicos de un sistema de monitoreo de vacío intersticial a modo de ejemplo;

La Fig. 2 ilustra un diagrama de flujo que detalla el funcionamiento de una rutina autoaprendida a modo de ejemplo;

La Fig. 3 ilustra una curva de vacío intersticial a modo de ejemplo; y La Fig. 4 ilustra un diagrama de flujo que detalla el funcionamiento de una rutina de monitoreo a modo de ejemplo.

Descripción detallada

La Fig. 1 ilustra un sistema de almacenamiento subterráneo a modo de ejemplo 10 que incluye un tanque de almacenamiento subterráneo (UST, por sus siglas en inglés) 12 construido para contener de manera segura un líquido 20 como gasolina, combustible diesel u otro hidrocarburo. El UST 12 es un tanque de almacenamiento de doble pared construido con una pared exterior 14, y una pared interior 16 separadas para definir un espacio intersticial 18. De esta manera, el UST 12 está dividido en una unidad de contención primaria y en una unidad de contención secundaria para proporcionar al sistema de almacenamiento subterráneo 10 una doble protección contra fugas.

Una bomba de turbina sumergible (STP, por sus siglas en inglés) 22 como, por ejemplo, el modelo de STP número STP-75-VL2-7 fabricado por FE PETRO, INC[®], proporciona un medio de bombeo del líquido 20 a un dispensador 24. El STP 22 puede estar montado de manera fija o removible al UST 12 para posicionar una boquilla de entrada 22a debajo de la superficie del líquido 20. La boquilla de entrada 22a, a su vez, proporciona una vía fluida para bombear el líquido 20 dentro de la unidad de contención primaria al dispensador 24.

Un tubo múltiple de bombeo 26, que puede ser un componente integral del STP 22 o un componente separado anexado de manera fija a éste, controla la distribución del líquido bombeado 20 al dispensador 24. El tubo múltiple de bombeo 26 incluye un puerto de sifón 28 adaptado para conectar de manera fluido-comunicante el espacio intersticial 18 (por ejemplo, la unidad de contención secundaria) con el vacío generado por el STP 22. De esta forma, cuando el STP 22 está activo (por ejemplo, produciendo un vacío) el puerto de sifón 28 proporciona una vía de vacío al espacio intersticial 18 para evacuar el líquido contenido allí. Una válvula de control 30 puede aislar el espacio intersticial 18 del puerto de sifón 28 para evitar una pérdida de vacío cuando el STP 22 está inactivo y expuesto a la presión atmosférica a través de la unidad de contención primaria.

Un sensor de vacío 32 se comunica de manera fluido-comunicante con el espacio intersticial 18 y el puerto de sifón 28 para probar y medir los niveles de vacío allí dentro. El sensor de vacío 32 puede ser un sensor analógico continuo, un sensor digital discontinuo, un sensor de intercambio, o cualquier otro dispositivo configurado para probar el nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18. El sensor de vacío 32 puede ser aislado por la válvula de control 30 para evitar las mediciones de presión atmosférica (es decir, las mediciones de vacío cero) cuando el STP 22 está inactivo. Sin embargo, cuando el STP 22 está activo y generando un vacío, la válvula de control 30 se abre para proporcionar una conexión fluido-comunicante entre el sensor de vacío 32, el espacio intersticial 18 y el puerto de sifón 28. De esta manera, el sensor de vacío 32 prueba y mide el cambio en el nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18 generado por el STP 22.

Además, el sensor de vacío 32 puede conectarse comunicativamente a una unidad de control 34 con un procesador 36 y una memoria 38. La unidad de control 34 y la memoria 38 reciben y almacenan datos de vacío, información del sistema, datos de alarma, etc., del sensor de vacío 32 o de cualquier otro componente controlado. Las comunicaciones entre la unidad de control 34 y, por ejemplo, el sensor de vacío 32 y la válvula de control 30, pueden ser implementadas utilizando cualquier enlace de comunicación deseado, como una red de área local cableada, un enlace de comunicación inalámbrico, un enlace de comunicación directo, o un enlace de comunicación cableado punto a punto.

El procesador 36 puede ejecutar una rutina de control para dirigir la instalación y funcionamiento del sistema de almacenamiento subterráneo 10. En particular, la rutina de control puede ser escrita en cualquier lenguaje de programación de control de procesos o lenguaje informático como C++, Visual C++, Visual Basic, y puede ser compilada (de ser necesario) y almacenada en la memoria 38. Por lo general, la rutina de control asegura la integridad del sistema de almacenamiento subterráneo 10 mediante la detección de fugas no deseadas. En particular, la rutina de control puede ejecutarse en el procesador 36 para aprender de manera automática las características de vacío del espacio intersticial 18. Además, la rutina de control puede incluir subrutinas adicionales adaptadas para ejecutarse en el procesador 36 para monitorear de forma continua el nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18 como una función de tiempo.

Una válvula de orificio de fuga 40 se conecta de manera fluido-comunicante a la válvula de control 30, el sensor de vacío 32, y un orificio de fuga 42, para proporcionar una vía de vacío entre el espacio intersticial 18. La válvula de orificio de fuga 40 y el orificio de fuga 42 pueden definir un ensamblaje removible para desconectarse del espacio intersticial 18 cuando ya no sea requerido para la instalación y operación del sistema de almacenamiento subterráneo 10. La válvula de orificio de fuga 40 permite la creación automática o manual de una fuga calibrada o controlada entre el espacio intersticial 18 y la presión atmosférica más allá del orificio de fuga 42. Una fuga controlada de este tipo provoca un descenso en el nivel de vacío dentro del espacio intersticial.

El sensor de vacío 32 puede, a su vez, medir el nivel de vacío decreciente y comunicar los datos de nivel de vacío a la rutina de control que se está ejecutando dentro de la unidad de control 32 a través del enlace de comunicación. La rutina de control puede, a su vez, manipular los datos de nivel de vacío para establecer una o más características de vacío del espacio intersticial 18. En particular, la rutina de control puede determinar una tasa de cambio de nivel de vacío negativa basada en los datos de nivel de vacío decreciente causado por la introducción de la fuga controlada en la unidad de contención secundaria. Se comprenderá que es posible establecer otras características de vacío como, por ejemplo, una tasa de cambio de nivel de vacío positiva, o el tiempo para la evacuación total del espacio oficial, basándose en los datos del nivel de vacío.

ES 2 334 573 T3

El UST 12 puede conectarse a otros componentes del sistema de almacenamiento subterráneo 10. En particular, el espacio intersticial 18 puede conectarse de manera fluido-comunicante a un espacio intersticial secundario 48 de una tubería dispensadora 46 mediante una pluralidad de puertos de vacío 44-44b. En funcionamiento, la tubería dispensadora de doble pared 46 puede proporcionar la conexión fluido-comunicante entre el líquido 20 almacenado dentro del UST 22 y el dispensador 24. Así, todo el sistema de almacenamiento subterráneo 10, incluyendo el UST 12 y la tubería dispensadora 46, tiene doble pared y es hermético para evitar las penetraciones y la corrosión que podrían experimentarse durante condiciones normales de funcionamiento.

La Fig. 2 ilustra un diagrama de flujo de operaciones generalizado de una subrutina de autocalibración o autoaprendizaje 50 adaptada para aprender las características de vacío del espacio intersticial 18. La subrutina de autoaprendizaje 50 determina y almacena las características de vacío basándose, en parte, en los cambios medidos en el nivel de vacío como una función de tiempo. La subrutina de autoaprendizaje 50 aprende las características de vacío sin necesidad de determinar o calcular el volumen total del espacio intersticial 18, la capacidad de vacío del STP 22, la sensibilidad del sensor de vacío 32, etc. De esta manera, la rutina de autoaprendizaje 50 proporciona un medio rápido y eficiente de calibración y monitoreo del espacio intersticial 18 de cualquier volumen o complejidad conocido o no conocido. Se comprenderá que la rutina de autoaprendizaje 50 puede actuar como una rutina única independiente de la rutina de control o de otras subrutinas. Sin embargo, la rutina de autoaprendizaje 50 puede integrarse con la rutina de control para satisfacer los requisitos de calibración del sistema de almacenamiento subterráneo 10.

La rutina de autoaprendizaje 50 puede ejecutarse siempre que se haya cumplido un criterio predeterminado. En particular, la rutina de autoaprendizaje 50 puede ejecutarse de manera manual como parte de un procedimiento de mantenimiento programado regularmente, o de forma automática en respuesta a un cambio en la configuración del sistema de almacenamiento subterráneo 10, como parte de la instalación y configuración inicial del sistema de almacenamiento subterráneo 10, o para compensar un cambio en el nivel de vacío con el transcurso del tiempo.

Un bloque 52 carga las configuraciones iniciales almacenadas y las condiciones predeterminadas requeridas para ejecutar la rutina de autoaprendizaje 50 desde la memoria 38 (ver Fig. 1). Estas configuraciones iniciales y condiciones predeterminadas pueden incluir, entre otras cosas, un nivel de vacío máximo deseado $P_{\text{máx}}$, un nivel de vacío mínimo permitido $P_{\text{mín}}$, cerrar la válvula de control 30, y calibrar el sensor de vacío 32.

Aunque es posible configurar el nivel de vacío máximo deseado en prácticamente cualquier valor, las pruebas empíricas indican la preferencia por un nivel de vacío de alrededor de 10 plg Hg (254 mm Hg), lo cual representa un nivel de vacío factible que es fácilmente distinguible de la presión atmosférica. De manera similar, el nivel de vacío mínimo aceptable puede ser configurado en, por ejemplo, 2 plg Hg (50,8 mm Hg). Por lo general, el nivel de vacío mínimo $P_{\text{mín}}$ proporciona un límite o umbral menor para identificar cuándo el nivel de vacío actual P_{medida} dentro del espacio intersticial 18 está disminuyendo hacia la presión atmosférica (es decir, próximamente 0 plg Hg o vacío cero).

Un bloque 54 hace que el sensor de vacío 32 pruebe y mida el nivel de vacío actual P_{medida} dentro del espacio intersticial 18. Generalmente, el sensor de vacío 32 prueba el nivel de vacío actual P_{medida} en intervalos regulares de tiempo durante todo el funcionamiento de la rutina de autoaprendizaje 50. La memoria 38 puede almacenar los datos de nivel de vacío que representan el nivel de vacío actual $P_{\text{máx}}$ en una base de datos histórica como un nivel de vacío almacenado $P_{\text{almacenado}}$. El nivel de vacío almacenado $P_{\text{almacenado}}$ puede ser archivado de forma permanente en la base de datos histórica (es decir, guardado en la base de datos) o puede ser almacenado de manera temporaria para su utilización en cálculos, análisis, etc., para ser borrados o sobrescritos posteriormente a medida que se prueban y almacenan nuevos datos.

Un bloque 56 compara el nivel de vacío actual P_{medida} con la presión atmosférica (es decir, vacío cero) para establecer una referencia de vacío antes de la ejecución de los pasos restantes dentro de la rutina de autoaprendizaje 50. Al momento de la detección de un vacío en el espacio intersticial 18, un bloque 58 hace que la válvula de control 30 y la válvula de orificio de fuga 40 se abran y ventilen el vacío detectado hacia la atmósfera. Un bloque 60 provoca que el sensor de vacío 32 pruebe el nivel de vacío actual P_{medida} hasta detectar la presión atmosférica. Cuando el sensor de vacío 32 detecta la presión atmosférica, un bloque 62 cierra la válvula de control 30 y la válvula de orificio de fuga 40 para sellar y aislar el espacio intersticial 18 en preparación para la ejecución de una porción de procedimiento de evacuación de la rutina de autoaprendizaje 50.

Un bloque 64 inicia el procedimiento de evacuación y la rutina de autoaprendizaje 50 comienza a aprender los datos de nivel de vacío requeridos para la generación de una "curva ascendente" (un ejemplo de la cual se muestra en la Fig. 3 como la línea 102). En particular, el bloque 64 activa el STP 22, el cual, a su vez, comienza a evacuar el espacio intersticial 18 a través del puerto de sifón 28. Un bloque 66 abre la válvula de control 30 para establecer comunicaciones fluido-comunicantes entre el STP 22, el espacio intersticial 18, y el sensor de vacío 32. Por lo general, la válvula de control 30 se abre luego de un período de retraso igual a la cantidad de tiempo requerida para que el sensor de vacío 32 detecte el vacío generado por el STP 22. Se comprenderá que el período de retraso asociado con el sensor de vacío 32 puede depender adicionalmente de factores como la sensibilidad del sensor de vacío 32, la capacidad de vacío del STP 22, y el volumen total del espacio intersticial 18.

Un bloque 68 hace que el sensor de vacío 32 pruebe y mida el nivel de vacío actual P_{medida} dentro del espacio intersticial 18 en el intervalo de tiempo Δt . Un bloque 70 hace que el procesador 36 configure el nivel de vacío almacenado $P_{\text{almacenado}}$ en posición igual al nivel de vacío actual P_{medida} , y almacene el nivel de vacío almacenado

ES 2 334 573 T3

resultante $P_{\text{almacenado}}$ en la base de datos histórica establecida dentro de la memoria 38. En este punto, la tasa de cambio de evacuación o de nivel de vacío de curva ascendente dentro del espacio intersticial 18 puede ser calculada basándose en la diferencia que existe entre el nivel de vacío actual y el nivel de vacío almacenado durante un intervalo de tiempo fijo o conocido. Una tasa de cambio de evacuación P_{evac} puede ser descrita de forma matemática por la fórmula:

$$\Delta P_{\text{evac}} = \frac{P_{\text{medida}} - P_{\text{almacenado}}}{\Delta t}$$

La tasa de cambio de evacuación ΔP_{evac} describe la inclinación positiva o creciente de la curva de evacuación representativa de un incremento en el nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18. De manera alternativa, trazando los niveles del nivel de vacío actual P_{medida} , y el nivel de vacío almacenado $P_{\text{almacenado}}$ probado durante la operación de la subrutina de autoaprendizaje 50 como funciones de tiempo, es posible construir la curva de evacuación.

Un bloque 72 compara el nivel de vacío actual P_{medida} con un nivel de vacío máximo deseado $P_{\text{máx}}$. Si el nivel de vacío actual es inferior al nivel de vacío máximo deseado, la rutina de autoaprendizaje 50 ingresa en un bucle 74 y procede a aprobar y almacenar el nivel de vacío actual P_{medida} hasta alcanzar el nivel de vacío máximo deseado. No obstante, cuando el bloque 72 detecta que el nivel de vacío actual supera el nivel de vacío máximo deseado, un bloque 76 cierra la válvula de control 30.

Posteriormente, un bloque 78 desactiva el STP 22 y el procedimiento de evacuación concluye. En este punto, el espacio intersticial 18 es sellado y aislado por la válvula de control 30, y el nivel de vacío actual P_{medida} permanece prácticamente constante en el nivel de vacío máximo deseado $P_{\text{máx}}$.

Un bloque 80 hace que el sensor de vacío 32 pruebe y mida el nivel de vacío actual P_{medida} dentro del espacio intersticial sellado 18 en cada intervalo de tiempo Δt . Se espera que el nivel de vacío actual P_{medida} permanezca en el nivel de vacío máximo deseado $P_{\text{máx}}$ durante una cantidad fija de intervalos de tiempo. Además, la memoria 38 puede almacenar el nivel de vacío actual P_{medida} , el cual equivale al vacío máximo deseado $P_{\text{máx}}$, en la memoria 38 como el nivel de vacío almacenado $P_{\text{almacenado}}$. En este punto, la tasa de cambio de nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18 es prácticamente cero. En otras palabras, el nivel de vacío dentro del espacio intersticial sellado es constante. Un cambio positivo o negativo en el nivel de vacío durante este intervalo de tiempo representa una anomalía, como una fuga, que accionará una alarma. Una tasa de cambio máxima de vacío $\Delta P_{\text{máx}}$ puede ser descrita de forma matemática por la fórmula:

$$\Delta P_{\text{máxima}} = \frac{P_{\text{medida}} - P_{\text{almacenado}}}{\Delta t} = 0$$

La tasa de vacío máxima de tasa de cambio de vacío $\Delta P_{\text{máx}}$ representa la línea de cero inclinación correspondiente al nivel de vacío máximo deseado $P_{\text{máx}}$. Se comprenderá que la determinación de la tasa de cambio de vacío máxima $\Delta P_{\text{máx}}$ es un cálculo opcional que puede ser llevado a cabo por la unidad de control 34.

Un bloque 82 inicia el procedimiento de disminución y la rutina de autoaprendizaje 50 comienza a aprender los datos de nivel de vacío requeridos para generar la "baja" o "curva descendente" (un ejemplo de lo cual se muestra en la Fig. 3 como la línea 106). En particular, la válvula de orificio de fuga 40 se abre en respuesta a un comando emitido por la rutina de control que se está ejecutando dentro de la unidad de control 34. En funcionamiento, la válvula de orificio de fuga 40, la cual puede ser una válvula manual que requiera la intervención de un operador para abrirse, proporciona una vía fluida entre el nivel de vacío actual de P_{medida} dentro del espacio intersticial 18 y el nivel de vacío cero de la atmósfera. En otras palabras, la válvula de orificio de fuga 40 proporciona una vía de compensación entre el alto nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18 y el nivel de vacío cero de la presión atmosférica. El descenso del nivel de vacío actual P_{medida} dentro del espacio intersticial 18 causado por la fuga controlada proporciona un método para caracterizar el desempeño de la unidad de contención secundaria en presencia de una fuga real no controlada.

Un bloque 84 hace que el sensor de vacío 32 pruebe y mida el nivel de vacío actual descendente P_{medida} dentro del espacio intersticial 18 en cada uno de los intervalos de tiempo Δt . Un bloque 86 le indica al procesador 36 que almacene el nivel de vacío actual descendente P_{medida} en la memoria 38 como el nivel de vacío almacenado $P_{\text{almacenado}}$. En este punto, la tasa de cambio de nivel de vacío baja o de curva descendente dentro del espacio intersticial 18 puede ser calculada basándose en la diferencia que existe entre el nivel de vacío almacenado $P_{\text{almacenado}}$ y el nivel de vacío actual P_{medida} durante un intervalo de tiempo fijo Δt . Una tasa de cambio descendente $\Delta P_{\text{descendente}}$ puede ser descrita de forma matemática por la fórmula:

$$\Delta P_{\text{descendente}} = \frac{P_{\text{almacenado}} - P_{\text{medida}}}{\Delta t}$$

5

La tasa de cambio descendente $\Delta P_{\text{descendente}}$ representa la inclinación negativa de la curva descendente, la cual es la línea definida por los valores descendentes de nivel de vacío actual P_{medida} medidos por el sensor de vacío 32 durante el procedimiento de disminución de la rutina de autoaprendizaje 50.

10

Un bloque 88 compara el nivel de vacío actual P_{medida} con un nivel de vacío mínimo deseado $P_{\text{mín}}$. Se comprenderá que el nivel de vacío mínimo deseado $P_{\text{mín}}$ podría ser configurado al vacío cero (es decir, presión atmosférica) pero por lo general será más alto para reducir el tiempo total de instalación del sistema. En otras palabras, cuanto más cerca de la presión atmosférica se configure el nivel de vacío mínimo deseado $P_{\text{mín}}$, más tiempo tardará el espacio intersticial 18 en compensarse. Si el nivel de vacío actual P_{medida} es mayor que el nivel de vacío mínimo deseado $P_{\text{mín}}$, la rutina de autoaprendizaje 50 entra a un bloque 90 y procede a probar y almacenar el nivel de vacío actual P_{medida} hasta que el sensor de vacío 32 detecte el nivel de vacío mínimo deseado $P_{\text{mín}}$ dentro del espacio intersticial 18. No obstante, si, en el bloque 88, el nivel de vacío actual P_{medida} es inferior al nivel de vacío mínimo deseado $P_{\text{mín}}$, un bloque 92 hace que la válvula de control 30 se cierre. En este punto, el procedimiento de disminución de la rutina de autoaprendizaje 50 concluye y las tasas de cambio aprendidas ΔP_{evac} y $\Delta P_{\text{descendente}}$ pueden combinarse para producir la curva general de características de vacío mostrada en la Fig. 3.

15

20

La Fig. 3 ilustra una curva general característica de vacío 100 que representa las tasas de cambio aprendidas ΔP_{evac} , $\Delta P_{\text{descendente}}$, y la tasa derivada opcionalmente $\Delta P_{\text{máx}}$, medidas y derivadas por la operación de la rutina de autocalibración 50. Como se indicó antes, la línea 102 representa la tasa de cambio de evacuación aprendida ΔP_{evac} derivada durante la rutina de autoaprendizaje 50 y, en particular, ilustra un aumento positivo en el nivel de vacío del espacio intersticial 18 como una función de tiempo. En términos físicos, la línea 102 representa el espacio intersticial sellado 18 conectado de manera fluido-comunicante, a través de la válvula de control 30, al STP activo 22. Un tiempo máximo $T_{\text{máx}}$ representa la cantidad de tiempo requerida para que el STP 22 aumente el nivel de vacío actual dentro del espacio intersticial 18 al nivel de vacío máximo deseado $P_{\text{máx}}$.

25

30

Un alcance superior definido por la línea 102a y un alcance inferior definido por la línea 102b establecen la cantidad permitida de variación del nivel de vacío de la línea aprendida 102 durante el procedimiento de evacuación. Una subrutina de alarma puede activarse cuando el nivel de vacío actual P_{medida} se desvía más allá de los límites aceptables establecidos por los alcances superiores e inferiores definidos por las líneas 102a y 102b. Por ejemplo, la subrutina de alarma puede determinar que existe una fuga dentro del espacio intersticial 18 cuando se determina que el nivel de vacío actual se encuentra fuera de los alcances superiores e inferiores definidos por las líneas 102a y 102b, o cuando no se alcanza el vacío máximo deseado $P_{\text{máx}}$ por el tiempo $T_{\text{máx}}$.

35

40

Una línea 104 representa el nivel de vacío máximo deseado $P_{\text{máx}}$ y la tasa de cambio de vacío máximo aprendida $\Delta P_{\text{máx}}$ igual a cero (es decir, el vacío es constante). En términos físicos, la línea 104 representa el nivel de vacío actual constante medido cuando el espacio intersticial 18 es sellado y aislado del STP 22, y de la válvula de orificio de fuga 40. El espacio intersticial aislado 18 asegura que el nivel de vacío actual P_{medida} permanezca prácticamente constante en $P_{\text{máx}}$ durante la cantidad fija de intervalos de tiempo.

45

Como se describió anteriormente, la línea 106 representa la tasa de cambio descendente aprendida $\Delta P_{\text{descendente}}$ derivada durante la rutina de autoaprendizaje 50. La línea 106 ilustra una disminución en el nivel de vacío medido dentro del espacio intersticial 18 como una función de tiempo. En particular, la línea 106 corresponde a una configuración del sistema donde una fuga controlada ha sido introducida en el sistema de almacenamiento subterráneo 10, y el nivel de vacío actual P_{medida} disminuye a medida que el vacío dentro del espacio intersticial 18 se compensa con la presión atmosférica (es decir, un nivel de vacío igual a cero).

50

Como se ilustra en la Fig. 3, un alcance de permeación 108 es definido por una línea superior 108a y una línea inferior 108b que se inclinan alejándose de la línea 106. El alcance de permeación 108 representa el perfil de vacío a modo de ejemplo para el espacio intersticial sellado 18 como una función de tiempo. En otras palabras, durante condiciones normales de operación (por ejemplo, operaciones en estado de equilibrio sin fugas y otras variaciones), se espera que el nivel de vacío actual P_{medida} sea medido dentro del alcance de permeación 108 definido por las líneas 108a y 108b. El descenso de vacío estable representado por el alcance de permeación 108 es atribuible a las propiedades naturales de permeación del sistema de almacenamiento subterráneo 10, más que a una fuga u otra anomalía.

55

60

No obstante, si el nivel de vacío actual P_{medida} o la tasa de cambio del nivel de vacío actual ΔP_{actual} se desvía del alcance definido por las líneas 108a y 108b, (es decir, se encuentra fuera del alcance de permeación 108), entonces se asume la existencia de una fuga u otra anomalía dentro del espacio intersticial 18 y la subrutina de alarma podrá activarse.

65

ES 2 334 573 T3

La Fig. 4 ilustra un diagrama de flujo que detalla la operación de una rutina de monitoreo a modo de ejemplo 120 que emplea la curva característica de vacío total 100. Un bloque 122 hace que el sensor de vacío 32 pruebe y mida el nivel de vacío actual P_{medida} dentro del espacio intersticial 18. Un bloque 124 compara el nivel de vacío actual P_{medida} con un nivel de vacío mínimo permitido $P_{mín}$ (por ejemplo, 51 mm Hg (2 plg Hg) o vacío cero). Si el nivel de vacío actual P_{medida} se encuentra por debajo de un nivel de vacío mínimo permitido $P_{mín}$, un bloque 126 activa el STP 22 el cual, a su vez, comienza a evacuar el espacio intersticial 18 como se indica de modo general con la curva de evacuación 102 ilustrada en la Fig. 3.

Un bloque 128 hace que la válvula de control 30 se abra, estableciendo así una comunicación fluido-comunicante entre el STP 22, el espacio intersticial 18, y el sensor de vacío 32. Por lo general, la válvula de control 30 se abre luego de un período de retraso igual a la cantidad de tiempo requerida para que el sensor de vacío 32 detecte el vacío generado por el STP 22. Un bloque 130 le indica al sensor de vacío 32 que pruebe y mida el nivel de vacío actual creciente P_{medida} dentro del espacio intersticial 18 en cada uno de los intervalos de tiempo Δt .

Un bloque 132 compara una tasa de cambio de nivel de vacío actual P_{actual} con la tasa de cambio de evacuación aprendida ΔP_{evac} determinada durante la rutina de autoaprendizaje 50. Se comprenderá que la tasa de cambio del nivel de vacío actual ΔP_{actual} puede determinarse basándose en la diferencia que existe entre el nivel de vacío actual P_{medida} y los niveles de vacío almacenados $P_{almacenado}$ como una función de tiempo. Una tasa de cambio de nivel de vacío actual ΔP_{actual} puede ser descrita por la fórmula:

$$\Delta P_{actual} = \frac{P_{medida} - P_{almacenado}}{\Delta t}$$

Si se determina que la tasa de cambio de nivel de vacío actual ΔP_{actual} es inferior a la tasa de cambio de evacuación aprendida ΔP_{evac} , un bloque 134 podría activar la rutina de alarma. No obstante, si la tasa de cambio de nivel de vacío actual ΔP_{actual} supera la tasa de cambio de evacuación aprendida ΔP_{evac} , un bloque 136 le indica al procesador 36 que almacene el nivel de vacío actual creciente P_{medida} en la memoria 38 como el nivel de vacío almacenado $P_{almacenado}$.

Un bloque 138 compara el nivel de vacío actual P_{medida} con un nivel de vacío máximo deseado $P_{máx}$. Si el nivel de vacío actual es inferior al nivel de vacío máximo deseado $P_{máx}$, la rutina de monitoreo 120 ingresa en un bucle 140 y procede a probar y almacenar el nivel de vacío actual P_{medida} hasta que se detecte el nivel de vacío máximo $P_{máx}$ deseado. Sin embargo, si el nivel de vacío actual P_{medida} supera el nivel de vacío máximo deseado $P_{máx}$, un bloque 142 hace que la válvula de control 30 se cierre.

Un bloque 144 desactiva el STP 22 luego de completar la evacuación del espacio intersticial ahora sellado 18. Así, la rutina de monitoreo 120 ha recargado el nivel de vacío dentro del espacio intersticial 18. En funcionamiento, la evacuación o aumento en el nivel de vacío del espacio intersticial 18 procede a lo largo de la curva de vacío de evacuación aprendida 102, y la rutina de monitoreo 120 verifica de forma continua que el nivel de vacío actual P_{medida} permanezca dentro del alcance predefinido definido por las líneas 102a y 102b. De forma simultánea, el tiempo requerido para recargar el espacio intersticial 18 hasta el nivel de vacío máximo deseado $P_{máx}$ puede ser comparado con el tiempo máximo $T_{máx}$. Si el tiempo de recarga actual supera el tiempo máximo $T_{máx}$, se asume la existencia de una fuga u otra anomalía y la rutina de alarma 134 se activa.

Un bloque 146 reinicia la rutina de monitoreo 120 de modo tal que el sensor de vacío 32 pruebe y mida el nivel de vacío actual P_{medida} en el bloque 122. En el bloque 124, el nivel de vacío actual recientemente recargado P_{medida} es comparado con el nivel de vacío mínimo permitido $P_{mín}$ (por ejemplo, 51 mm Hg (2 plg Hg) o vacío cero). Dado que el nivel de vacío actual recientemente recargado P_{medida} es mayor que el nivel de vacío mínimo permitido $P_{mín}$, un bloque 148 compara la tasa de cambio de nivel de vacío actual P_{actual} con la tasa de cambio descendente aprendida $\Delta P_{descendente}$ determinada durante la rutina de autoaprendizaje 50.

Como se discutió anteriormente, el espacio intersticial 18 está sellado y la rutina de monitoreo 120 mide el nivel de vacío actual P_{medida} para determinar si la disminución en el nivel de vacío actual P_{medida} es atribuible a las propiedades naturales de permeación del sistema de almacenamiento subterráneo 10 o a una fuga.

Además, la comparación entre la curva de vacío aprendida y el nivel de vacío actual P_{medida} puede basarse en la diferencia que existe entre la tasa de cambio descendente $\Delta P_{descendente}$ y la tasa de cambio actual ΔP_{actual} o simplemente en la diferencia que existe entre el nivel de vacío actual P_{medida} y la propia Curva de vacío aprendida.

Un bloque 150 le indica al procesador 36 que almacene el nivel de vacío actual P_{medida} en la memoria 38 como el nivel de vacío almacenado $P_{almacenado}$. En este punto, la rutina de monitoreo 120 ingresa en un bucle 152 y procede a probar y almacenar el nivel de vacío actual P_{medida} hasta que se detecte el nivel de vacío mínimo permitido, momento en el cual el STP 22 se activa para evacuar el espacio intersticial 18.

ES 2 334 573 T3

Aunque las realizaciones descritas aquí han sido dirigidas a mediciones y análisis del nivel de vacío, se comprenderá que es posible emplear una sobrepresión dentro del espacio intersticial 18 para proporcionar un gradiente de presión apropiado para la medición por parte de una rutina de autoaprendizaje 50 y el monitoreo por parte de una rutina de monitoreo 120. Además, se comprenderá que el nivel de vacío actual P_{medida} y las tasas de cambio calculadas pueden ser determinadas de manera manual. Por ejemplo, las instrucciones manuales pueden indicarle a la unidad de control 5 34 que pruebe y almacene el nivel de vacío actual P_{medida} dentro del espacio intersticial 18. Además, un operador puede emplear las fórmulas de tasa de cambio y los conceptos discutidos arriba junto con los niveles de vacío almacenados $P_{\text{almacenado}}$ para calcular de forma manual las tasas de cambio deseadas.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de almacenamiento subterráneo (10) que consta de:

5 una unidad de contención primaria;

una unidad de contención secundaria (18) preparada para contener de manera sellada la unidad de contención primaria;

10 un sistema de detección de fugas adaptado para probar la presión dentro de la unidad de contención secundaria (18), donde el sistema de detección de fugas está adaptado para detectar fugas de fluidos en la unidad de contención primaria y en la unidad de contención secundaria (18);

15 una válvula de orificio de fuga (40) conectada de manera fluido-comunicante a la unidad de contención secundaria (18);

20 una unidad de control (34) con un procesador (36) adaptado para ejecutar una rutina de autocalibración (50), donde la rutina de autocalibración (50) está adaptada para medir una primera tasa de cambio de nivel de vacío durante la evacuación de la unidad de contención secundaria (18) y una segunda tasa de cambio de nivel de vacío durante una fuga controlada creada por la válvula de orificio de fuga (40) en la unidad de contención secundaria (18) basada en la presión probada por el sistema de detección de fugas.

25 2. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 1, donde la válvula de orificio de fuga (40) está conectada de manera removible a la unidad de contención secundaria (18).

30 3. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 1, donde la unidad de contención secundaria (18) está conectada de manera fluido-comunicante a una bomba de vacío (22, 28) adaptada para evacuar la unidad de contención secundaria (18).

35 4. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 1, donde la unidad de contención secundaria (18) está conectada de manera fluido-comunicante a un sensor de vacío (32) adaptado para medir un nivel de vacío dentro de la unidad de contención secundaria (18).

40 5. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 4, donde el sensor de vacío (32) es un sensor seleccionado de entre el grupo que consta de un sensor analógico continuo, un sensor digital discontinuo, y un sensor de intercambio.

45 6. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 1, donde el sistema de detección de fugas es un sistema de detección de vacío.

50 7. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 1, donde el sistema de detección de fugas está conectado de manera fluido-comunicante a la unidad de contención secundaria (18) y la unidad de control (34) incluye una memoria que almacena la rutina de autocalibración (50).

55 8. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 1, donde la válvula de orificio de fuga (40) está conectada de manera fluido-comunicante a la unidad de contención secundaria (18) y a un sensor de vacío (32), donde la válvula de orificio de vacío (40) está adaptada para proporcionar una fuga controlada cuando se encuentra en una posición abierta; y la unidad de control (34) está conectada de forma comunicativa al sensor de vacío (32) y adaptada para recibir una señal de salida de vacío, donde la unidad de control (34) incluye una memoria para almacenar la rutina de autocalibración (50) y el procesador (36) está adaptado para ejecutar la rutina de autocalibración (50) basado en la señal de salida de vacío y en un intervalo de tiempo determinado por el procesador.

60 9. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 8, que consta adicionalmente de una válvula de control adaptada para aislar de manera fluido-comunicante la unidad de contención secundaria (18).

65 10. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 8, donde la válvula de orificio de fuga (40) es una válvula manual.

11. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 8, que consta adicionalmente de una vía de fluidos entre la unidad de contención secundaria (18) y una fuente de vacío cero.

12. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 8, donde la unidad de control (34) activa la rutina de autocalibración (50) basada en un criterio predeterminado.

13. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 12, donde la unidad de control (34) desactiva la rutina de autocalibración (50) cuando la presión probada es inferior al nivel de vacío mínimo deseado.

ES 2 334 573 T3

14. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 8, donde la rutina de autocalibración (50) está adaptada para desarrollar una curva característica de vacío que representa la primera y la segunda tasa de cambio de nivel de vacío en la unidad de contención secundaria (18).
- 5 15. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 8, donde la unidad de control (34) incluye adicionalmente una rutina de monitoreo continuo adaptada para ser ejecutada en el procesador (36).
- 10 16. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 1, donde el sistema de detección de fugas está adaptado para probar un diferencial de presión dentro de la unidad de contención secundaria (18) y la unidad de control (34) incluye la memoria (38) para almacenar la rutina de autocalibración (50).
17. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 16, donde la unidad de contención secundaria (18) está conectada de manera fluido-comunicante a una bomba.
- 15 18. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 17, donde la bomba está adaptada para presurizar la unidad de contención secundaria (18).
19. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 17, donde la bomba está adaptada para evacuar la unidad de contención secundaria (18).
- 20 20. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 16, donde la unidad de contención secundaria (18) está conectada de manera fluido-comunicante a un sensor (32) adaptado para medir el diferencial de presión dentro de la unidad de contención secundaria (18).
- 25 21. Un sistema de almacenamiento subterráneo según la reivindicación 20, donde el sensor (32) es un sensor seleccionado de entre el grupo que consta de un sensor analógico continuo, un sensor digital discontinuo, y un sensor de intercambio.
- 30 22. Un método para generar una curva característica de vacío de un espacio intersticial de un sistema almacenamiento subterráneo, donde el método consta de: generar un vacío dentro del espacio intersticial en respuesta a un criterio predeterminado; determinar una primera tasa de cambio de nivel de vacío dentro del espacio intersticial durante la evacuación; crear una fuga controlada dentro del espacio intersticial; y determinar una segunda tasa de cambio de nivel de vacío dentro del espacio intersticial durante la fuga controlada.
- 35 23. Un método según la reivindicación 22, donde generar un vacío incluye adicionalmente activar una bomba de vacío conectada de manera fluido-comunicante al espacio intersticial.
- 40 24. Un método según la reivindicación 23, donde generar un vacío incluye adicionalmente abrir una válvula de control para proporcionar una conexión fluido-comunicante entre la bomba de vacío y el espacio intersticial.
25. Un método según la reivindicación 22, donde generar un vacío incluye adicionalmente generar el vacío en respuesta a la detección de que el primer nivel de vacío se encuentra por debajo de un nivel mínimo de vacío.
- 45 26. Un método según la reivindicación 21, donde determinar una primera tasa de cambio de nivel de vacío incluye adicionalmente medir un nivel de vacío intersticial durante un intervalo de tiempo.
27. Un método según la reivindicación 26, donde determinar una primera tasa de cambio de nivel de vacío incluye adicionalmente medir de manera continua un nivel de vacío intersticial en un intervalo regular de tiempo.
- 50 28. Un método según la reivindicación 21, donde crear una fuga controlada incluye adicionalmente abrir una válvula de fuga.
29. Un método según la reivindicación 28, donde la apertura de una válvula de fuga ocurre cuando el nivel de vacío dentro del espacio intersticial es igual a un nivel de vacío máximo.

55

60

65

FIG. 1

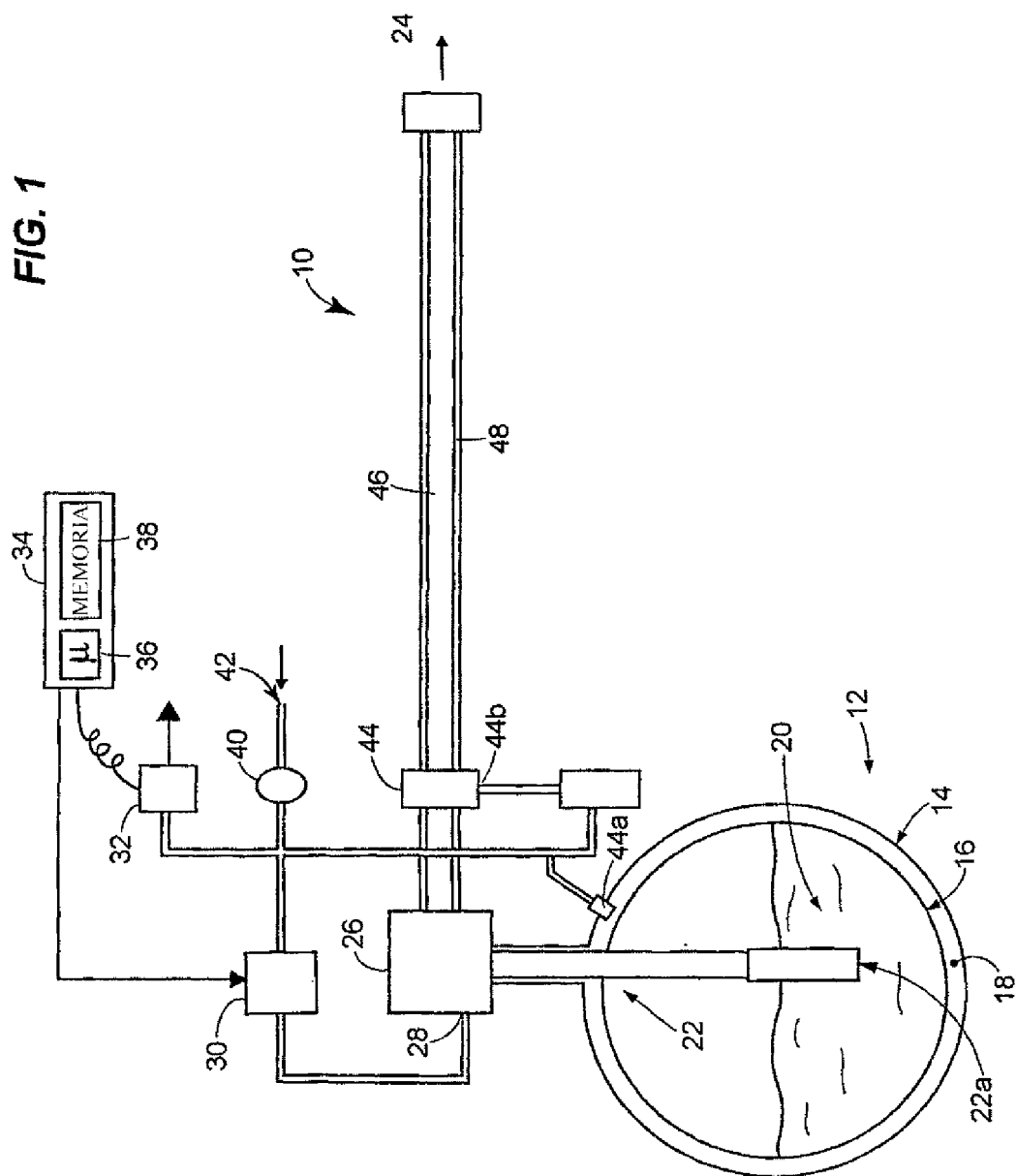


FIG. 2

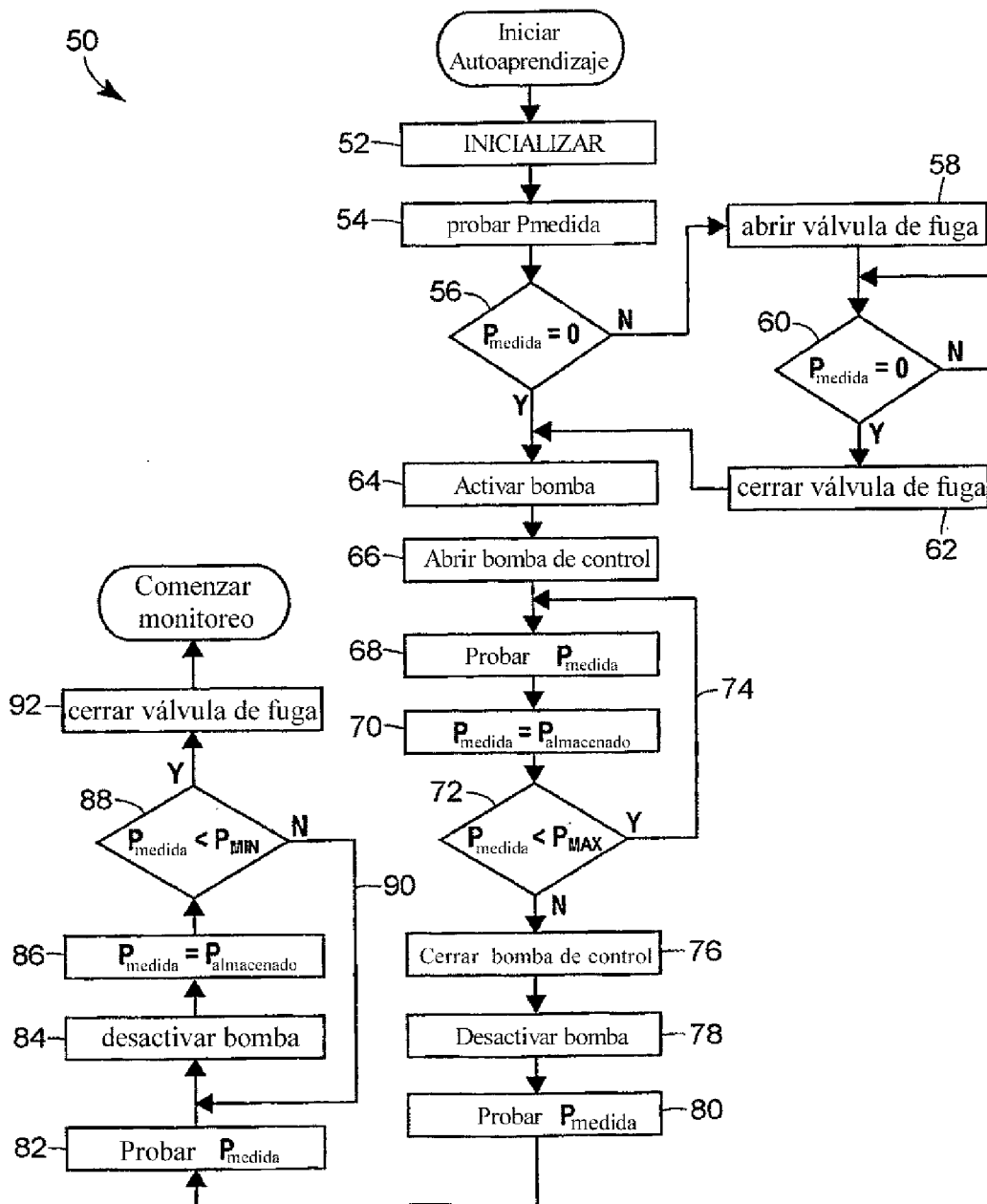


FIG. 3

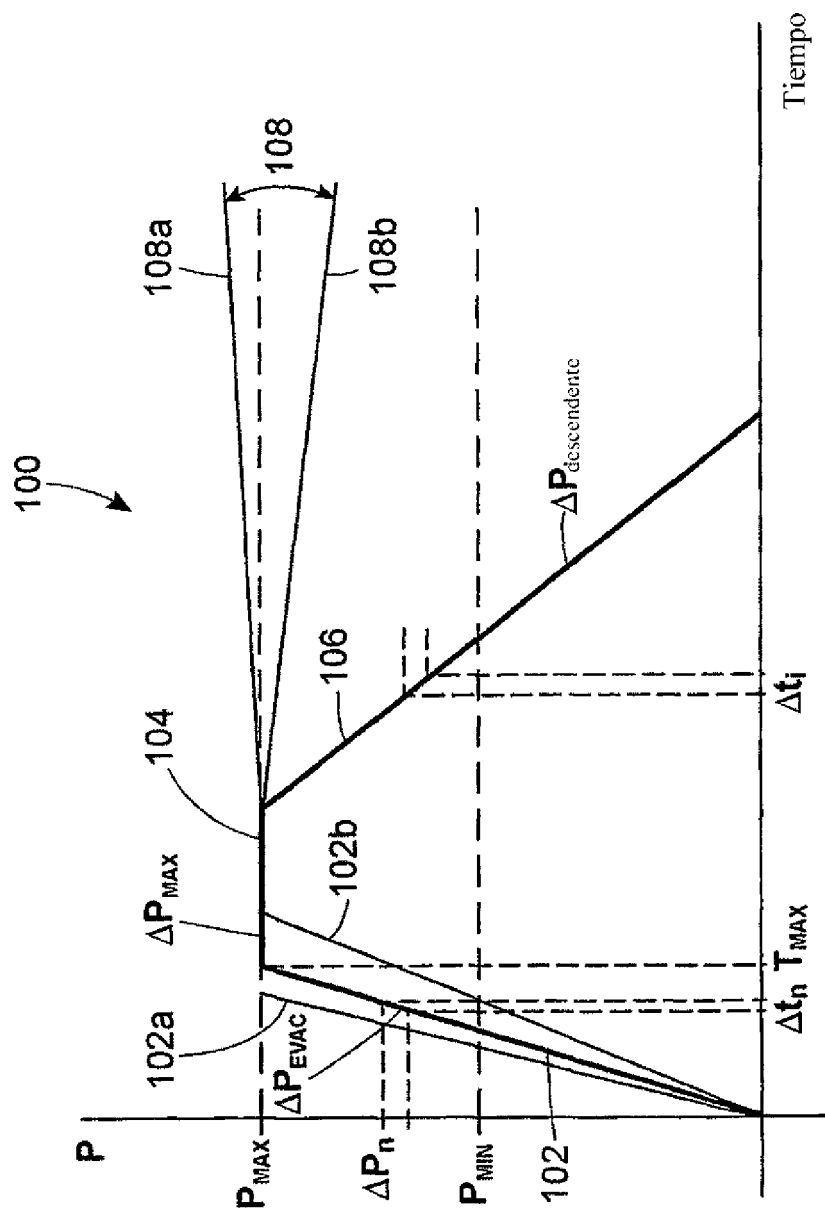


FIG. 4

