

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 570 553**

51 Int. Cl.:

**H01M 8/02** (2006.01)  
**C25B 9/08** (2006.01)  
**C25B 9/20** (2006.01)  
**C25B 1/10** (2006.01)  
**C25B 13/08** (2006.01)  
**C25B 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2009 E 14166927 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016 EP 2768056**

54 Título: **Procedimiento electroquímico**

30 Prioridad:

**11.04.2008 US 44336 P**

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

**19.05.2016**

73 Titular/es:

**MCWHINNEY, CHRISTOPHER M. (100.0%)**  
**125 W. Wenger Rd.**  
**Englewood, OH 45322, US**

72 Inventor/es:

**MCWHINNEY, CHRISTOPHER M. y**  
**ERBAUGH, DAVID C.**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 570 553 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

Procedimiento electroquímico

## 5 CAMPO TÉCNICO

**[0001]** Esta descripción se refiere a sistemas electroquímicos, en particular a sistemas de generación de hidrógeno y, más particularmente, a la electrólisis del agua para producir hidrógeno.

## 10 ANTECEDENTES

**[0002]** El hidrógeno puede proporcionar una energía limpia para alimentar automóviles, así como para cocinar, calentar espacios, calentar agua y para suministrar energía a unidades de aire acondicionado y de refrigeración por absorción. Además, a diferencia de la electricidad convencional, puede almacenarse para su uso posterior. Como se prevé actualmente, un uso extendido del hidrógeno requerirá una infraestructura significativa para la distribución eficiente y uso de este combustible. El coste de la generación de hidrógeno también puede ser un factor en su uso extendido.

**[0003]** El hidrógeno puede producirse mediante la electrólisis del agua, una materia prima fácilmente disponible y económica, haciendo pasar una corriente eléctrica a través del agua. Una fuente de electricidad de corriente directa se conecta a un ánodo y un cátodo colocados en contacto con el agua y el hidrógeno se genera en el cátodo y el oxígeno se genera en el ánodo. Una membrana se interpone entre el ánodo y el cátodo y los iones de hidrógeno se mueven por la membrana, donde se combinan con los electrones para formar hidrógeno gas. La membrana debe ser lo suficientemente duradera como para resistir el entorno cáustico del proceso de electrólisis, así como el estrés físico de la producción, a veces violenta, del gas hidrógeno y oxígeno. También se genera calor residual en el proceso, que, si se recupera, puede dar como resultado un aumento de la eficiencia total del proceso electrolítico.

**[0004]** Existen muchas fuentes de energía eléctrica necesarias para generar hidrógeno mediante el proceso de electrólisis. Las fuentes tradicionales incluyen la quema de combustibles fósiles, tal como carbón, derivados del petróleo y gas natural, y también pueden usarse plantas nucleares y fuentes no tradicionales, tales como energía eólica y paneles solares. La flexibilidad para utilizar la electricidad generada por una diversidad de fuentes puede proporcionar una mayor fiabilidad de la generación de hidrógeno. El uso de electricidad para generar hidrógeno también puede proporcionar un medio de almacenamiento conveniente que puede usarse para amortiguar las fluctuaciones dependientes del tiempo en la alimentación energética y la demanda de energía.

## 35 DESCRIPCIÓN RESUMIDA

**[0005]** Los aparatos electroquímicos pueden utilizar electricidad para inducir una reacción química, tal como la separación de agua en sus componentes hidrógeno y oxígeno en un electrolizador, o para proporcionar la energía eléctrica combinando hidrógeno y oxígeno para producir agua, como en una pila de combustible.

**[0006]** Un proceso de generación de hidrógeno electrolítico exhaustivo puede utilizar de forma eficaz energía alternativa limpia, facilitar un combustible de hidrógeno sin depender de una infraestructura de distribución de hidrógeno compleja y costosa, y eliminar los problemas de eliminación de residuos complejos y costosos.

**[0007]** Se incluye una membrana de tejido de nylon ripstop para un aparato electroquímico que es tanto duradera como de bajo coste. Opcionalmente, la membrana de nylon ripstop se combina con una junta con base de plastisol en un conjunto de membrana. También se incluyen componentes de polietileno de alta densidad (HDPE) ligeros y de bajo coste, cuyos componentes pueden formarse para enmarcar tanto electrodos individuales como membranas individuales en módulos de una única pieza. Los módulos de múltiples electrodos y los módulos de membrana pueden combinarse para producir un sistema electrolizador multicelda. También se incluyen espacios inter-electrodo pequeños y elevadas áreas de contacto electrodo-agua para facilitar la operación del electrolizador de alta eficiencia. También se incluyen características de seguridad y de control de procesos eficaces y de bajo coste que ayudan a reducir y minimizar los peligros de la generación electrolítica de hidrógeno.

**[0008]** Un electrolizador puede utilizar de forma flexible energía eléctrica a partir de una diversidad de fuentes. Puede utilizarse el viento de cualquier velocidad suficiente para hacer girar un aerogenerador. El viento o la energía solar pueden convertirse en hidrógeno y almacenarse fuera de horas pico o cuando dicha energía eléctrica generada es más de la requerida para cumplir la demanda. Puede proporcionarse un rectificador para convertir la energía CA

convencional para proporcionar CC al electrolizador si se desea. Las baterías pueden cargarse mediante energía eólica o solar y usarse posteriormente para alimentar el electrolizador o para suavizar los cambios en la fuente.

5 **[0009]** El calor residual puede capturarse y utilizarse con otro fin. Por ejemplo, encerrando el electrolizador, puede hacerse circular agua u otro medio de transferencia de calor para proporcionar calor a una residencia u oficina. Encerrando las torres de recolección de hidrógeno y oxígeno, puede hacerse circular aire u otro medio de transferencia de calor adecuado para recoger el calor residual adicional. Pueden obtenerse eficiencias adicionales haciendo circular agua u otro medio de transferencia de calor adecuado a través de bobinas de transferencia de calor incluidas dentro de las torres.

10

**[0010]** La invención se refiere a un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende aplicar una corriente eléctrica CC a través de una membrana que comprende nylon ripstop y retirar hidrógeno de la cámara catódica y retirar oxígeno de la cámara anódica.

15 **[0011]** En una realización, un aparato comprende una primera placa de compresión; una primera placa de aislamiento próxima a la primera placa de compresión; un primer electrodo próximo a la primera placa de aislamiento; un primer marco lateral próximo al primer electrodo, teniendo el primer marco lateral una apertura, una entrada de líquido, un canal formado entre la apertura y la entrada de líquido, una salida de gas, y un canal formado entre la apertura y la salida de gas; comprendiendo adicionalmente el aparato al menos un conjunto de membrana-electrodo, el al menos un conjunto de membrana-electrodo próximo al primer marco lateral y comprendiendo un conjunto de membrana, comprendiendo el conjunto de membrana una membrana de nylon ripstop y una junta fijada al borde de la membrana; comprendiendo adicionalmente el al menos un conjunto de membrana-electrodo un primer marco interior, comprendiendo el primer marco interior una apertura, al menos una entrada de líquido, un canal formado entre la apertura y la entrada de líquido, una salida de gas, y un canal formado entre la apertura y la salida de gas; comprendiendo adicionalmente el al menos un conjunto de membrana-electrodo un electrodo interior y un segundo marco interior, comprendiendo el segundo marco interior una apertura, al menos una entrada de líquido, un canal formado entre la apertura y la entrada de líquido, una salida de gas, y un canal formado entre la apertura y la salida de gas; comprendiendo adicionalmente el aparato un conjunto de membrana adicional, el conjunto de membrana adicional próximo al conjunto de membrana-electrodo, y comprendiendo una membrana de nylon ripstop y una junta fijada al borde de la membrana; comprendiendo adicionalmente el aparato un segundo marco lateral, el segundo próximo al conjunto de membrana adicional, y comprendiendo una apertura, una entrada de líquido, un canal formado entre la apertura y la entrada de líquido, una salida de gas, y un canal formado entre la apertura y la salida de gas; comprendiendo adicionalmente el aparato un electrodo adicional, el electrodo adicional próximo al segundo marco lateral; una segunda placa de aislamiento, la segunda placa de aislamiento próxima al electrodo adicional; y una segunda placa de compresión, la placa de compresión próxima a la segunda placa de aislamiento. El electrodo adicional, la segunda placa de aislamiento y la segunda placa de compresión pueden incluir adicionalmente cada uno una entrada de líquido y una salida de gas.

20 **[0012]** Como se apreciará por los expertos en la técnica relevante, estos elementos se intercalaran entre sí para crear un aparato electroquímico, y especialmente un electrolizador.

25 **[0013]** En una realización adicional, una membrana para un electrolizador comprende un tejido sintético. En una realización adicional, el tejido sintético comprende nylon. En una realización adicional, el nylon comprende nylon ripstop.

45

**[0014]** En una realización adicional, un procedimiento comprende establecer una corriente eléctrica CC a través de la membrana de nylon ripstop.

50 **[0015]** En una realización adicional, un procedimiento comprende aplicar un borde de plastisol a una membrana de nylon ripstop.

**[0016]** En una realización adicional, un procedimiento comprende (a) colocar un primer lado de una primera placa de aislamiento contra un segundo lado de una primera placa de compresión; (b) colocar un primer lado de un primer electrodo contra un segundo lado de la primera placa de aislamiento; (c) colocar un primer lado de un primer marco lateral contra un segundo lado del primer electrodo, comprendiendo el primer marco lateral: un segundo lado; una entrada de líquido que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; un canal formado en el primer lado entre la apertura y la entrada de líquido; una salida de gas que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; y un canal formado en el primer lado entre la apertura y la salida de gas; (d) colocar un primer lado del conjunto

de membrana de al menos un conjunto de membrana-electrodo contra el segundo lado del primer marco lateral, comprendiendo el al menos un conjunto de membrana-electrodo: un conjunto de membrana, comprendiendo el conjunto de membrana: una membrana de nylon ripstop; y una junta fijada a un borde del al menos un lado de la membrana; un primer marco, definiendo el primer marco una apertura, y comprendiendo: un primer lado, mirando y  
 5 adyacente el primer lado en un segundo lado del conjunto de membrana; un segundo lado; una entrada de líquido que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; un canal formado en el segundo lado entre la apertura y la entrada de líquido; una salida de gas que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; y un canal formado en el segundo lado entre la apertura y la salida de gas; un electrodo interior, un primer lado del electrodo interior que mira y que está adyacente al segundo lado del primer marco interior; y un segundo marco, definiendo el  
 10 segundo marco una apertura, y comprendiendo: un primer lado, mirando y estando adyacente el primer lado a un segundo lado del electrodo interior; un segundo lado; una entrada de líquido que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; un canal formado en el primer lado entre la apertura y la entrada de líquido; una salida de gas que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; y un canal formado en el primer lado entre la apertura y la salida de gas; (e) colocar un primer lado de un conjunto de membrana adicional contra el segundo lado  
 15 del segundo marco del conjunto de membrana-electrodo; (f) colocar un primer lado de un segundo marco lateral contra un segundo lado del conjunto de membrana adicional; (g) colocar un primer lado de un electrodo adicional contra un segundo lado del segundo marco lateral; (h) colocar el primer lado de una segunda placa de aislamiento contra un segundo lado del electrodo adicional; y (i) colocar un primer lado de una segunda placa de compresión contra un segundo lado de la segunda placa de aislamiento. El electrodo adicional, la segunda placa de aislamiento y la segunda placa de compresión pueden incluir cada uno una entrada de líquido y una salida de gas.

**[0017]** Los detalles de una o más implementaciones se exponen en los dibujos adjuntos y la descripción que se indica a continuación. Otras características serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos y a partir de las reivindicaciones.

25

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS DIVERSAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

**[0018]** Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen parte de esta memoria descriptiva, ilustran varias realizaciones coherentes con la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la  
 30 invención.

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de hidrógeno;  
 la figura 2 es una vista en corte parcial que ilustra un electrolizador y torres de recolección asociadas junto con carcasas;  
 35 las figuras 3 y 4 se combinan para dar una vista por piezas que ilustra los componentes de un electrolizador;  
 la figura 5 ilustra el detalle de un canal;  
 la figura 6 ilustra el detalle de un tejido de membrana;  
 la figura 7 es un diagrama de proceso que ilustra un electrolizador y el equipo auxiliar y controles asociados;  
 las figuras 8 y 9 son diagramas de circuito que ilustran circuitos de monitorización y control para un  
 40 electrolizador y el equipo auxiliar asociado;  
 la figura 10 es un diagrama de circuito que ilustra un detector de oxígeno y un circuito de control asociado;  
 la figura 11 es una vista por piezas de un electrodo enmarcado; y  
 la figura 12 es una vista por piezas de una membrana enmarcada.

#### 45 DESCRIPCIÓN DETALLADA

**[0019]** Haciendo referencia a la figura 1, un sistema de hidrógeno 10 incluye un electrolizador 100 (también mostrado en las figuras 2 y 7) adaptado para producir hidrógeno 32 a partir de agua 34 usando electricidad 28. El electrolizador 100 convierte el agua 34 en sus componentes de hidrógeno 32 y oxígeno 30. Un electrolito 36 se  
 50 combina con el agua 34 en un depósito de agua de alimentación 38 y se introduce en el electrolizador 100 como agua de alimentación 40. Típicamente, el electrolito 36 es hidróxido sódico (NaOH) o hidróxido potásico (KOH), pero cationes tales como, pero también pueden usarse, sin limitación, litio (Li<sup>+</sup>), rubidio (Rb<sup>+</sup>), potasio (K<sup>+</sup>), cesio (Cs<sup>+</sup>), bario (Ba<sup>2+</sup>), estroncio (Sr<sup>2+</sup>), calcio (Ca<sup>2+</sup>), sodio (Na<sup>+</sup>) y magnesio (Mg<sup>2+</sup>). Los expertos en la técnica relevante reconocerán que son adecuados otros compuestos para proporcionar un electrolito 36 para el electrolizador 100. La  
 55 electricidad de corriente directa (CC) 28 suministrada al electrolizador 100 proporciona la electricidad necesaria 28 para producir el hidrógeno 32. Se añade agua de reposición 34 según se requiera. Se añade el electrolito 36 según sea necesario para mantener la concentración apropiada.

**[0020]** Un módulo de selección y acondicionamiento de energía eléctrica 14 permite que el sistema de hidrógeno

- 10 proporcione electricidad CC 28 a partir de una diversidad de fuentes que se conectan de forma apropiada al mismo. Únicamente a modo de ejemplo, dichas fuentes incluyen paneles solares 22, aerogeneradores 24, baterías 26 y la red de energía convencional 16, cuya electricidad de corriente alterna (CA) 18 puede convertirse en CC mediante un rectificador CA-CC que puede incluirse en el módulo de selección y acondicionamiento de energía 14.
- 5 Se apreciará por los expertos en la técnica relevante que las fuentes distintas de las mostradas y analizadas también pueden proporcionar la energía eléctrica necesaria 28. Ventajosamente, el exceso de energía procedente de, por ejemplo, paneles solares 22 o aerogeneradores 24, no requerida para hacer funcionar el electrolizador 100, puede suministrarse de nuevo a la red 16 para crédito o utilizarse en una residencia, negocio u otra propiedad.
- 10 **[0021]** Como se muestra en la figura 1, el oxígeno 30 puede expulsarse a la atmósfera o tratarse adicionalmente para otros usos. El hidrógeno 32 producido por el electrolizador 100 puede enviarse al almacenamiento 12 para su uso posterior y puede comprimirse (no se muestra) para su almacenamiento a mayores presiones según sea necesario. En una configuración residencial, por ejemplo, el hidrógeno 32 puede usarse para llenar un recipiente de suministro a bordo, por ejemplo, con un vehículo 42. Los electrodomésticos fijos convencionales 44, tales como una
- 15 estufa, calentador de agua, cocina u horno, un aire acondicionado o refrigerador por absorción, un generador de electricidad o pila de combustible pueden alimentarse mediante el hidrógeno 32. Finalmente, el exceso de calor del electrolizador 102 o un colector de hidrógeno u oxígeno 104, 106 (descrito más detalladamente a continuación) pueden ayudar a reducir adicionalmente las demandas de calor.
- 20 **[0022]** El electrolizador 102 y los componentes auxiliares seleccionados se muestran en la figura 2. Un electrolizador 102 (descrito más completamente a continuación) recibe agua a través del colector de hidrógeno 104 y el colector de oxígeno 106 (ambos descritos más completamente a continuación). El colector de hidrógeno 104 recoge el hidrógeno 32 generado por el electrolizador 102 y el colector de oxígeno 106 recoge el oxígeno 30 generado por el electrolizador 102.
- 25 **[0023]** En una realización ejemplar como se muestra en la Figura 2, el electrolizador 102 se encierra dentro de un cierre de electrolizador sellado 108 y los colectores de hidrogeno y oxigeno 104, 106 se encierran en la carcasa de recolección sellado 110. El agua u otro fluido de transferencia de calor adecuado puede circular a través de la carcasa del electrolizador 108 y alrededor del electrolizador 102 como se indica por el fluido de transferencia de calor que circula por la carcasa del electrolizador en 112 y la salida de fluido de transferencia de calor que circula por la carcasa del electrolizador 114. El fluido de transferencia de calor que circula por la carcasa del electrolizador a través de la carcasa del electrolizador 108 puede calentarse mediante el electrolizador 102 a, por ejemplo, 115° F y pueden usarse posteriormente para calentar un espacio o para calentar agua caliente, especialmente en una residencia. Puede circular aire u otro fluido de transferencia de calor adecuado a través de la carcasa de colector
- 30 110 y alrededor de los colectores de hidrogeno y oxigeno 104, 106 como se indica por la entrada de fluido de transferencia de calor que circula por la carcasa de colector 116 y la salida de fluido de transferencia de calor que circula por la carcasa de colector 118. El fluido caloportador circulante de la carcasa de colector que circula a través de la carcasa de colector 110 se calienta por los colectores de hidrógeno y oxígeno 104, 106, por ejemplo, a 130 °F (54,44 °C) y puede usarse posteriormente para el calentamiento de espacios, calentar agua o para alimentar un aire acondicionado o refrigerador por absorción. En una realización ejemplar, la carcasa del electrolizador 108 y la carcasa de colector 110 se construyen con paneles de polietileno (HDPE) de alta densidad de 3/4 pulgadas y se sellan apropiadamente para contener el fluido caloportador circulante.
- 35 **[0024]** Las figuras 3 y 4 se combinan para ilustrar una realización ejemplar de un electrolizador multicelda 102. Para ir en orden, en primer lugar se encuentra una placa de compresión terminal cerrada de pila 200. En la realización ilustrada, la placa de compresión terminal cerrada de pila 200 no tiene medios para permitir la entrada o salida de las corrientes de proceso. Dichas conexiones están al término de la pila 102. En una realización ejemplar, la placa de compresión terminal cerrada de pila 200 es un acero laminado en caliente 3/4 pulgadas. La placa de compresión terminal cerrada de pila 200 también puede comprender un material, tal como acero laminado en frío,
- 40 material compuesto u otro material con resistencia suficiente. La placa de compresión terminal cerrada de pila 200 incluye una pluralidad de orificios de pernos de compresión de pila 202. En la realización ilustrada, hay 16 orificios de pernos de compresión de pila 202 que reciben un número similar de pernos de compresión de pila (no mostrado). La placa de compresión terminal cerrada de pila 200 coopera con una placa de compresión terminal abierta de pila 290 (figura 4) y la pluralidad de pernos de compresión de pila (no mostrada) para las mantiene juntas y comprime el electrolizador 102. Además, en una realización ejemplar, la placa de compresión terminal cerrada de pila 200 incluye un orificio de borne 204 para recibir, y para permitir la proyección de, un borne 232 fijado a un ánodo 230. El borne 232 permite que se aplique corriente eléctrica al electrolizador 102. Como se apreciará por los expertos en la técnica relevante, el ánodo 230 y el cátodo 231 (figura 4) pueden invertirse y el equipo de recolección auxiliar se modifica en consecuencia. En la realización ilustrada, la placa de compresión terminal cerrada de pila 200 incluye
- 45 50 55

adicionalmente una lengüeta de elevación de pila 206 que incluye un orificio de elevación de pila 208 para facilitar la elevación y el transporte del electrolizador 102. En una realización ejemplar, la superficie de la placa de compresión terminal cerrada de pila 200 opuesta a la placa de aislamiento terminal cerrada de pila 220 se trata con rectificación Blanchard.

5

**[0025]** Adyacente a la placa de compresión terminal cerrada de pila 200 se encuentra una placa de aislamiento terminal cerrada de pila 220. En una realización ejemplar, la placa de aislamiento terminal cerrada de pila 220 es HDPE de 3/4 pulgadas. Pueden ser satisfactorios otros materiales no conductores con resistencia suficiente y propiedades de resistencia al calor, tales como polietileno de baja densidad (LDPE), poliuretano, nylon y materiales cerámicos. La placa de aislamiento terminal cerrada de pila 220 incluye una serie de orificios de pernos de compresión de pila 202. En la realización ilustrada, hay 16 orificios de pernos de compresión de pila 202 que reciben un número similar de pernos de compresión de pila (no mostrados). Además, en una realización ejemplar, la placa de aislamiento terminal cerrada de pila 220 incluye un orificio de borne 204 para recibir, y para permitir la proyección de, el borne 232 fijado al ánodo 230. La placa de aislamiento terminal cerrada de pila 220 puede incluir adicionalmente un conjunto de sellos (no mostrado), tal como juntas tóricas asentadas en un conjunto similar de ranuras de sellado (no mostradas) formadas para cerrar herméticamente una o más entradas de agua 234, una salida de oxígeno 236 y una salida de hidrógeno 238 formadas en el ánodo 230.

**[0026]** Adyacente a la placa de aislamiento terminal cerrada de pila 220 está el ánodo 230. El ánodo 230 incluye el borne 232 fijado al mismo que puede roscarse para facilitar su conexión a la corriente eléctrica CC. Como se apreciará por los expertos en la técnica relevante, el ánodo 230 puede conectarse a corriente eléctrica CC de varias maneras, incluyendo, pero sin limitación, una o más pestañas a lo largo de los bordes laterales del ánodo 230. En una realización ejemplar, el ánodo 230 se construye de acero inoxidable 316 de calibre 11. En la realización ilustrada, el ánodo 230 incluye 16 orificios de pernos de compresión de pila 202 que reciben un número similar de pernos de compresión de pila (no mostrados). Según se ensambla, el ánodo 230 se coloca de forma que su borne 232 sobresalga a través de los orificios de bornes 204 formados en la placa de aislamiento terminal cerrada de pila 220 y la placa de compresión terminal cerrada de pila 200 y se conecta a la corriente eléctrica CC. En una realización ejemplar, el ánodo 230 se forma con una salida de oxígeno 236, una salida de hidrógeno 238 y una o más entradas de agua 234.

30

**[0027]** Adyacente al ánodo 230 se encuentra un primer marco lateral 240. Se muestra en la figura 3 el lado del ánodo del primer marco lateral 240. En una realización ejemplar, el primer marco lateral 240 es HDPE. Al igual que con las placas de aislamiento 220, 280 (figura 4), y los marcos interiores 260 (figuras 3 y 4), los marcos laterales 240 pueden comprender LDPE, poliuretano, nylon o un material cerámico. El primer marco lateral 240 incluye una apertura de cámara 248 y, en la realización ilustrada, 16 orificios de pernos de compresión de pila 202 que reciben un número similar de pernos de compresión de pila (no mostrados). El primer marco lateral 240 incluye adicionalmente al menos una entrada de agua 234. En la realización ilustrada, el lado del ánodo del primer marco lateral 240 incluye al menos un canal 244 formado entre la al menos una entrada de agua 234 y la apertura de cámara 248 y, por lo tanto, proporciona una conectividad fluida entre la entrada de agua 234 y la apertura de cámara 248. En la realización ilustrada, el lado del ánodo del primer marco lateral 240 incluye al menos un soporte de canal 246 (mostrado de forma análoga en la figura 5). El al menos un soporte de canal 246 ayuda a mantener la integridad del canal 244 cuando el electrolizador 102 está bajo compresión.

**[0028]** El primer marco lateral 240 incluye adicionalmente una salida de oxígeno 236 y una salida de hidrógeno 238. En la realización ilustrada, el lado del ánodo del primer marco lateral 240 incluye un canal 244 formado entre la salida de oxígeno 238 y la apertura de cámara 248. En la realización ilustrada, el lado del ánodo del primer marco lateral 240 incluye al menos un soporte de canal 246 (figura 5). El lado inverso del primer marco lateral 240, que se opone, y está adyacente, a un primer conjunto de membrana 250, se describe a continuación en el presente documento al describir un lado del conjunto de membrana de un primer marco interior 260.

50

**[0029]** Haciendo referencia de nuevo a la figura 3, adyacente al primer marco lateral se encuentra el primer conjunto de membrana 250. En una realización ejemplar, el primer conjunto de membrana 250 comprende una membrana 256 y una junta de membrana asociada 254. En una realización ejemplar adicional, la membrana 256 es nylon ripstop con un recuento de hilos por pulgada cuadrada de 118 x 92 y un peso por yarda cuadrada de aproximadamente dos onzas. El nylon ripstop es duradero y más económico que los materiales alternativos y es resistente al ataque químico por el agua de alimentación cáustica 40. En una realización ejemplar, el nylon usado en el material de membrana es nylon 6,6. En una realización ejemplar adicional, el nylon usado en el material de membrana es nylon 6. En una realización ejemplar, la membrana de nylon ripstop 256 se trata con un repelente de agua con base de fluorocarbono. En una realización ejemplar adicional, la membrana de nylon ripstop 256 no está

tan tratada. Cuando está húmeda, la membrana 256 permite el paso a través selectivo de los electrones. Adicionalmente, y aunque sin desear quedar ligado a teoría alguna particular, se cree que la estructura del material de nylon ripstop, con sus hilos de refuerzo ripstop entretejidos en un patrón cuadrícula, puede realizar una concentración de densidad de corriente y mejorar la eficiencia de la celda.

5

**[0030]** En una realización ejemplar, la membrana también puede comprender otros materiales de tejido sintético. Las poliamidas de las cuales el nylon es un tipo, también incluyen aramidas, una clase de fibras resistentes al calor fuertes que comprenden productos aromáticos.

10 **[0031]** La junta de membrana 254 realiza un sello de la membrana 256 cuando se incluye en el electrolizador 102. En una realización ejemplar, la junta de membrana 254 comprende plastisol unido a un borde de la membrana 256. El plastisol puede aplicarse a través de un proceso de serigrafía. El borde de un lado de la membrana 256 se recubre con plastisol y se calienta, típicamente en un horno, lo suficiente para unir el plastisol a la membrana 256, en una realización ejemplar, generalmente entre aproximadamente 140 °C y aproximadamente 170 °C durante entre  
15 aproximadamente 45 segundos y aproximadamente 60 segundos. En otra realización ejemplar, aproximadamente 175 °C durante aproximadamente 90 segundos. Después, la membrana 256 se gira sobre sí misma y el borde del otro lado de la membrana 256 se reviste con plastisol y se calienta como anteriormente. Las uniones se completan después de aproximadamente 72 horas. Antes del tratamiento con plastisol para formar la junta de membrana 254, las dimensiones originales de la membrana 256 son mayores para alojar la retracción en el proceso de  
20 calentamiento.

**[0032]** La junta de membrana 254 comprende al menos una entrada de agua 234, una salida de oxígeno 236, una salida de hidrógeno 238 y una serie de orificios de perno de compresión de pila 202. Puede usarse un perforador de troquel para formar estos orificios, entradas y salidas, y pueden incluir una serie de postes de plantilla de alineación  
25 (no mostrados). Puede incluirse una serie de marcas u orificios de alineación 252 en el conjunto de membrana 250 que cooperan con los postes de plantilla de alineación del perforador de troquel para permitir que el conjunto de membrana 250 se alinee de forma apropiada en el perforador de troquel.

**[0033]** Se usan plastisoles para imprimir tejidos y se componen principalmente de resina de cloruro de polivinilo  
30 (PVC), típicamente un polvo blanco, y un plastificante, típicamente un líquido espeso y transparente. Opcionalmente, puede añadirse un colorante. Las tintas deben calentarse hasta madurar, generalmente a temperaturas en el intervalo de 140-170 °C, como se ha analizado anteriormente. La porosidad del tejido permite una buena penetración del plastisol y, por lo tanto, una buena adhesión del plastisol al tejido. Sin embargo, cuando se usa con nylon ripstop fuertemente tejido el plastisol puede combinarse con un agente de unión de nylon, tal como, el agente de unión  
35 Nylobond™ (NYBD-9120) (Union Ink Co., Ridgefield, NJ). En una realización ejemplar, la tinta es Ultrasoft PLUS (PLUS-6000) (Union Ink Co.) y se formula.

**[0034]** En una realización adicional ejemplar, el plastisol es de la serie 900, tal como 902LF, de International Coatings Co. (Cerritos, CA). Estas formulaciones de plastisol incluyen un catalizador de agente de unión  
40 premezclado. La maduración ejemplar es aproximadamente a 175 °C durante aproximadamente 90 segundos.

**[0035]** En una realización ejemplar, el conjunto de membrana 250 es de aproximadamente 0,009 pulgadas (0,02 cm) de espesor en la junta de membrana 254. Bajo compresión en el electrolizador 102, la junta de membrana 150 se comprime y el conjunto de membrana 250 se comprime hasta aproximadamente 0,005 pulgadas (0,01 cm).  
45

**[0036]** Haciendo referencia de nuevo a la figura 3, adyacente al primer conjunto de membrana 250 se encuentra un primer marco interior 260. Se muestra en la figura 3 el primer lado de membrana del primer marco interior 260. En una realización ejemplar, el primer marco de interior 260 es HDPE. El primer marco interior incluye una apertura de cámara 248 y, en la realización ilustrada, 16 orificios de perno de compresión de pila 202 que reciben un número  
50 similar de pernos de compresión de pila (no mostrados). El primer marco interior 260 también incluye al menos una entrada de agua 234, una salida de oxígeno 236 y una salida de hidrógeno 238.

**[0037]** El lado del primer marco interior 260 que se opone a un electrodo interior 270 se describe adicionalmente en el presente documento a continuación con el segundo marco interior 260. En el lado del electrodo interior del  
55 primer marco interior 260 se encuentra una plataforma de electrodo 272 formada alrededor de la apertura de cámara 248 en la que el electrodo interior 270 puede alojarse. En una realización ejemplar, la plataforma de electrodo 272 tiene una profundidad de un medio el espesor del electrodo interior 270. Como se apreciará por los expertos en la técnica, el lado del electrodo interior del primer marco interior 260, analizado a continuación con el segundo marco interior 260, y mostrado en detalle en la figura 4, incluye un canal 244 (no mostrado, pero ilustrado de forma análoga

con el segundo marco interior 260 de la figura 4), análogo al canal 244, formado entre la salida de hidrógeno 238 (no mostrada, pero ilustrada de forma análoga con el segundo marco interior 260 en la figura 4) y la apertura de cámara 248. El canal 244 puede incluir adicionalmente al menos un soporte de canal 246 (figura 5).

5 **[0038]** Volviendo ahora a la figura 4, adyacente al primer marco interior 260 se encuentra el electrodo interior 270. Como se apreciará por los expertos en la técnica, el electrodo interior 270 funciona como un electrodo bipolar. En una realización ejemplar, el electrodo interior 270 está dimensionado para alojarse dentro del lado del electrodo de cada marco interior 260. En una realización ejemplar, el electrodo interior 270 es de acero inoxidable 316 de calibre 18.

10

**[0039]** Adyacente al electrodo interior 270 se encuentra un segundo marco interior 260. Como se muestra en la figura 4, el lado del electrodo interior del segundo marco interior 260 mira al electrodo interior 270. En una realización ejemplar, el segundo marco interior es 260 es HDPE. El segundo marco interior 260 incluye una apertura de cámara 248 y, en la realización ilustrada, 16 orificios de pernos de compresión de pila 202, que reciben un número similar de pernos de compresión de pila (no mostrados). El segundo marco interior 260 también incluye al menos una entrada de agua 234, una salida de oxígeno 236 y una salida de hidrógeno 238.

15

**[0040]** El lado del segundo marco interior 260 que se opone al electrodo interior 270 incluye una plataforma de electrodo 272 formada alrededor de la apertura de cámara 248 en la que el electrodo interior 270 puede alojarse. En una realización ejemplar, la plataforma de electrodo 272 tiene una profundidad de un medio y el espesor del electrodo interior 270. El lado del electrodo interior del segundo marco interior 260 incluye un canal 244 formado entre la salida de oxígeno 236 y la apertura de cámara 248. El canal 244 puede incluir al menos un soporte de canal 246 (figura 5).

20

25 **[0041]** El lado del segundo marco interior 260 que es adyacente, y se opone, a un segundo conjunto de membrana 250 se muestra de forma análoga en detalle y se describe con el lado opuesto mirando al primer conjunto de membrana 250 del primer marco interior 260 (figura 3).

30 **[0042]** Adyacente al lado del segundo conjunto de membrana del segundo marco interior 260 se encuentra un segundo conjunto de membrana 250, que se ha descrito en el presente documento anteriormente con el primer conjunto de membrana 250.

35 **[0043]** Adyacente al segundo conjunto de membrana 250 se encuentra un segundo marco lateral 240. En una realización ejemplar, el segundo marco lateral 240 es HDPE. El segundo marco lateral 240 incluye una apertura de cámara 248 y, en la realización ilustrada, 16 orificios de perno de compresión de pila 202 que reciben un número similar de pernos de compresión de pila (no mostrados). El segundo marco lateral 240 incluye adicionalmente al menos una entrada de agua 234, una salida de oxígeno 236 y una salida de hidrógeno 238. Mostrado de forma análoga en detalle en la figura 3, y como se ha descrito de forma análoga anteriormente en referencia al primer marco lateral 240, el lado del cátodo del segundo marco lateral 240 incluye adicionalmente un canal 244 (mostrado de forma análoga en la figura 3 y analizado anteriormente con el primer marco lateral 240) formado entre la apertura de canal de cámara 248 y la salida de hidrógeno 238. Adicionalmente, el canal 244 puede incluir al menos un soporte de canal 246.

40

45 **[0044]** Asimismo, el lado del cátodo del segundo marco lateral 240 incluye adicionalmente un canal 244 formado entre la apertura de cámara 248 y la al menos una entrada de agua 234. Adicionalmente, este canal 244 puede incluir al menos un soporte de canal 246.

50 **[0045]** Adyacente al lado del cátodo del segundo marco lateral 240 se encuentra el cátodo 231. La descripción del cátodo 231 es similar a la del ánodo 230. El cátodo 231 incluye adicionalmente una salida de oxígeno 236, una salida de hidrógeno 238 y una o más entradas de agua 234.

55 **[0046]** Adyacente al cátodo 231, e interpuesta entre el cátodo 231 y una placa de compresión terminal abierta de pila 290, se encuentra una placa de aislamiento terminal abierta de pila 280. Mientras que la placa de aislamiento terminal abierta de pila 280 se forma de manera similar a la placa de aislamiento terminal cerrada de pila 220, la placa de aislamiento terminal abierta de pila 280 incluye adicionalmente al menos una entrada de agua 234, una salida de oxígeno 236 y una salida de hidrógeno 238. En una realización ejemplar, la placa de aislamiento terminal abierta de pila 280 es HDPE de 3/4 pulgadas. La placa de aislamiento terminal abierta de pila 280 incluye una serie de orificios de pernos de compresión de pila 202. En la realización ilustrada, hay 16 orificios de pernos de compresión de pila 202 que reciben un número similar de pernos de compresión de pila (no mostrados). Además, en

una realización ejemplar, la placa de aislamiento terminal abierta de pila 280 incluye un orificio de borne 204 para recibir, y para permitir la proyección de, el borne 232 fijado al cátodo 231. El lado del cátodo de la placa de aislamiento terminal abierta de pila 280 puede incluir adicionalmente un conjunto de sellos, tales como juntas tóricas (no mostradas) asentadas en un conjunto similar de ranuras 284 formadas para cerrar herméticamente la una o más 5 entradas de agua 234, la salida de oxígeno 236 y la salida de hidrógeno 238 formadas en el cátodo 231. Asimismo, puede incluirse un conjunto similar de ranuras 284 y sellos en el lado de la placa de compresión terminal abierta de la placa de aislamiento terminal abierta 280.

**[0047]** Adyacente a la placa de aislamiento terminal abierta de pila 280 se encuentra la placa de compresión 10 terminal abierta de pila 290. En una realización ejemplar, la placa de compresión terminal abierta de pila 290 es una placa de acero laminado en frío de 3/4 pulgadas. La placa de compresión terminal abierta de pila 280 también puede comprender un material tal como acero laminado en frío, material compuesto u otro material con resistencia suficiente. En una realización ejemplar, la superficie de la placa de compresión terminal abierta de pila 290 que mira 15 a la placa de aislamiento terminal abierta de pila 280 se trata con rectificación Blanchard. La placa de compresión terminal abierta de pila 290 también incluye al menos una entrada de agua 234, una salida de oxígeno 236 y una salida de hidrógeno 238. A lo largo de una periferia de la placa de compresión terminal abierta de pila 290 hay una pluralidad de orificios de pernos de compresión de pila 202. En la realización ilustrada, hay 16 orificios de pernos de compresión de pila 202 que reciben un número similar de pernos de compresión de pila (no mostrados). Además, en 20 una realización ejemplar, la placa de compresión terminal abierta de pila 290 incluye un orificio de borne 204 para recibir, y para permitir la proyección de, un borne 232 fijado al cátodo 231.

**[0048]** La realización ejemplar ilustrada en las figuras 3 y 4 muestra un electrodo interior 270. Pueden ensamblarse 25 mayores capacidades añadiendo partes interiores adicionales. Por ejemplo, puede incluirse una pluralidad de montajes, comprendiendo cada montaje un conjunto de membrana 250, un primer marco interior 260, un electrodo interior 270 y un segundo marco interior 260. Según sea apropiado, será necesario un primer marco lateral 240, un conjunto de membrana adicional 250 y un segundo marco lateral 240.

**[0049]** Aunque no se muestra, el electrolizador 102 puede sujetarse junto con una pluralidad de pernos de 30 compresión de pila extendiéndose el electrolizador 102 desde la placa de compresión terminal cerrada de pila 200 y la placa de compresión terminal abierta de pila 290. Cada perno de compresión puede estar rodeado, sustancialmente a lo largo de toda su longitud, por un sello (no mostrado), que también puede funcionar como un aislante. Únicamente a modo de ejemplo, tal sello puede ser la manguera de alta presión no conductora 588N-10 Parflex® (Parflex Division, Parker-Hannifin, Ravenna, Ohio). En una realización ejemplar, los pernos de compresión se aprietan con una fuerza de 55 libras.

**[0050]** Volviendo ahora a la figura 11, en una vista por piezas de una realización ejemplar adicional, puede 35 proporcionarse un electrodo enmarcado 270' y usarse en un electrolizador multicelda. El electrodo 270 se encierra parcialmente dentro de, y se forma como una única pieza con, dos marcos interiores 320 cuyos marcos 320 pueden comprender HDPE. En la realización ilustrada, los canales 244 tienen una profundidad que se extiende hasta la 40 superficie del electrodo 270. Los soportes de canal 246 pueden omitirse. Como se ilustra en la figura 11, un lado del electrodo enmarcado 270' puede comprender una lengüeta 264 y al otro lado una ranura de coordinación 266 para mejorar el ajuste y el sellado. Pueden combinarse múltiples electrodos enmarcados 270' con, por ejemplo, múltiples membranas enmarcadas 256', descritas a continuación.

**[0051]** En una realización ejemplar adicional mostrada en la figura 12, también puede proporcionarse una 45 membrana enmarcada 256' y usarse en los electrolizadores multicelda 102. Una membrana 256, que puede no incluir una junta de membrana 254, se encierra dentro de una carcasa parcialmente, y se forma como una única pieza con, dos marcos 330. Como se muestra en la figura 12, la membrana 256 es lo suficientemente grande como para extenderse más allá de las entradas de agua 234 y las salidas de hidrógeno 238 y oxígeno 236. Además, los 50 orificios asociados en la membrana 256 (mostrados como 234', 238' y 236', respectivamente) son mayores que sus partes contrarias. Esto permite que el material del marco (por ejemplo, HDPE) selle los orificios 234, 238 y 236. Además, cuando se incluyen orificios de perno periféricos 202 (no mostrados en la figura 12), dichos orificios en la membrana 256 también pueden ser mayores. En la realización ilustrada, los canales 244 tienen una profundidad que no se extiende hasta la superficie de la membrana. Como se ilustra en la figura 12, un lado de la membrana 55 enmarcada 256' puede contener una lengüeta 264 y el otro lado un surco de coordinación 266 para mejorar el ajuste y el sellado.

**[0052]** En una realización ejemplar adicional, la membrana enmarcada 256' comprende adicionalmente una 60 plataforma de electrodo 272 (figura 4, mostrada asociada al marco interior 260, por ejemplo) formada en la misma.

Según se construye, después, puede apilarse una pluralidad de membranas enmarcadas 256' con un electrodo interior 270 insertado entre las mismas.

- [0053]** En una realización ejemplar, los marcos interiores 260 tienen un espesor bruto en los bordes de aproximadamente 0,110 pulgadas (0,28 cm). El espesor del marco interior 260 a lo largo del borde de la plataforma de electrodo es de aproximadamente 0,086 pulgadas (0,22 cm). Cuando se aprieta, el conjunto de membrana tiene aproximadamente 0,005 pulgadas (0,01 cm). Esta configuración da como resultado un espacio inter-electrodos de aproximadamente 0,177 pulgadas (0,45 cm).
- 10 **[0054]** La figura 6 ilustra el detalle del tejido de una membrana de nylon ripstop 256. Como se muestra, la membrana 256 incluye un patrón de nervaduras 300 que comprende hilos de refuerzo ripstop entretejidos en un patrón cuadrangular con tejido plano 302 entre los mismos.
- [0055]** La figura 5 ilustra el detalle de un canal 244 entre una salida de oxígeno ilustrativa 236 y una apertura 248. Se muestran uno o más soportes de canal 246 que ayudan a evitar que el canal 244 no sucumba bajo la carga de compresión. También se muestra en la figura 5 la plataforma de electrodo 272 para proporcionar ajuste y sellado al electrodo interior 270 (figura 4).
- 15 **[0056]** Volviendo ahora a la figura 7, se muestra en general el electrolizador 100, se muestra el electrolizador 102, junto con el colector de hidrógeno 104, el colector de oxígeno 106 y un tanque de expansión de hidrógeno 105. El agua de alimentación 40, que se forma a partir del suministro de agua 34 y el suministro de electrolitos 36, se saca del tanque de agua de alimentación 38 (figura 1). El agua de alimentación 40 se suministra mediante una bomba 126 y se gestiona por una válvula solenoide 132, que se describe más completamente en el presente documento a continuación. Como puede observarse en la figura 7, el agua de alimentación 40 puede equilibrarse a lo largo de todo el electrolizador 100 y proporciona agua de alimentación 40 al electrolizador 102, el colector de hidrógeno 104 y el colector de oxígeno 106. El agua de alimentación 40 entra en electrolizador 102 a través de una o más entradas de agua 234, mostradas de forma ilustrativa en la figura 7 como dos entradas de agua 234. El agua de alimentación 40 también proporciona un nivel de líquido controlado en el colector de hidrógeno 104 y el colector de oxígeno 106, cuyo control se describe más completamente en el presente documento a continuación. También se proporcionan un suministro eléctrico 106 y una fuente de alimentación 134 y se muestran en la figura 7. En la realización ilustrada, se suministra una energía de 250 V CC al cátodo 231 (no mostrado) y al ánodo 230 (no mostrado) a través de los bornes 232. Durante el funcionamiento, el hidrógeno 32 y el oxígeno 30 se extraen del electrolizador 102 a través de la salida de hidrógeno 238 y la salida de oxígeno 236, respectivamente.
- 20 **[0057]** El colector de hidrógeno 104 puede incluir detectores y transmisores del nivel de líquido apropiados. Cuatro de dichos instrumentos se muestran en la figura 7. Un transmisor de nivel alto de agua 136 indica cuando el nivel de agua en el colector de hidrógeno 104 está alto. Un transmisor de nivel bajo de agua 148 indica cuando el nivel de agua en el colector de hidrógeno 104 está bajo. Un par de transmisores del nivel de agua 140, 144 inician el apagado y el encendido, respectivamente, de la bomba de agua de alimentación 126. Como se apreciará por los expertos en la técnica, las funciones de estos múltiples transmisores de nivel pueden proporcionarse mediante un único transmisor de nivel sofisticado. En la salida del colector de hidrógeno 104 se encuentra una válvula de descarga de hidrógeno 128.
- 25 **[0058]** La realización ilustrada mostrada en la figura 7 incluye adicionalmente un tanque de expansión de hidrógeno 105 corriente abajo del colector de hidrógeno 104. En una realización ejemplar, el tanque de expansión de hidrógeno 105 ayuda a estabilizar los niveles de agua en el colector de hidrógeno 104 y el colector de oxígeno 106 al iniciarse con una presión preexistente en el almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1). Un tanque de expansión de hidrógeno 105 que tiene un volumen de aproximadamente 0,58 veces el colector de oxígeno 106 debe realizar la estabilidad del nivel del agua de alimentación lo suficiente para que la presión en el electrolizador 100 se eleve por encima de la presión en el almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1) y permitir que el hidrógeno fluya desde el colector de hidrógeno 104 al almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1). Al carecer de esta característica, el nivel de alimentación de agua en el colector de hidrógeno 104 podría caer lo suficiente para activar de forma prematura la bomba de agua de alimentación 126 lo que podría causar que el electrolizador 100 se llene en exceso con agua de alimentación 40. En tal caso, según el electrolizador 100 se va llenando en exceso, como se ha descrito anteriormente, cuando el sistema alcanza una presión por encima de la del almacenamiento de hidrógeno 12, el agua en el colector de hidrógeno 104 alcanzara el indicador de fallo de nivel de agua elevado antes de que la válvula de liberación de oxígeno 130 en el colector de oxígeno 106 se accione por el transmisor de nivel 150. Por lo tanto, se evitan parones no deseados o innecesarios. Como alternativa, el colector de hidrógeno 104 puede dimensionarse lo suficientemente más grande que el colector de oxígeno 106.
- 30 **[0057]** El colector de hidrógeno 104 puede incluir detectores y transmisores del nivel de líquido apropiados. Cuatro de dichos instrumentos se muestran en la figura 7. Un transmisor de nivel alto de agua 136 indica cuando el nivel de agua en el colector de hidrógeno 104 está alto. Un transmisor de nivel bajo de agua 148 indica cuando el nivel de agua en el colector de hidrógeno 104 está bajo. Un par de transmisores del nivel de agua 140, 144 inician el apagado y el encendido, respectivamente, de la bomba de agua de alimentación 126. Como se apreciará por los expertos en la técnica, las funciones de estos múltiples transmisores de nivel pueden proporcionarse mediante un único transmisor de nivel sofisticado. En la salida del colector de hidrógeno 104 se encuentra una válvula de descarga de hidrógeno 128.
- 35 **[0057]** El colector de hidrógeno 104 puede incluir detectores y transmisores del nivel de líquido apropiados. Cuatro de dichos instrumentos se muestran en la figura 7. Un transmisor de nivel alto de agua 136 indica cuando el nivel de agua en el colector de hidrógeno 104 está alto. Un transmisor de nivel bajo de agua 148 indica cuando el nivel de agua en el colector de hidrógeno 104 está bajo. Un par de transmisores del nivel de agua 140, 144 inician el apagado y el encendido, respectivamente, de la bomba de agua de alimentación 126. Como se apreciará por los expertos en la técnica, las funciones de estos múltiples transmisores de nivel pueden proporcionarse mediante un único transmisor de nivel sofisticado. En la salida del colector de hidrógeno 104 se encuentra una válvula de descarga de hidrógeno 128.
- 40 **[0057]** El colector de hidrógeno 104 puede incluir detectores y transmisores del nivel de líquido apropiados. Cuatro de dichos instrumentos se muestran en la figura 7. Un transmisor de nivel alto de agua 136 indica cuando el nivel de agua en el colector de hidrógeno 104 está alto. Un transmisor de nivel bajo de agua 148 indica cuando el nivel de agua en el colector de hidrógeno 104 está bajo. Un par de transmisores del nivel de agua 140, 144 inician el apagado y el encendido, respectivamente, de la bomba de agua de alimentación 126. Como se apreciará por los expertos en la técnica, las funciones de estos múltiples transmisores de nivel pueden proporcionarse mediante un único transmisor de nivel sofisticado. En la salida del colector de hidrógeno 104 se encuentra una válvula de descarga de hidrógeno 128.
- 45 **[0058]** La realización ilustrada mostrada en la figura 7 incluye adicionalmente un tanque de expansión de hidrógeno 105 corriente abajo del colector de hidrógeno 104. En una realización ejemplar, el tanque de expansión de hidrógeno 105 ayuda a estabilizar los niveles de agua en el colector de hidrógeno 104 y el colector de oxígeno 106 al iniciarse con una presión preexistente en el almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1). Un tanque de expansión de hidrógeno 105 que tiene un volumen de aproximadamente 0,58 veces el colector de oxígeno 106 debe realizar la estabilidad del nivel del agua de alimentación lo suficiente para que la presión en el electrolizador 100 se eleve por encima de la presión en el almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1) y permitir que el hidrógeno fluya desde el colector de hidrógeno 104 al almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1). Al carecer de esta característica, el nivel de alimentación de agua en el colector de hidrógeno 104 podría caer lo suficiente para activar de forma prematura la bomba de agua de alimentación 126 lo que podría causar que el electrolizador 100 se llene en exceso con agua de alimentación 40. En tal caso, según el electrolizador 100 se va llenando en exceso, como se ha descrito anteriormente, cuando el sistema alcanza una presión por encima de la del almacenamiento de hidrógeno 12, el agua en el colector de hidrógeno 104 alcanzara el indicador de fallo de nivel de agua elevado antes de que la válvula de liberación de oxígeno 130 en el colector de oxígeno 106 se accione por el transmisor de nivel 150. Por lo tanto, se evitan parones no deseados o innecesarios. Como alternativa, el colector de hidrógeno 104 puede dimensionarse lo suficientemente más grande que el colector de oxígeno 106.
- 50 **[0058]** La realización ilustrada mostrada en la figura 7 incluye adicionalmente un tanque de expansión de hidrógeno 105 corriente abajo del colector de hidrógeno 104. En una realización ejemplar, el tanque de expansión de hidrógeno 105 ayuda a estabilizar los niveles de agua en el colector de hidrógeno 104 y el colector de oxígeno 106 al iniciarse con una presión preexistente en el almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1). Un tanque de expansión de hidrógeno 105 que tiene un volumen de aproximadamente 0,58 veces el colector de oxígeno 106 debe realizar la estabilidad del nivel del agua de alimentación lo suficiente para que la presión en el electrolizador 100 se eleve por encima de la presión en el almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1) y permitir que el hidrógeno fluya desde el colector de hidrógeno 104 al almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1). Al carecer de esta característica, el nivel de alimentación de agua en el colector de hidrógeno 104 podría caer lo suficiente para activar de forma prematura la bomba de agua de alimentación 126 lo que podría causar que el electrolizador 100 se llene en exceso con agua de alimentación 40. En tal caso, según el electrolizador 100 se va llenando en exceso, como se ha descrito anteriormente, cuando el sistema alcanza una presión por encima de la del almacenamiento de hidrógeno 12, el agua en el colector de hidrógeno 104 alcanzara el indicador de fallo de nivel de agua elevado antes de que la válvula de liberación de oxígeno 130 en el colector de oxígeno 106 se accione por el transmisor de nivel 150. Por lo tanto, se evitan parones no deseados o innecesarios. Como alternativa, el colector de hidrógeno 104 puede dimensionarse lo suficientemente más grande que el colector de oxígeno 106.
- 55 **[0058]** La realización ilustrada mostrada en la figura 7 incluye adicionalmente un tanque de expansión de hidrógeno 105 corriente abajo del colector de hidrógeno 104. En una realización ejemplar, el tanque de expansión de hidrógeno 105 ayuda a estabilizar los niveles de agua en el colector de hidrógeno 104 y el colector de oxígeno 106 al iniciarse con una presión preexistente en el almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1). Un tanque de expansión de hidrógeno 105 que tiene un volumen de aproximadamente 0,58 veces el colector de oxígeno 106 debe realizar la estabilidad del nivel del agua de alimentación lo suficiente para que la presión en el electrolizador 100 se eleve por encima de la presión en el almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1) y permitir que el hidrógeno fluya desde el colector de hidrógeno 104 al almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1). Al carecer de esta característica, el nivel de alimentación de agua en el colector de hidrógeno 104 podría caer lo suficiente para activar de forma prematura la bomba de agua de alimentación 126 lo que podría causar que el electrolizador 100 se llene en exceso con agua de alimentación 40. En tal caso, según el electrolizador 100 se va llenando en exceso, como se ha descrito anteriormente, cuando el sistema alcanza una presión por encima de la del almacenamiento de hidrógeno 12, el agua en el colector de hidrógeno 104 alcanzara el indicador de fallo de nivel de agua elevado antes de que la válvula de liberación de oxígeno 130 en el colector de oxígeno 106 se accione por el transmisor de nivel 150. Por lo tanto, se evitan parones no deseados o innecesarios. Como alternativa, el colector de hidrógeno 104 puede dimensionarse lo suficientemente más grande que el colector de oxígeno 106.

**[0059]** Asociado con el colector de oxígeno 106, y corriente abajo del mismo, se encuentra un detector de oxígeno 158 (por ejemplo, Bosch 13275). El detector de oxígeno 158 se usa para detectar, por inferencia, hidrógeno en el oxígeno 30. Por supuesto, puede usarse un segundo detector de oxígeno 158 para detectar oxígeno en el hidrógeno  
5 32. También puede incluirse con el colector de oxígeno 106 una válvula de descarga de la presión 172.

**[0060]** El colector de oxígeno 106 también puede incluir detectores y transmisores de nivel de líquido apropiados. Se muestran seis de tales instrumentos en la figura 7. Un transmisor de alto nivel de agua 138 indica cuando el nivel de agua en el colector de oxígeno 106 es alto. Un transmisor de bajo nivel de agua 154 indica cuando el nivel de  
10 agua en el colector de oxígeno 106 está bajo. Además, una serie de detectores y transmisores controlan la descarga de oxígeno 30 del colector de oxígeno 106. En la realización ilustrada, hay un par de transmisores de apagado de oxígeno 142, 146 que realizan el cierre del una válvula de control de liberación de oxígeno 130. Durante el funcionamiento, cuando el nivel de agua en el colector de oxígeno 106 se eleva hasta el transmisor de apagado de oxígeno 142, 146, la válvula de control de liberación de oxígeno 130 se cierra y permanece cerrada hasta que el  
15 nivel de agua se reduce hasta un punto que activa cualquier transmisor de encendido de oxígeno 150, 152, momento en el que la válvula de control de liberación de oxígeno 130 se abre y permanece abierta hasta que el nivel de agua se eleva y acciona el transmisor de apagado de oxígeno 142, 146, momento en el que la válvula de control de liberación de oxígeno 130 se cierra. Durante el funcionamiento, este ciclo se repite para equilibrar de forma continua el electrolizador 100 y permanece activo incluso si el electrolizador 100 no está activo. Como se apreciará  
20 por los expertos en la técnica relevante, las funciones de estos múltiples transmisores de nivel pueden proporcionarse mediante un único transmisor de nivel sofisticado.

**[0061]** Se ilustran adicionalmente en la realización ejemplar mostrada en la figura 7 una o más bobinas de transferencia de calor 107 que pueden utilizar de forma eficaz el exceso de calor. Se muestra en la figura 7 una  
25 bobina 107 dentro de cada colector 104, 106 y en combinación con un ventilador 120. Una bomba 124 hace circular un fluido de transferencia de calor adecuado (por ejemplo, agua) a través de los colectores 104, 106 y el disipador térmico 107 asociado con el ventilador 120. El exceso de calor recuperado de los colectores 104, 106 puede utilizarse, por ejemplo, para el calentamiento de espacios o colocando una bobina 107 corriente abajo del accionamiento de aire de un horno de aire forzado.

30

#### Diagramas de circuito

**[0062]** Las siguientes tablas pretenden proporcionar valores ejemplares para los elementos del circuito electrónico mostrados en las figuras 8-10 y descritos en el presente documento.

35

#### Resistencias ( $\Omega$ )

R1 = 100k	R2 = 100K	R3 = 10	R4 = 47K	R5 = 100K	R6 = 100
R7 = 22K	R8 = 470	R9 = 100K	R10 = 100K	R11 = 470	R12 = 470
R13 = 100	R14 = 100	R15 = 100K	R16 = 100K	R17 = 470	R18 = 47K
R19 = 100K	R20 = 470	R21 = 22K	R22 = 100K	R23 = 100K	R24 = 470
R25 = 47	R26 = 100	R27 = 100K	R28 = 47K	R29 = 22K	R30 = 470
R31 = 10meg	R32 = 100K	R33 = 100K	R34 = 0,001		

#### Condensadores ( $\mu\text{f}$ )

C1 = 0,001	C2 = 0,001	C3 = 100	C4 = 100	C5 = 0,1	C6 = 0,001
C7 = 0,001	C8 = 0,001	C9 = 0,001	C10 = 4700	C11 = 0,001	C12 = 0,001
C13 = 0,001					

#### Transistores (MOSFET)

T1 = 2984	T2 = 2984	T3 = 2984	T4 = 2984	T5 = 2984	T6 = 2984
T7 = 2984	T8 = 2984	T9 = 2984	T10 = 2984		

#### Amplificadores

A1 = NTE 943	A2 = NTE 943	A3 = NTE 943			
-----------------	-----------------	-----------------	--	--	--

#### Circuitos integrados

IC1 = 4013	IC2 = 555	IC3 = 960	IC4 = 4013	IC5 = 960	IC6 = 4013
IC7 = 4013					

Diodos D1 = alta temperatura	D2 = 1N914	D3 = encender	D4 = llenar tanque de almacenamiento de H <sub>2</sub>	D5 = 1N914	D6 = fallo del nivel de agua
Diodos D7 = 1N914	D8 = fallo de H <sub>2</sub> en O <sub>2</sub>	D9 = encender bomba	D10 = 1N914	D11 = 1N914	D12 = calentamiento del sistema
Conmutadores S1 = apagar sistema de control	S2 = encender sistema de control	S3 = funcionamiento continuo o pulsado	S4 = 136-agua en H <sub>2</sub> elevado	S5 = 138-agua en O <sub>2</sub> elevado	S6 = 148-agua en H <sub>2</sub> elevado
S7 = 154-agua en O <sub>2</sub> bajo	S8 = 142-liberación de O <sub>2</sub> cerrada	S9 = 146-liberación de O <sub>2</sub> cerrada	S10 = 150-liberación de O <sub>2</sub> abierta	S11 = 152-liberación de O <sub>2</sub> abierta	S12 = 140-apagar bomba de agua de alimentación
S13 = 144-encender bomba de agua de alimentación					
Contactores Bobina K1 y contacto K1- alimenta la bobina K2	Bobina K2 y contacto K2-el retardo hace funcionar la bomba y el solenoide de entrada de agua	Bobina K3 y contacto K3-circuito economizador de batería	K4 = K4-Redundancia de exceso de temperatura	K5 = K5-relé en estado sólido	K6 = K6-relé en estado sólido

**[0063]** Si se considera en primer lugar la figura 8, un circuito lógico de energía 400 controla el esquema de control general. El circuito lógico de energía 400 coopera con el circuito de fallo de nivel de agua 440 para apagar la alimentación si el nivel del agua se desequilibra. Por ejemplo, si cualquiera de los conmutadores S4-S7 se cierra (véase, también, la figura 7), se indica una condición de fallo en D6 y una condición de fallo va desde la salida de fallo 442 a la entrada de fallo 402. El circuito lógico de energía 440 también coopera con el circuito del detector de oxígeno 460 (figura 10) para apagar la alimentación si un nivel inseguro de hidrógeno se eleva en el oxígeno (véase, también, la figura 7). Por ejemplo, si el detector de oxígeno 158 detecta un nivel inseguro de hidrógeno en el oxígeno, se indica una condición de fallo en D8 y una condición de fallo va desde la salida de fallo 462 a la entrada de fallo 402.

**[0064]** Un circuito de temperatura operativa 410 controla los niveles de calor en el electrolizador 102. Un termistor 174 (véase, también, figura 7) actúa cuando se alcanza un nivel de temperatura inseguro (por ejemplo, 160 °F (71,11 °C)). Esta condición se indica por el LED D1. Esto apaga la alimentación al electrolizador 102, que permanece apagado hasta que la temperatura cae por debajo del nivel de temperatura preestablecido. Por lo tanto, el electrolizador 102 se enciende y se apaga para mantener el electrolizador 102 dentro de un régimen de temperatura seguro.

**[0065]** Un circuito de funcionamiento intermitente/pulsado 420 proporciona energía intermitente ajustable a través de un conmutador S3 al electrolizador 102 para regular el calor y mejorar la eficiencia. Este circuito también permite modos variables de funcionamiento del electrolizador 102. Por ejemplo, el circuito puede tener un ciclo de apagado y encendido a intervalos de aproximadamente un segundo a aproximadamente dos minutos o más. Esto permite que el hidrógeno y el oxígeno limpien los electrodos, aumentando así el área superficial eficaz del electrodo. Además, dicho funcionamiento intermitente facilita el control del calor del sistema de generación de hidrógeno. Además, el circuito de funcionamiento intermitente/pulsado puede permitir que el sistema de hidrógeno 10 utilice de forma más

eficaz la energía disponible de un aerogenerador 24 (figura 1). Una condición sin carga intermitente del aerogenerador 24 le permite ganar inercia en condiciones de viento bajo. Después, cuando se aplica una carga, la energía cinética del aerogenerador 24 se aplica al electrolizador 102.

5 **[0066]** Un circuito de conmutación de presión 430 controla la presión en el almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1) a través de un conmutador de presión 170. Siempre que el conmutador de presión 170 está cerrado, indicando una presión máxima preestablecida inferior en el almacenamiento de hidrógeno 12, el MOSFET T4 se conduce a las bobinas K5 y K6 que se conectan de forma operativa a los contactos K5 y K6 (mostrados en el circuito de suministro de energía 490, figura 9, analizado a continuación) y la alimentación permanece encendida. Cuando la  
10 presión en el almacenamiento de hidrógeno 12 alcanza la presión máxima preestablecida, la alimentación al electrolizador se apaga. Un funcionamiento normal se indica en un LED D3 y una condición de presión completa en el almacenamiento de hidrógeno 12 se indica en un LED D4. Cuando la presión en el almacenamiento de hidrógeno 12 cae por debajo de una condición de presión preestablecida, indicando que hay espacio para más hidrógeno en el almacenamiento de hidrógeno 12, la alimentación al electrolizador 102 se enciende de nuevo.

15 **[0067]** Un circuito de fallo del nivel agua 440 controla los niveles de agua en las torres de recolección 104, 106, y apaga la alimentación si el nivel del agua se desequilibra. El circuito de fallo del nivel de agua 440 coopera con el circuito lógico de energía 400 que se ha analizado anteriormente.

20 **[0068]** Asociado con el circuito de control de bomba 450a, mostrado en la figura 8, se encuentra un circuito de control de bomba 450b, mostrado en la figura 9. Y, mostrado asociado con el circuito de control de bomba 450b se encuentran dos conmutadores, el conmutador S12, que se conecta de forma operativa al transmisor de nivel de apagado de bomba de agua 140 en el colector de hidrógeno 104, y el conmutador S3, que se conecta de forma operativa al transmisor de nivel de encendido de bomba de agua 144 en el colector de hidrógeno 104. Durante el  
25 funcionamiento, cuando el transmisor de nivel 144 detecta la necesidad de agua de alimentación 40, la bobina K1 se energiza en el circuito de control de bomba 450b (figura 9) que cierra el contacto K1 en el circuito de control de bomba 450a (figura 8). El cierre del contacto K1 energiza la bobina K2 del circuito de control de bomba 450a que cierra el contacto K2 del circuito de control de bomba 450a, alimentando así la bomba de agua de alimentación 126 (figura 7 y 8) y abriendo la válvula solenoide de alimentación de agua 132 (figura 7). Cuando el  
30 transmisor del nivel 140 en el colector de hidrógeno 104 detecta que hay suficiente agua de alimentación 40, la bobina K1 se desenergiza y la bomba de alimentación de agua 126 se apaga y la válvula solenoide de alimentación de agua 132 se cierra. La bobina K2 se desenergiza después de un tiempo preestablecido y debe restablecerse para reactivarse. Esto proporciona protección a la bomba 126 en tal caso cuando el agua de alimentación 40 se ha apagado o se ha vaciado. Esto también ayuda a prevenir el llenado en exceso en caso de que el transmisor de nivel  
35 de agua 140 falle.

**[0069]** Volviendo ahora a la figura 10, el circuito detector de oxígeno 460 interpreta los niveles de tensión del detector de oxígeno ya que se correlaciona con respecto a la proporción de hidrógeno en el oxígeno. El circuito detector de oxígeno 460 coopera con el circuito lógico de energía 400 (figura 8). El circuito detector de oxígeno 460  
40 apagará el electrolizador 102 si el nivel de hidrógeno en el oxígeno 30 alcanza niveles inseguros energizando una salida de fallo 462 que se suministra a la entrada de fallo 402 del circuito lógico de energía 400. También se ilumina un indicador LED D8.

**[0070]** Un circuito economizador de batería 470 mostrado en la figura 9 se designa para desconectar  
45 automáticamente una batería 476 de los circuitos de control, evitando así la descarga completa de la batería 476 en caso de un fallo de corriente prolongado. Esta desconexión se producirá si la interrupción de la corriente durante más de aproximadamente ocho horas. El circuito economizador de batería 470 conecta de nuevo automáticamente la batería 476 cuando se restaura la corriente. Las ocho horas de espera permiten el enfriamiento y la liberación de la presión por los circuitos de control en caso de un fallo de corriente. Esto ayuda a impedir que los circuitos de  
50 control drenen la batería 476 en el caso de un corte de corriente prolongado.

**[0071]** Durante el funcionamiento, cuando está presente una corriente CA, el transformador de reserva 472 suministra energía al diodo rectificador D10 que alimenta el IC5. Entonces, la salida del IC5 carga el condensador C10 a través del diodo de bloque D11. Cuando la carga es suficiente, el MOSFET de nivel lógico T10 conduce y  
55 energiza la bobina K3. Esto conecta la batería 476 a los circuitos de control y una fuente de alimentación 12 V CC a través de un contacto normalmente abierto K3. Si se retira la corriente CA, o se experimenta un corte de corriente durante, por ejemplo, ocho horas u otro tiempo preestablecido, el MOSFET T10 desenergiza el K3 que desconecta de forma eficaz la batería 476.

**[0072]** Un circuito de calentamiento 480 controla la fase de calentamiento del funcionamiento del electrolizador 100 y regula la presión en el interior del electrolizador 102. Un LED D12 se ilumina cuando el electrolizador 100 alcanza una temperatura operativa. Con referencia adicional a la figura 7, durante la fase de calentamiento, una válvula de descarga de hidrógeno 128 se abre para expulsar el hidrógeno 32 que se produce para impedir que se desarrolle cualquier presión hasta que el electrolizador 102 alcanza una temperatura preestablecida y ajustable que hace que el electrolizador 102 se expanda y ajuste el sellado para mantener la presión. Como alternativa, puede proporcionarse un sistema de quema para quemar el hidrógeno que se expulsa. Entonces, la válvula de descarga de hidrógeno 128 se cierra y el hidrógeno 32 se procesa adicionalmente en, por ejemplo, una secadora 122 y se envía al almacenamiento de hidrógeno 12 (figura 1). Si la alimentación al electrolizador 100 se apaga durante un periodo de tiempo que será suficiente para que el electrolizador 102 se contraiga, la válvula de derivación 128 se abre de nuevo para aliviar toda la presión del electrolizador 102 para impedir daños.

**[0073]** Un circuito de alimentación 490 controla la alimentación principal al electrolizador 102. En una realización ejemplar, un rectificador 498 convierte 240 V CA a 250 V CC usando dos diodos NTE6036 y dos diodos NTE6037. Como un respaldo redundante para el circuito de temperatura elevada 410 que incluye el termistor 174, un termofusible 496, ajustado a 180 °F (82,22 °C) o sea cual sea la temperatura de reforma del material usado en el electrolizador 102, por ejemplo HDPE, ayuda a proteger el electrolizador 102 de una sobrecarga térmica. Si el termofusible 496 salta, una bobina K4 se desenergiza y dos contactos K4 se abren, apagando la alimentación al electrolizador 102. Además, la desenergización de las bobinas K5 y K6 abre los contactos K5 y K6 para apagar la alimentación al electrolizador 102. Esto puede realizarse por tales condiciones como un fallo del nivel de agua 442, el botón de apagado S1, una condición de temperatura elevada, mezcla del oxígeno, el circuito intermitente 420, o el conmutador de presión 170. También se muestra en la figura 9 un ventilador 499 para ayudar a enfriar el rectificador 498 y los relés en estado sólido K5 y K6.

**[0074]** También se muestra en la figura 9 un circuito de equilibrio del nivel de agua 500 que se conecta de forma operativa al electrolizador 100. Los conmutadores S8 y S9, asociados a los transmisores de nivel 142 y 146, respectivamente, hacen que el solenoide de liberación de oxígeno 130 (figuras 7 y 9) se cierre. Por el contrario, los conmutadores S10 y S11, asociados a los transmisores de nivel 150 y 152, respectivamente, hacen que el solenoide de liberación de oxígeno 130 se abra. Por lo tanto, el nivel de agua en el electrolizador 100 se equilibra.

Resultados de las Pruebas

**[0075]** Las pruebas se realizaron en un electrolizador que tenía la siguiente configuración:

Número de celdas	111 celdas	Tamaño electrodo	del 11 x 11 pulgadas (27,94 x 27,94 cm)
Estadio inter-electrodos	0,0177 pulgadas (0,45 cm)	Agua alimentación	de 141,75 g de NaOH por
<b>Prueba 3</b>			
Tensión Nominal	240 V CA (convertida a CC con cuatro diodos de 85 amp en una configuración puente)		18,93 l de agua destilada
<b>Prueba 1</b>			
Tiempo	4,5 minutos	Tensión media	253,3 V
Amperaje medio	27,43 amps	KWH	0,5211 KWH
H <sub>2</sub> producido	4,32 scf	Conversión de H <sub>2</sub> KWH/pies cúbicos de H <sub>2</sub>	0,0791
Equivalente de H <sub>2</sub> KWH	5,28 KWH	Eficiencia	65,2 por ciento
<b>Prueba 2</b>			
Tiempo	1 hora	Tensión media	240 V
Amperaje medio	35 amps	KWH	8,4 KWH
H <sub>2</sub> producido	66,84 scf	Conversión de H <sub>2</sub> KWH/pies cúbicos de H <sub>2</sub>	0,0791
Equivalente de H <sub>2</sub> KWH	5,28 KWH	Eficiencia	62,9 por ciento
<b>Prueba 3</b>			
Tiempo	9 minutos	Tensión media	246,5 V

# ES 2 570 553 T3

Amperaje medio	36,76 amps	KWH	1,36 KWH
H <sub>2</sub> producido	11,36 scf	Conversión de H <sub>2</sub>	0,0791
		KWH/pies cúbicos	
Equivalente de H2 KWH	0,90 KWH	de H <sub>2</sub>	
		Eficiencia	66,1 por ciento

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento que comprende:

- 5 a) introducir al menos una parte de una solución acuosa en una primera cámara, estando la primera cámara al menos parcialmente definida por un cátodo y una membrana, la membrana comprendiendo nylon ripstop;
- 10 b) introducir al menos una parte de la solución acuosa en una segunda cámara, estando la segunda cámara parcialmente definida por un ánodo y una membrana, la membrana comprendiendo nylon ripstop, el ánodo posicionado de tal manera que la membrana está al menos parcialmente interpuesta entre el cátodo y el ánodo;
- c) aplicar una corriente eléctrica CC entre el cátodo y el ánodo;
- d) retirar hidrógeno de la cámara catódica; y
- 15 e) retirar oxígeno de la cámara anódica.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además las siguientes etapas:

- 20 a) introducir al menos una parte de una solución acuosa en al menos una primera cámara adicional, estando al menos la primera cámara adicional al menos parcialmente definida por un electrodo bipolar y una membrana adicional, la membrana adicional comprendiendo nylon ripstop;
- b) introducir al menos una parte de la solución acuosa en al menos una segunda cámara adicional, estando al menos la segunda cámara adicional al menos parcialmente definida por un electrodo bipolar y una membrana adicional, la membrana adicional comprendiendo nylon ripstop;
- 25 c) retirar hidrógeno de al menos la primera cámara adicional; y
- d) retirar oxígeno de al menos la segunda cámara adicional.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además las siguientes etapas:

- 30 a) introducir al menos una parte de una solución acuosa en una pluralidad de primeras cámaras adicionales, estando cada primera cámara adicional al menos parcialmente definida por una membrana adicional y un electrodo;
- b) introducir al menos una parte de la solución acuosa en una pluralidad de segundas cámaras adicionales, estando cada segunda cámara adicional al menos parcialmente definida por una membrana y un electrodo, donde las primeras cámaras alternan con las segundas cámaras;
- 35 c) retirar hidrógeno de al menos una de la pluralidad de primeras cámaras adicionales; y
- d) retirar oxígeno de al menos una de la pluralidad de segundas cámaras adicionales.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde:

- 40 la primera cámara está además definida por la apertura de un primer marco, estando el primer marco interpuesto entre el cátodo y la membrana; y
- la segunda cámara está además definida por la apertura de un segundo marco, estando el segundo marco interpuesto entre el ánodo y la membrana; y en donde

- 45 etapa (c) además comprende las siguientes etapas:
- (A) retirar hidrógeno de la primera cámara a través de un canal de hidrógeno y una salida de hidrógeno, estando la salida de hidrógeno en comunicación fluida con la primera cámara vía el canal de hidrógeno; y

- 50 etapa (d) además comprende las siguientes etapas:
- (A) retirar oxígeno de la segunda cámara a través de un canal de oxígeno y una salida de oxígeno, estando la salida de oxígeno en comunicación fluida con la segunda cámara vía el canal de oxígeno.

55 5. Procedimiento, que comprende las etapas de:

- (a) proporcionar un aparato, el aparato comprendiendo:
- (i) un cátodo;
- (ii) un primer marco lateral, definiendo el primer marco lateral una apertura, el primer marco

lateral comprendiendo:

- (A) un primer lado, el primer lado mirando un segundo lado del cátodo;
- (B) un segundo lado;
- (C) una entrada de líquido que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado;
- (D) un canal formado en el primer lado entre la apertura y la entrada de líquido;
- (E) una salida de gas que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; y
- (F) un canal formado en el primer lado entre la apertura y la salida de gas;

(iii) al menos un conjunto membrana-electrodo, un lado de la membrana del conjunto membrana-electrodo mirando al segundo lado del primer marco lateral, comprendiendo el al menos un conjunto membrana-electrodo:

- (A) una membrana, comprendiendo la membrana nylon ripstop, el cátodo, el primer marco lateral, y la membrana definiendo una cámara catódica;
- (B) un primer marco interior, definiendo el primer marco interior una apertura, y comprendiendo:

- (a') un primer lado, el primer lado mirando al segundo lado de la membrana;
- (b') un segundo lado;
- (c') una entrada de líquido que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado;
- (d') un canal formado en el segundo lado entre la apertura y la entrada de líquido;
- (e') una salida de gas que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; y
- (f') un canal formado en el segundo lado entre la apertura y la salida de gas;

- (C) un electrodo interior, el primer lado del electrodo interior mirando al segundo lado del primer marco interior, la membrana, el primer marco interior, y el electrodo interior definiendo una cámara anódica;

- (D) un segundo marco interior, definiendo el segundo marco interior una apertura, y comprendiendo:

- (a') un primer lado, el primer lado mirando al segundo lado del electrodo;
- (b') un segundo lado;
- (c') una entrada de líquido que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado;
- (d') un canal formado en el primer lado entre la apertura y la entrada de líquido;
- (e') una salida de gas que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; y
- (f') un canal formado en el primer lado entre la apertura y la salida de gas;

(iv) una membrana adicional, la membrana adicional comprendiendo nylon ripstop, un primer lado de la membrana adicional mirando al segundo lado de un segundo marco interior, el electrodo interior, el segundo marco interior, y la membrana adicional definiendo la cámara catódica;

(v) un segundo marco lateral, definiendo el segundo marco lateral una apertura, y comprendiendo:

- (A) un primer lado, el primer lado mirando un segundo lado de la membrana adicional;
- (B) un segundo lado;
- (C) una entrada de líquido que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado;
- (D) un canal formado en el segundo lado entre la apertura y la entrada de líquido;
- (E) una salida de gas que forma un orificio entre el primer lado y el segundo lado; y
- (F) un canal formado en el segundo lado entre la apertura y la salida de gas;

(vi) un ánodo, un primer lado del ánodo mirando al segundo lado del segundo marco lateral, la membrana adicional, el segundo marco lateral, y el electrodo adicional definiendo una cámara anódica;

(b) introducir una solución acuosa en cada cámara catódica vía un orificio de entrada de líquido y un canal de entrada de líquido;

- (c) introducir la solución acuosa en cada cámara anódica vía un orificio de entrada de líquido y un canal de entrada de líquido;
- (d) aplicar una corriente eléctrica CC entre el cátodo y el ánodo;
- 5 (e) retirar hidrógeno de cada cámara catódica vía un orificio de salida de gas y un canal de salida de gas; y
- (f) retirar oxígeno de cada cámara anódica vía un orificio de salida de gas y un canal de salida de gas.
6. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la solución acuosa comprende especies químicas seleccionadas entre el grupo que consiste en: hidróxido sódico, hidróxido potásico, cationes de litio, cationes de rubidio, cationes de potasio, cationes de cesio, cationes de bario, cationes de estroncio, cationes de calcio, cationes de sodio, cationes de magnesio y combinaciones de los mismos.
- 10
7. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la siguiente etapa:
- (a) suministrar energía eléctrica desde una fuente de energía seleccionada entre la lista que consiste en: solar, eólica, batería, la red eléctrica convencional y combinaciones de las mismas.
- 15
8. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la siguiente etapa:
- (a) utilizar el hidrógeno de la primera cámara en dispositivos seleccionados entre la lista que consiste en: vehículo, horno, calentador de agua, estufa, aire acondicionado, frigorífico, generador eléctrico, pila de combustible y combinaciones de los mismos.
- 20

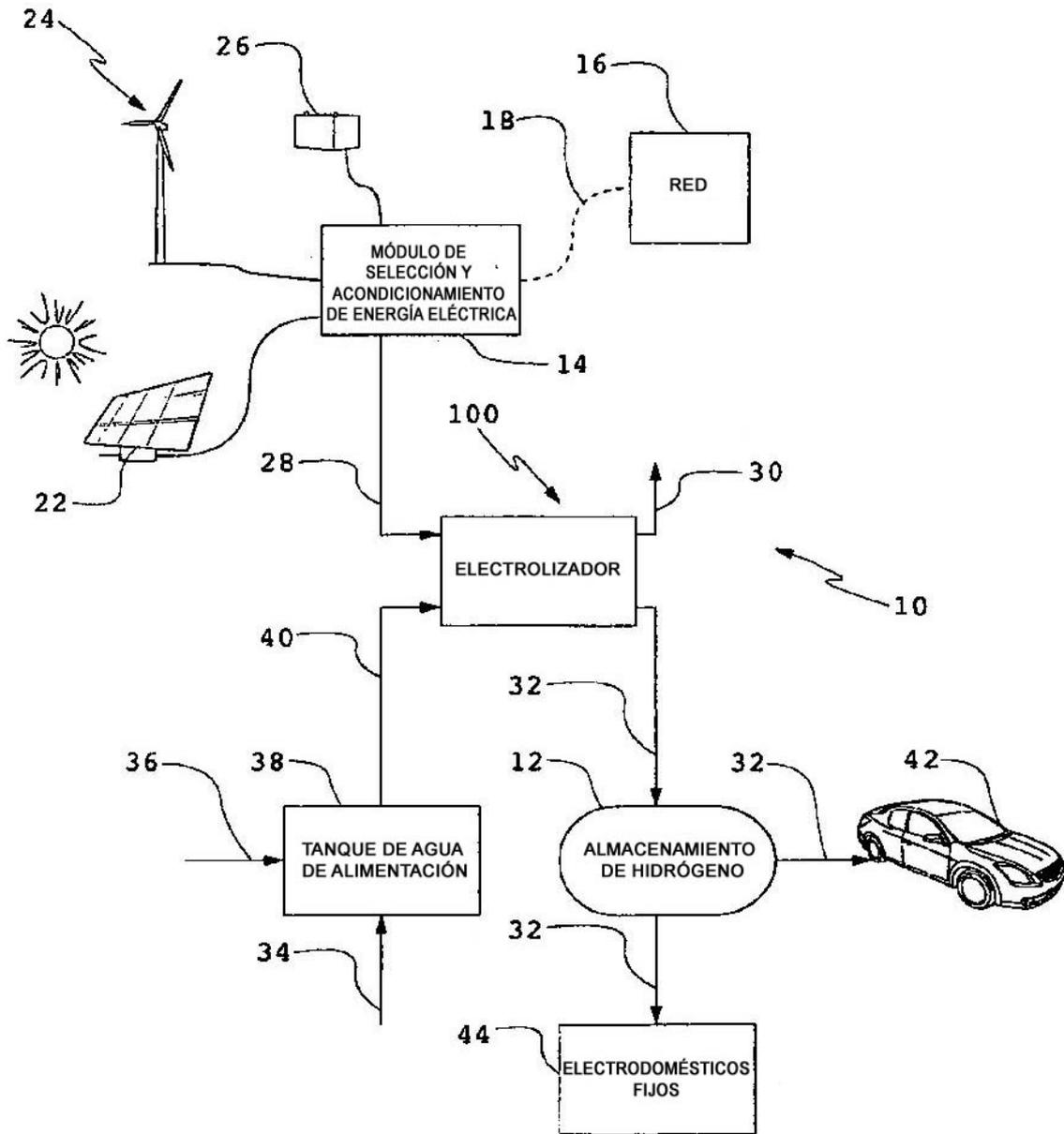
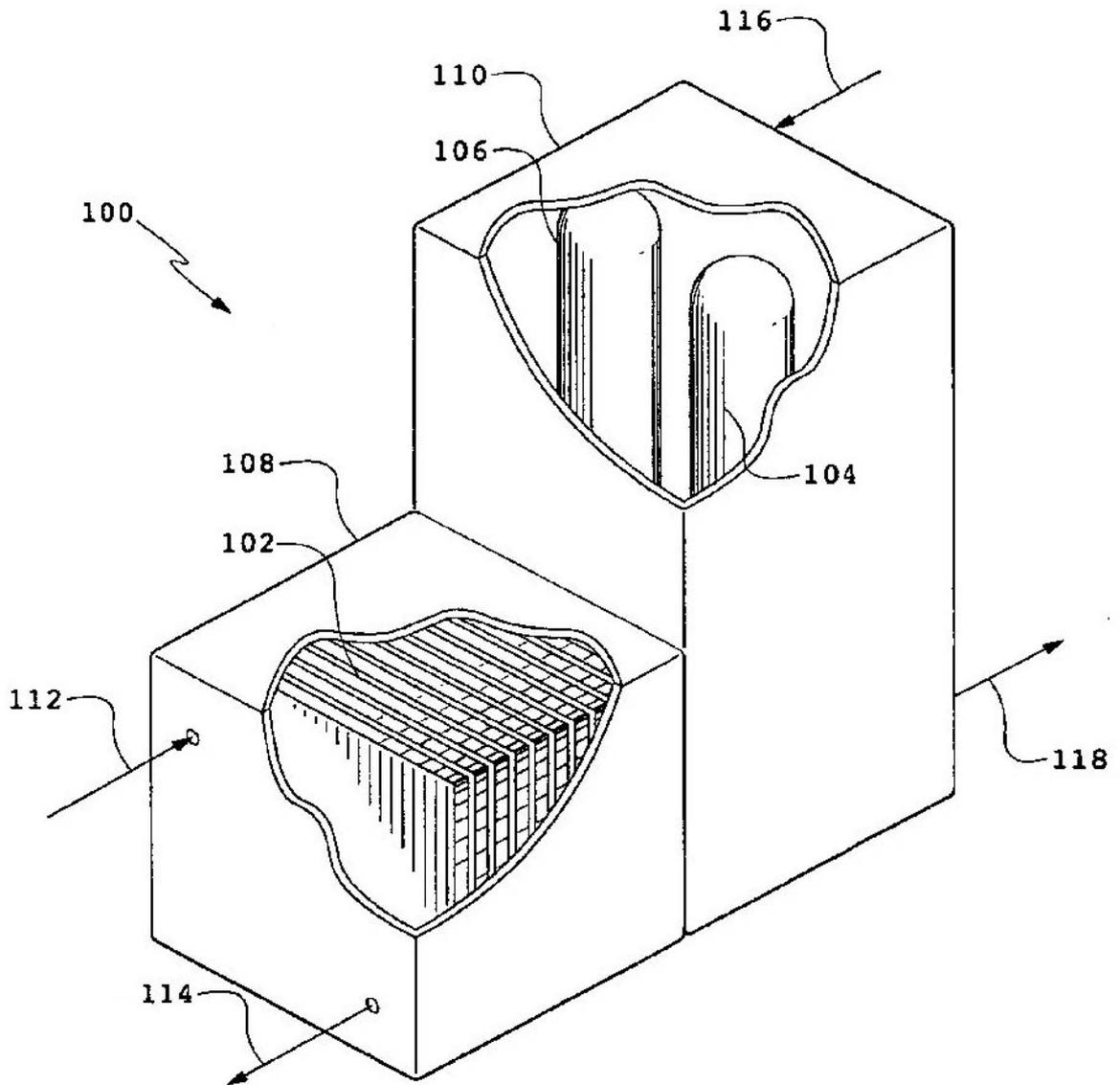


FIG-1



**FIG-2**

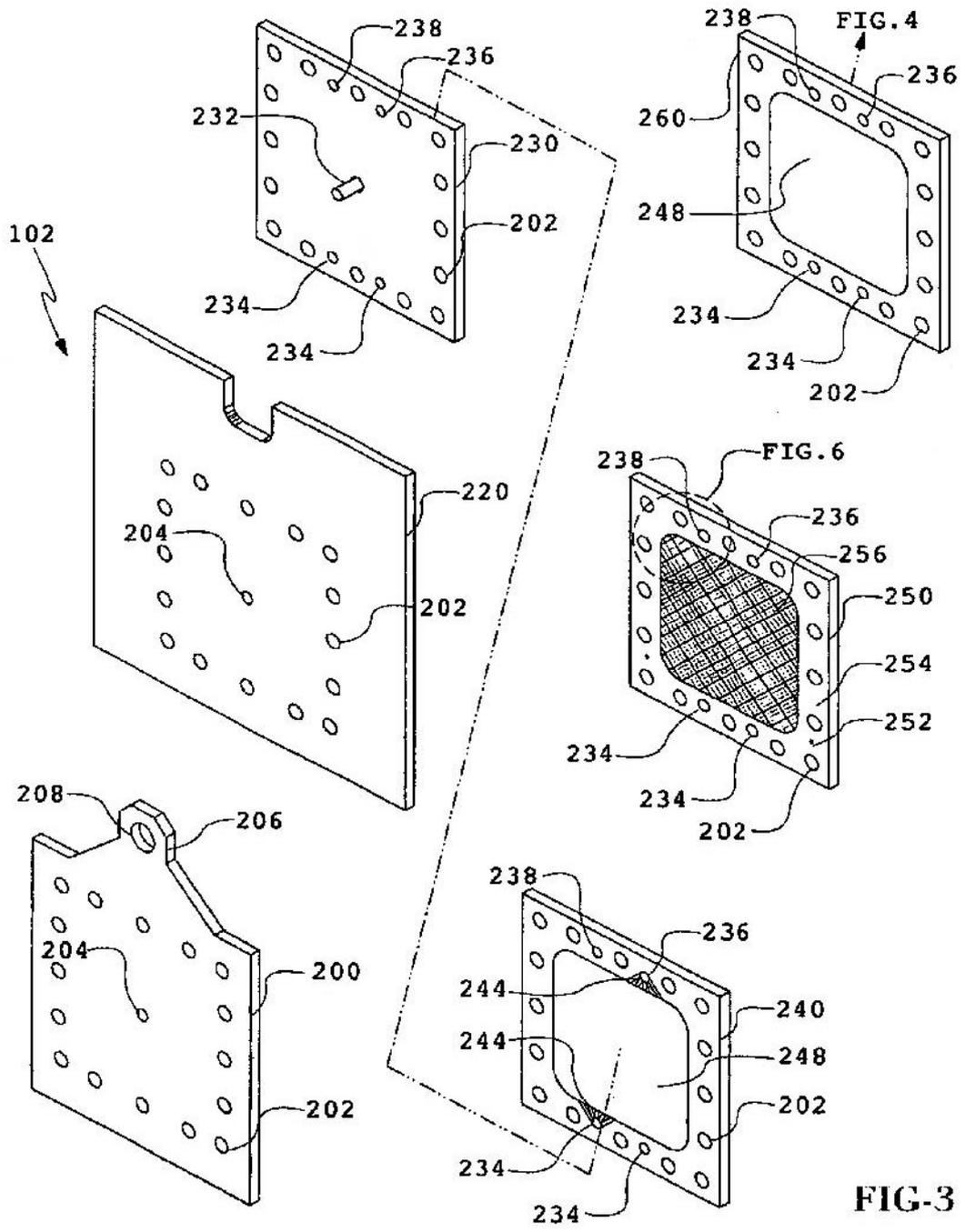
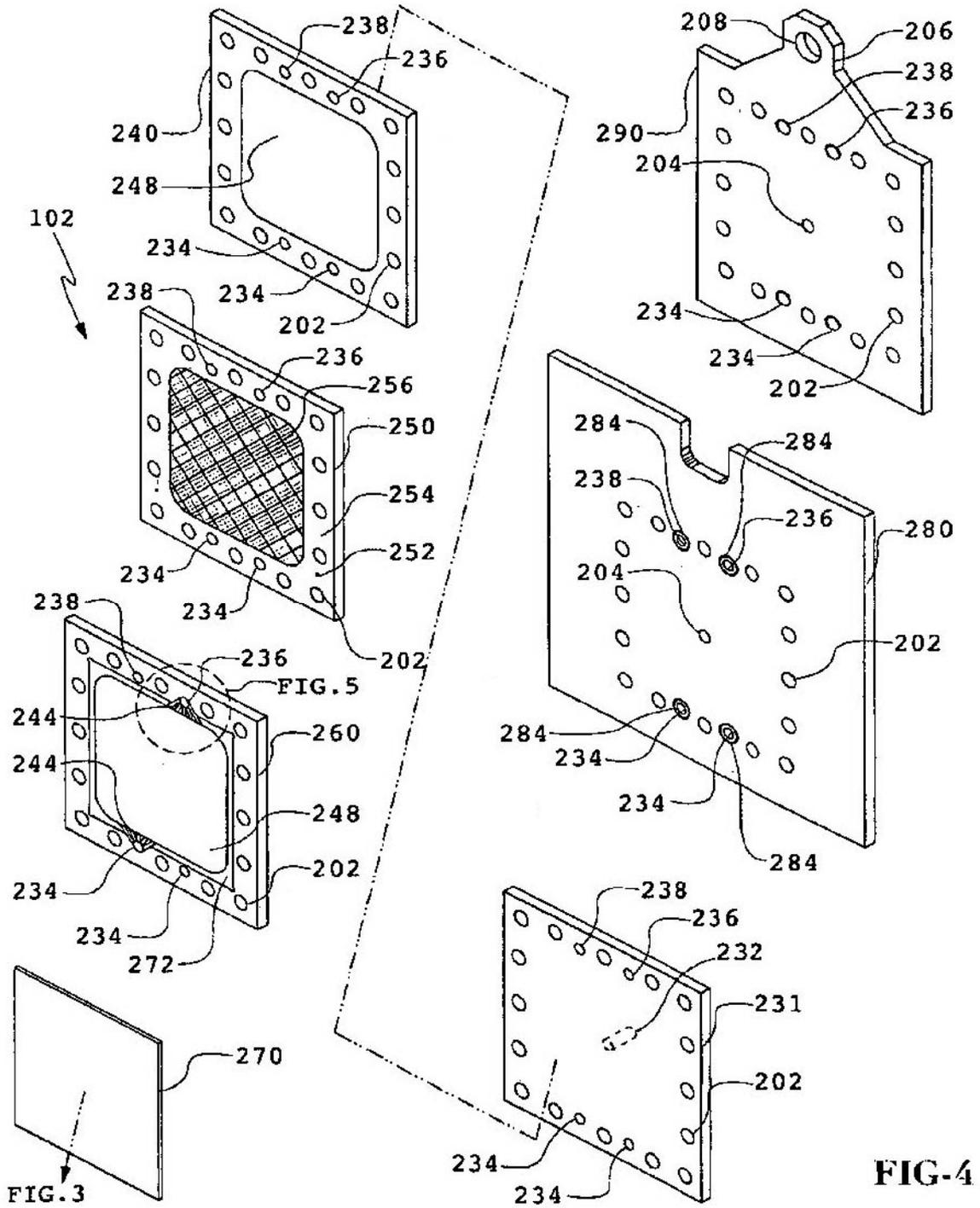
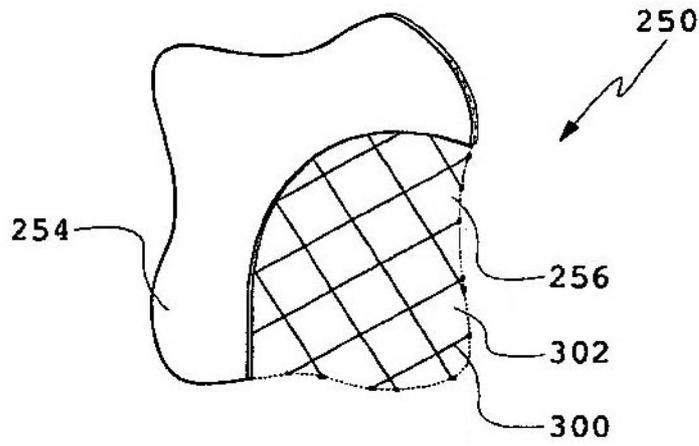
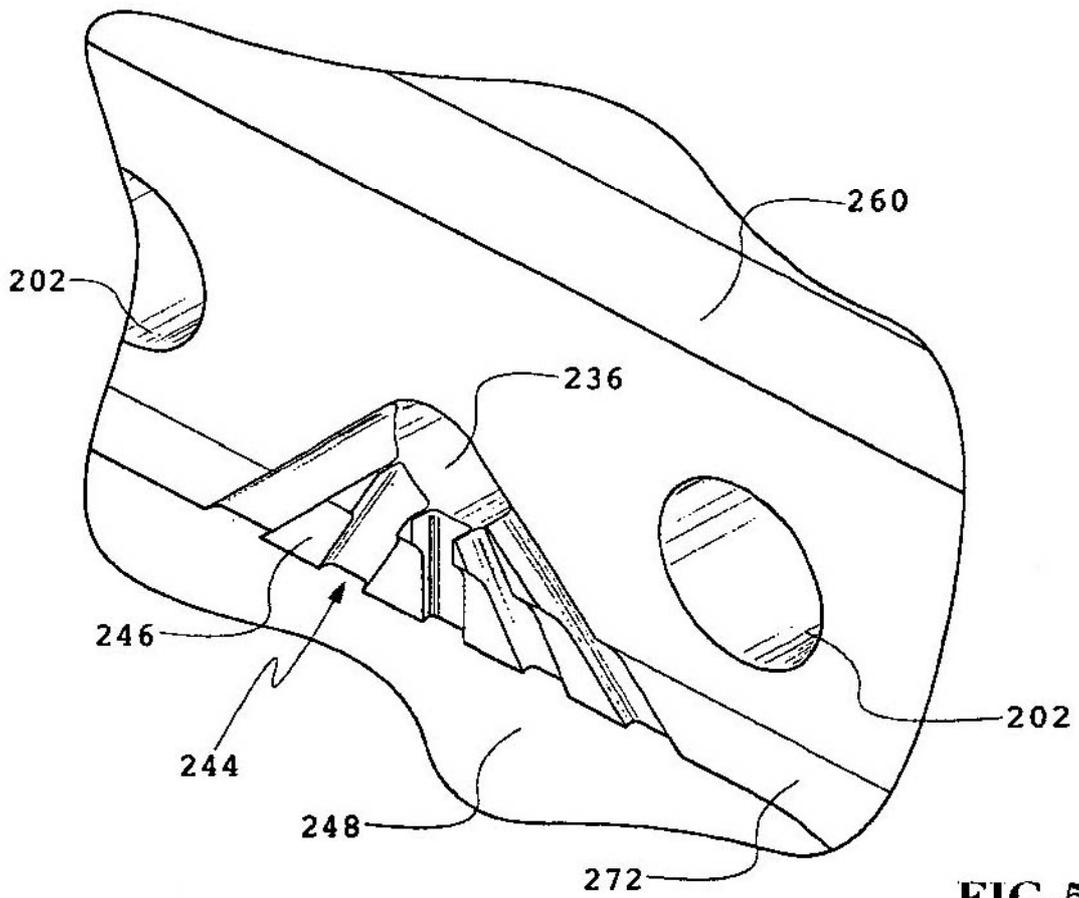


FIG-3





**FIG-6**



**FIG-5**

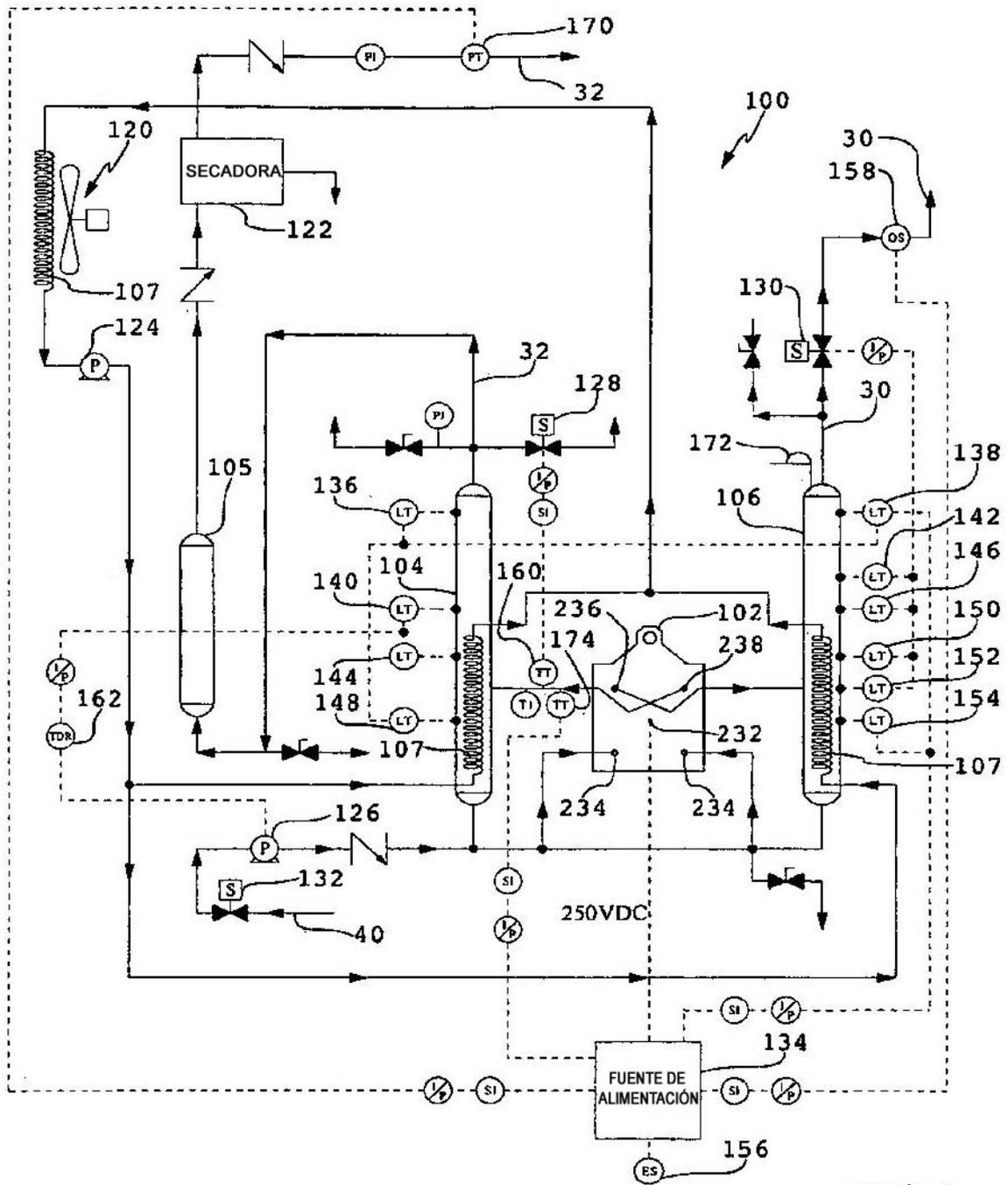


FIG-7

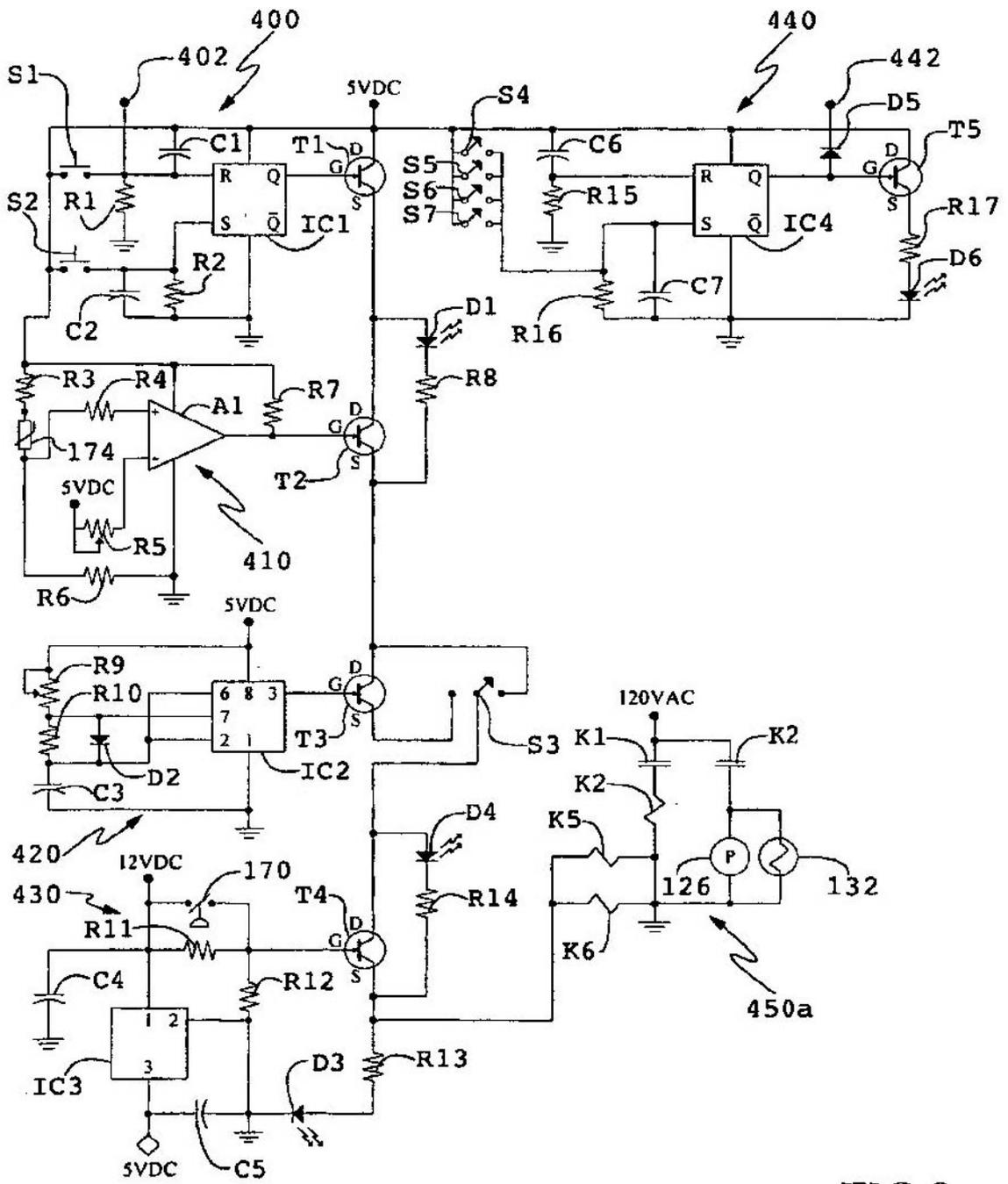


FIG-8

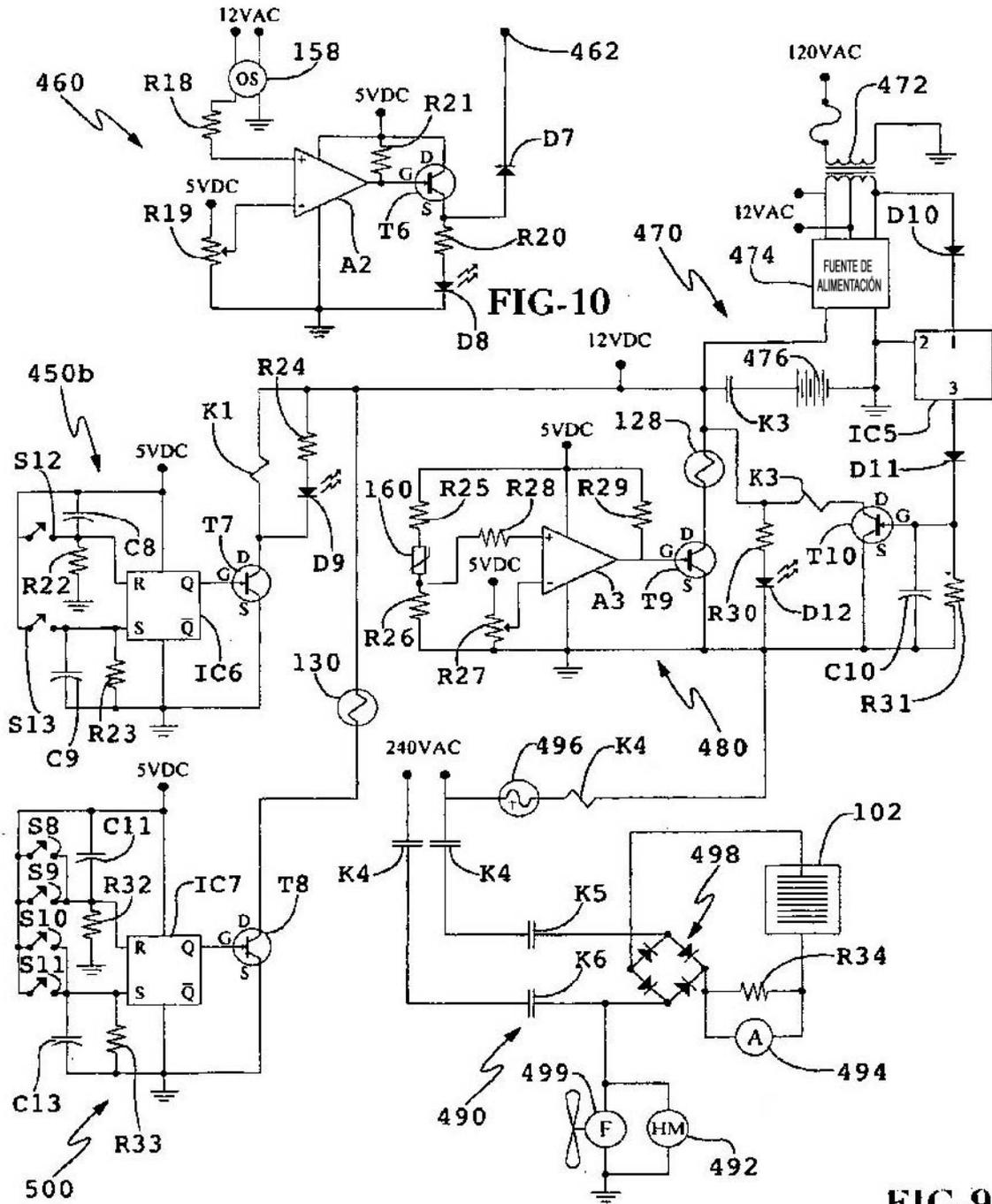


FIG-9

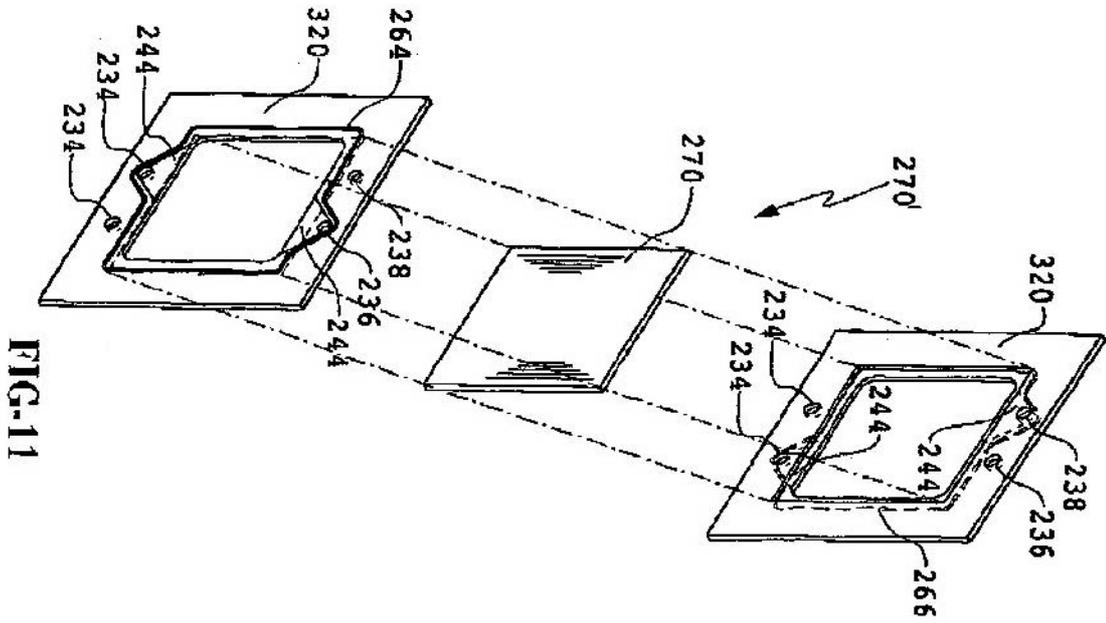


FIG-11

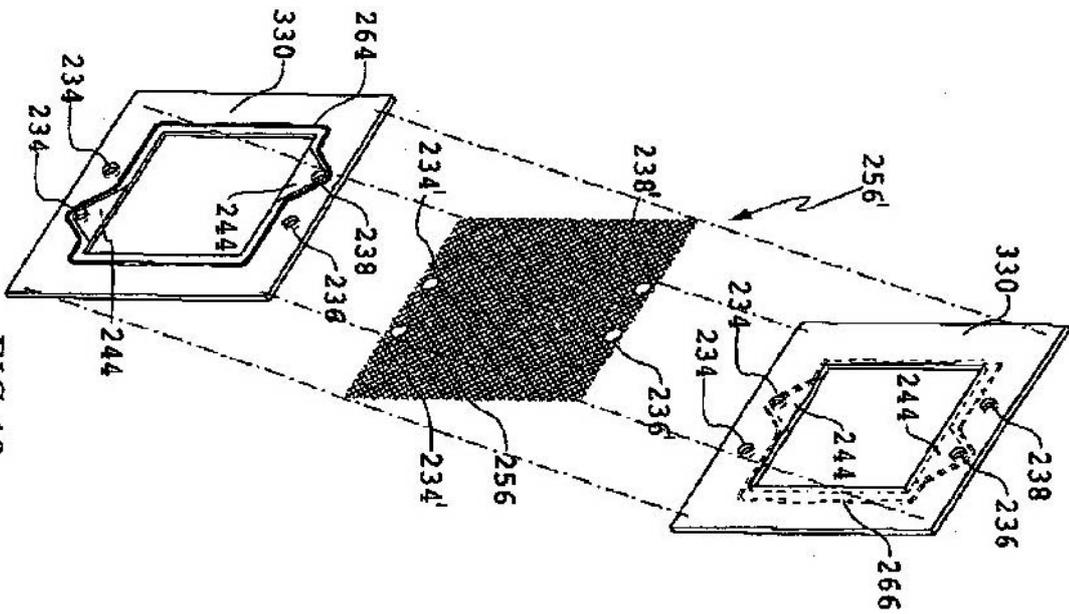


FIG-12