

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 018 009**

51 Int. Cl.:

G21C 3/334 (2006.01)

G21C 21/02 (2006.01)

G21C 17/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2019** **E 23154913 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2025** **EP 4199004**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de conjuntos de combustible nuclear, planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear y procedimiento de expansión de dicha planta**

30 Prioridad:

05.07.2018 WO PCT/IB2018/001153

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

14.05.2025

73 Titular/es:

**FRAMATOME (100.00%)
1 place Jean Millier, Tour Areva
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**MERCIER, LAWRENCE;
FALGE, ANDREAS y
FAYARD, AMAURY**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 3 018 009 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 de fabricación de conjuntos de combustible nuclear, planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear y procedimiento de expansión de dicha planta

[0001] La presente invención se refiere al campo técnico de la fabricación de conjuntos de combustible nuclear.

[0002] Un conjunto de combustible nuclear (o "conjunto de combustible") comprende barras de combustible nuclear (o "barras de combustible") dispuestas en un paquete y un armazón que soporta las barras de combustible.

[0003] Cada barra de combustible comprende un revestimiento tubular que contiene pastillas de combustible nuclear (por ejemplo, pastillas de UO₂), los dos extremos del revestimiento tubular están cerrados por tapones de extremo respectivos. En general, se inserta un resorte de barra de combustible en el revestimiento de la barra de combustible para ejercer una fuerza de compresión sobre las pastillas para evitar el movimiento de las pastillas dentro de la barra de combustible. Las pastillas se obtienen, por ejemplo, mediante la compactación de polvo de combustible nuclear (por ejemplo, polvo de UO₂).

[0004] El armazón comprende, por ejemplo, una tobera inferior y una tobera superior separadas a lo largo de un eje longitudinal, manguitos guía que se extienden a lo largo del eje longitudinal entre la tobera inferior y la tobera superior conectando la tobera inferior y la tobera superior entre sí, y rejillas espaciadoras unidas a los manguitos guía que se distribuyen a lo largo de los manguitos guía. Las barras de combustible se extienden a través de las rejillas espaciadoras y entre la tobera inferior y la tobera superior. La función de las rejillas espaciadoras es soportar las barras de combustible.

[0005] La fabricación de conjuntos de combustible requiere producir el polvo de combustible nuclear, granular el polvo de combustible nuclear para obtener las pastillas de combustible nuclear (o "pastillas"), producir barras de combustible, es decir, cargar las pastillas en los tubos de revestimiento y soldar tapones en los extremos de los tubos de revestimiento, fabricar el armazón e insertar las barras de combustible en el armazón.

[0006] Los conjuntos de combustible así fabricados se pueden empaquetar para su transporte a centrales nucleares.

[0007] Hoy en día, estas operaciones se realizan en una misma planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear.

[0008] Además, la producción manual generalmente se reemplaza progresivamente por la automatización para mejorar la productividad, aumentar la capacidad y gestionar un flujo de operaciones más continuo.

[0009] Sin embargo, es necesario proporcionar protecciones a los edificios y al equipo para cumplir con riesgos como incendios, inundaciones, sismos. Dichas protecciones aumentan cuando se automatiza la fabricación.

[0010] Esto conduce a una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear con un gran impacto, siendo la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear compleja de operar y sujeta a numerosas regulaciones.

[0011] Debido a estas limitaciones, parece difícil construir nuevas plantas de fabricación de conjuntos de combustible nuclear, lo que lleva a dificultades de adquisición para los operadores de centrales nucleares.

[0012] Los documentos "NRC: Fuel Fabrication", 16 de noviembre de 2017, "MOX Fuel Fabrication Business - JNFL", 25 de marzo de 2018 y Allen G Croff: "Reactors and Fuels", curso corto en la Universidad de Vanderbilt, 16 de diciembre de 2008, describen ejemplos de la técnica anterior de plantas y procedimientos para la fabricación de conjuntos de combustible nuclear.

[0013] Uno de los objetivos de la invención es proponer un procedimiento de fabricación de conjuntos de combustible nuclear que permita construir y operar una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear más fácilmente.

[0014] Para este fin, la invención propone un procedimiento para fabricar un conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 1.

[0015] Realizaciones específicas se definen en las reivindicaciones 2 - 19.

[0016] La invención también se refiere a una planta configurada para fabricar un conjunto de combustible nuclear como se define en la reivindicación 20.

[0017] Realizaciones específicas se definen en las reivindicaciones 21 - 41.

[0018] La invención también se refiere a un procedimiento de expansión de una planta para fabricar un conjunto de combustible nuclear como se define en la reivindicación 42.

[0019] Realizaciones específicas se definen en las reivindicaciones 43 - 53.

[0020] La invención y sus ventajas se comprenderán mejor al leer la siguiente descripción proporcionada únicamente a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos que la acompañan, en los cuales:

- La Figura 1 es una vista en elevación lateral de un conjunto de combustible nuclear;
- Las Figuras 2 y 3 son respectivamente una vista en perspectiva y una vista superior de una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear;
- Las Figuras 4 y 5 son respectivamente una vista en perspectiva y una vista superior de una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear según la invención;
- La Figura 6 es una vista en perspectiva que ilustra láminas de transporte de pastillas y una bandeja de pastillas, así como la transferencia de pastillas desde una de las láminas de transporte de pastillas a la bandeja de pastillas;
- La Figura 7 es una vista en perspectiva que ilustra una transferencia de pastillas desde una lámina de transporte de pastillas a una bandeja de pastillas;
- La Figura 8 es una vista en perspectiva que ilustra una transferencia de pastillas desde una bandeja de pastillas a otra bandeja de pastillas;
- La Figura 9 es una vista en perspectiva que ilustra una pila de bandejas de pastillas;
- La Figura 10 es una vista en perspectiva que ilustra una bóveda móvil para almacenar bandejas de pastillas;
- La Figura 11 es una vista en perspectiva parcial de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear de las Figuras 4 y 5;
- La Figura 12 es una vista en perspectiva de una estación de limpieza y una estación de inspección;
- La Figura 13 es una vista en perspectiva de una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear;
- Las Figuras 14 y 15 son respectivamente una vista en perspectiva y una vista superior de una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear;

[0021] Según un aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un conjunto de combustible nuclear que comprende barras de combustible nuclear dispuestas en un paquete y un almacén que soporta las barras de combustible nuclear.

[0022] El conjunto de combustible nuclear 2 de la Figura 1 comprende un paquete de barras de combustible nuclear 4 y un almacén 6 para sostener las barras de combustible 4. Las barras de combustible 4 se extienden paralelas entre sí y a un eje de conjunto L.

[0023] El almacén 6 comprende una tobera inferior 8, una tobera superior 10, una pluralidad de manguitos guía 12 y una pluralidad de rejillas espaciadoras 14.

[0024] Los manguitos guía 12 se extienden paralelos al eje de conjunto L y conectan la tobera inferior 8 a la tobera superior 10 manteniendo un espaciado predeterminado a lo largo del eje de conjunto L entre la tobera inferior 8 y la tobera superior 10. Las barras de combustible 4 se reciben entre la tobera inferior 8 y la tobera superior 10.

[0025] Las rejillas espaciadoras 14 se distribuyen a lo largo del paquete de barras de combustible 4. Cada rejilla espaciadora 14 está unida de forma fija a los manguitos guía 12 que se extienden a través de la rejilla espaciadora 14.

[0026] Cada rejilla espaciadora 14 está configurada para soportar las barras de combustible 4 en una relación espaciada. Cada rejilla espaciadora 14 está configurada para soportar las barras de combustible 4 a lo largo del eje de conjunto L y transversalmente al eje de conjunto L.

[0027] El conjunto de combustible 2 está configurado para la inserción de barras de un conjunto de control de grupo de barras (RCCA - *Rod Cluster Control Assembly*) y/o tapones de manguitos de un conjunto de tapones de manguito (TPA - *Thimble Plug Assembly*) en los manguitos guía 12, las barras o tapones de manguito se insertan a través de la tobera superior 10.

[0028] Un conjunto de control de grupo de barras (RCCA - *Rod Cluster Control Assembly*) incluye un paquete de barras de control paralelas y posiblemente barras no absorbentes dispuestas para su inserción en los manguitos guía 12, cada barra de control incluye material absorbente de neutrones. Dicho RCCA se proporciona en un reactor nuclear y, por ejemplo, se puede mover verticalmente hacia arriba y hacia abajo para aumentar o disminuir la reactividad del conjunto de combustible 2 o se inserta de forma fija en un conjunto de combustible 2 específico para reducir la reactividad del reactor nuclear en el área de este conjunto de combustible 2, por ejemplo, en un área periférica del reactor nuclear.

- [0029]** Se proporciona un conjunto de tapones de manguito (TPA - *Thimble Plug Assembly*) en un reactor nuclear e incluye una pluralidad de tapones, cada uno configurado para cerrar un manguito guía 12 respectivo de un conjunto de combustible 2 que no está provisto de un RCCA en el reactor nuclear, con el fin de evitar el flujo de derivación de refrigerante dentro de los manguitos guía 12 de este conjunto de combustible 2.
- [0030]** En vista de la fabricación de un conjunto de combustible 2, es posible proporcionar el almacén 6 sin la tobera inferior 8 o la tobera superior 10, insertar las barras de combustible 4 axialmente a través de las rejillas espaciadoras 14 y unir fijamente la tobera inferior 8 o la tobera superior 10 a los manguitos guía 12 para completar el almacén 6.
- [0031]** La longitud de un conjunto de combustible 2 es, por ejemplo, de entre 4 m y 6 m y el peso de un conjunto de combustible 2 es típicamente de entre 700 kg y 900 kg.
- [0032]** El procedimiento de fabricación de conjuntos de combustible nuclear comprende las etapas de insertar barras de combustible 4 en el almacén 6 para obtener un conjunto de combustible 2 y empaquetar el conjunto de combustible 2 con vistas al transporte, realizándose las etapas en una misma planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear, preferentemente en un mismo edificio de fabricación de conjuntos de combustible nuclear.
- [0033]** En una realización particular, el procedimiento comprende una etapa de recepción de barras de combustible 4 transportadas desde una planta de fabricación de barras de combustible nuclear separada por un área no confinada de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear, donde estas barras de combustible 4 se utilizan durante la etapa de inserción.
- [0034]** En la presente invención, "separado por un área no confinada" significa que las dos plantas o edificios no están conectados de manera confinada. Un transporte de partes del almacén o barras de combustible nuclear o pastillas de combustible nuclear o polvo de combustible nuclear o precursor de polvo de combustible nuclear entre las dos plantas o edificios separados por un área no confinada se realiza, por ejemplo, por carretera, mar y/o aire.
- [0035]** En esta realización, las barras de combustible 4 no se fabrican en la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear. Las barras de combustible 4 se fabrican en una planta de fabricación de barras de combustible nuclear que es distinta de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear. Las barras de combustible 4 se pueden transportar desde la planta de fabricación de barras de combustible nuclear a la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear por carretera, mar y/o aire.
- [0036]** En una realización particular, el procedimiento comprende recibir partes del almacén de una planta de fabricación del almacén separadas por un área no confinada de la planta de fabricación del conjunto de combustible nuclear, usando estas partes del almacén en la etapa de inserción.
- [0037]** En una realización particular, el procedimiento comprende recibir conjuntos de estructura preensamblados, cada conjunto de estructura comprende manguitos guía 12, rejillas espaciadoras 14 y solo una entre la tobera superior 10 y la tobera inferior 8, por ejemplo, una entre la tobera superior 10 y la tobera inferior 8, y, por separado, la otra entre la tobera superior 10 y la tobera inferior 8.
- [0038]** Por lo tanto, el procedimiento comprende, después de la etapa de inserción, una etapa de ensamblar la otra entre la tobera inferior 8 o la tobera superior 10 al conjunto de almacén premontado para completar el almacén 6.
- [0039]** Opcionalmente, el procedimiento comprende recibir las barras de combustible 4 en un recipiente y usar este recipiente en la etapa de embalaje para envasar un conjunto de combustible 2.
- [0040]** De hecho, las barras de combustible 4 y los conjuntos de combustible 2 pueden transportarse en los mismos recipientes, por ejemplo, los recipientes de conjuntos de combustible de la compañía Framatome denominada "FCC".
- [0041]** Por ejemplo, las barras de combustible 4 se pueden colocar en una funda que tiene sustancialmente las mismas dimensiones externas que un conjunto de combustible 2 correspondiente, la funda se coloca en el recipiente.
- [0042]** La reutilización de los recipientes permite limitar las operaciones de transporte mediante el uso de los mismos recipientes para transportar las barras de combustible 4 desde la planta de fabricación de barras de combustible nuclear hasta la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear y a continuación para transportar los conjuntos de combustible desde la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear a la central nuclear.
- [0043]** Alternativamente, el procedimiento comprende usar primeros recipientes dedicados para transportar

conjuntos de combustible nuclear 2 y segundos recipientes dedicados para transportar barras de combustible 4, siendo cada segundo recipiente, por ejemplo, un primer recipiente equipado con equipo adicional para permitir el embalaje de barras de combustible 4 en los segundos recipientes.

5 **[0044]** La planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 de las Figuras 2 y 3 está configurada para la implementación del procedimiento de fabricación de un conjunto de combustible 2.

[0045] La planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 comprende una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 configurada para fabricar conjuntos de combustible 2 a partir de barras de combustible
10 4 y partes de almacén.

[0046] La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 comprende una estación de inserción 24 configurada para la inserción de barras de combustible 4 en el almacén 6 para obtener un conjunto de combustible 2 y una estación de embalaje 26 configurada para envasar el conjunto de combustible 2 en un recipiente de conjuntos
15 de combustible 28 con vistas al transporte, por ejemplo, a una central nuclear. El recipiente de conjuntos de combustible 28 está configurado para recibir los conjuntos de combustible 2 y para transportarlos por carretera, aire y/o mar.

[0047] La planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 comprende una sala de ensamblaje 30 donde se encuentran, a saber, la estación de inserción 24 y la estación de embalaje 26. La estación de inserción 24 y la estación de embalaje 26 están ubicadas en la misma sala de ensamblaje 30.

[0048] La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 comprende una grúa 32 ubicada en la sala de ensamblaje 30 para mover los conjuntos de combustible nuclear 2 entre las estaciones ubicadas dentro de la sala de
25 ensamblaje 30.

[0049] La grúa 32 está configurada especialmente para mover los conjuntos de combustible nuclear 2 entre la estación de inserción 24 y la estación de embalaje 26. Ventajosamente, la grúa 32 es una grúa puente.

30 **[0050]** La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 comprende opcionalmente una estación de limpieza 34 configurada para limpiar un conjunto de combustible nuclear 2.

[0051] La estación de limpieza 34 está ubicada, por ejemplo, en la sala de ensamblaje 30. Por lo tanto, el conjunto de combustible 2 se puede cargar y/o tomar de la estación de limpieza 34 utilizando la grúa 32.
35

[0052] La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 comprende opcionalmente una estación de inspección de conjuntos de combustible 36 configurada para la inspección de un conjunto de combustible 2.

[0053] La estación de inspección de conjuntos de combustible 36 está ubicada, por ejemplo, en la sala de
40 ensamblaje 30. Por lo tanto, el conjunto de combustible 2 se puede cargar y/o tomar de la estación de inspección de conjuntos de combustible 36 utilizando la grúa 32.

[0054] De manera ventajosa, la estación de limpieza 34 está configurada para la limpieza del conjunto de combustible 2 en una posición vertical y/o sustancialmente a nivel del suelo y/o la estación de inspección de conjuntos
45 de combustible 36 está configurada para la inspección del conjunto de combustible 2 en una posición vertical y/o sustancialmente a nivel del suelo.

[0055] La posición vertical del conjunto de combustible 2 para la limpieza y/o inspección permite reducir el impacto de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22.
50

[0056] Tener el conjunto de combustible 2 a nivel del suelo en lugar de colocar el conjunto de combustible 2 en un pozo provisto en el suelo evita la provisión de dicho pozo, lo que puede dificultarse dependiendo de la naturaleza del suelo.

55 **[0057]** Sin embargo, requiere que la sala donde se encuentra la estación de limpieza 34 o la estación de inspección de conjuntos de combustible 36, aquí la sala de ensamblaje 30, tenga una altura que sea suficiente para acomodar el conjunto de combustible 2 verticalmente.

[0058] Opcionalmente, la estación de limpieza 34 también está configurada para realizar una prueba del
60 conjunto de control del grupo de barras (o "prueba RCCA") y/o una prueba del conjunto de tapones de manguito (o "prueba TPA") mientras el conjunto de combustible 2 está en la posición de limpieza.

[0059] Esto permite reducir el impacto de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 realizando la limpieza, así como la prueba RCCA y/o la prueba TPA en una misma estación en lugar de proporcionar las
65 estaciones respectivas para limpieza, prueba RCCA y prueba TPA.

- 5 **[0060]** Una prueba RCCA es una prueba de inserción de las barras de control de un RCCA en el conjunto de combustible 2 para garantizar que, en funcionamiento, el RCCA se inserte correctamente en los manguitos guía 12 del conjunto de combustible 2. Una deformación del conjunto de combustible 2 o un cuerpo extraño ubicado en un manguito guía 12 puede impedir la inserción adecuada del RCCA. Del mismo modo, una prueba TPA es una prueba de inserción de los tapones de los manguitos de un TPA en los manguitos guía 12 del conjunto de combustible 2.
- 10 **[0061]** La estación de inspección de conjuntos de combustible 36 está configurada para realizar mediciones geométricas y/o inspección visual.
- 15 **[0062]** Preferentemente, la estación de inspección de conjuntos de combustible 36 está configurada para realizar mediciones geométricas e inspección visual. Esto permite reducir el impacto de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 realizando mediciones geométricas e inspección visual en una misma estación en lugar de proporcionar estaciones respectivas para mediciones geométricas e inspección visual.
- 20 **[0063]** Las mediciones geométricas pueden incluir, por ejemplo, una distancia entre las barras de combustible 4, una distancia entre las barras de combustible 4 y los manguitos guía 12, una envoltura externa del conjunto de combustible 2, una verticalidad del conjunto de combustible 2...
- 25 **[0064]** Las mediciones geométricas se realizan con instrumentos. La estación de inspección de conjuntos de combustible 36 comprende, por ejemplo, un conjunto de medición que se puede mover verticalmente a lo largo de un conjunto de combustible 2 recibido en la estación de inspección de conjuntos de combustible 36, comprendiendo el conjunto de medición los instrumentos.
- 30 **[0065]** La inspección visual se realiza, por ejemplo, para detectar cualquier cuerpo extraño que pueda estar presente dentro del paquete de barras de combustible 4.
- [0066]** La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 comprende opcionalmente una estación de inspección de barras de combustible 38 configurada para la inspección de las barras de combustible 4 recibidas de la planta de fabricación de barras de combustible nuclear. La estación de inspección de barras de combustible 38 está ubicada, por ejemplo, en la sala de ensamblaje 30.
- 35 **[0067]** La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 comprende opcionalmente un almacenamiento de barras de combustible 40 configurado para el almacenamiento de barras de combustible 4 recibidas de la planta de fabricación de barras de combustible nuclear. El almacenamiento de barras de combustible 40 está ubicado, por ejemplo, en la sala de ensamblaje 30. El almacenamiento de barras de combustible 40 comprende, por ejemplo, estantes para almacenar las barras de combustible 4 horizontalmente.
- 40 **[0068]** La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 comprende opcionalmente un almacenamiento de conjuntos de combustible 42 configurado para almacenar conjuntos de combustible nuclear 2 antes de limpiar, inspeccionar y/o empaquetar los conjuntos de combustible nuclear 2.
- 45 **[0069]** El almacenamiento de conjuntos de combustible 42 está ubicado, por ejemplo, en la sala de ensamblaje 30. Por lo tanto, un conjunto de combustible nuclear 2 se puede cargar y/o tomar del almacenamiento de conjuntos de combustible 42 usando la grúa 32.
- [0070]** El almacenamiento de conjuntos de combustible 42 es, por ejemplo, una habitación delimitada dentro de la sala de ensamblaje 30.
- 50 **[0071]** El almacenamiento de conjuntos de combustible 42 comprende, por ejemplo, estantes para almacenar cada conjunto de combustible 2 en una posición vertical.
- 55 **[0072]** Alternativa u opcionalmente, los conjuntos de combustible nuclear 2 pueden almacenarse en recipientes de conjuntos de combustible 28, preferiblemente después de la limpieza y/o inspección. Los conjuntos de combustible nuclear 2 almacenados en los recipientes de conjuntos de combustible 28 están listos para ser enviados a una central nuclear.
- 60 **[0073]** La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 comprende opcionalmente un área logística 46 configurada para almacenar, recibir y/o enviar recipientes de transporte.
- [0074]** Se puede acceder al área logística 46 desde el exterior de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 a través de una puerta 48 que se abre hacia el exterior. Preferentemente, el área logística 46 es accesible para camiones y/o montacargas.
- 65 **[0075]** Opcionalmente, el área logística 46 está provista de una grúa puente del área logística 54 dedicada al

área logística 46. Esta grúa puente del área logística 54 está configurada, por ejemplo, para levantar recipientes de transporte, en particular recipientes de conjuntos de combustible 28, así como recipientes de barras de combustible. La grúa puente del área logística 54 se puede omitir, en cuyo caso las operaciones de manipulación se pueden realizar usando, por ejemplo, un montacargas. Sin embargo, la grúa puente del área logística 54 proporciona más flexibilidad.

5

[0076] Preferentemente, la estación de embalaje 26 se ubica en la sala de ensamblaje 30 adyacente al área logística 46. Por lo tanto, un recipiente de conjuntos de combustible 28 que recibe un conjunto de combustible 2 puede moverse fácilmente de la estación de embalaje 26 al área logística 46.

10 **[0077]** En una realización particular, el área logística 46 comprende una zona de almacenamiento de recipientes 56 para almacenar recipientes de transporte. Como se ilustra en la Figura 1, varios recipientes de conjuntos de combustible 28 están presentes en la zona de almacenamiento de recipientes 56.

[0078] La planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 comprende opcionalmente un área de componentes 58 que está configurada para inspeccionar y almacenar partes del armazón.

[0079] Como se ilustra en la Figura 2, la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 está alojada en un edificio 60 hecho de dos módulos de construcción 62, 64 dispuestos uno al lado del otro en una dirección de alineación A. Por ejemplo, los dos módulos de construcción 62, 64 son cada uno de forma rectangular y de sustancialmente las mismas dimensiones (longitud, anchura y altura).

[0080] Las estaciones (estación de inserción 24, estación de embalaje 26...) y los equipos (grúa(s), almacenes...) de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 se encuentran en los dos módulos de construcción 62, 64.

25

[0081] El área logística 46 está ubicada en un primer módulo de construcción 62 entre los dos módulos de construcción 62, 64 y la estación de inserción 24 y la estación de embalaje 26 están ubicadas en el segundo módulo de construcción 64 entre los dos módulos de construcción 62, 64.

30 **[0082]** Cuando sea el caso, como en el ilustrado en la Figura 3, el área de componentes 58 está ubicada, por ejemplo, en el mismo módulo de construcción que el área logística 46, es decir, aquí el primer módulo de construcción 62.

[0083] Cuando sea el caso, como se ilustra en la Figura 3, la estación de limpieza 34, la estación de inspección de conjuntos de combustible 36, la estación de inspección de barras de combustible 38, el almacenamiento de barras de combustible 40 y/o el almacenamiento de conjuntos de combustible 42 están ubicados, por ejemplo, en el mismo módulo de construcción que la estación de inserción 24 y la estación de embalaje 26, es decir, aquí el segundo módulo de construcción 64.

40 **[0084]** En el ejemplo ilustrado, el área logística 46 y el área de componentes 58 ubicadas en el primer módulo de construcción 62 se comunican cada una con el segundo módulo de construcción 64, y más particularmente con la sala de ensamblaje 30, a través de los pasajes respectivos 66, 68.

[0085] El pasaje 66 entre el área logística 46 y la sala de ensamblaje 30 es adyacente a la estación de embalaje 26 y/o el pasaje 68 entre el área de componentes 58 y la sala de ensamblaje 30 es adyacente a la estación de inserción 24.

[0086] Por ejemplo, la estación de limpieza 34, la estación de inspección de conjuntos de combustible 36, el almacenamiento de barras de combustible 40 y/o el almacenamiento de conjuntos de combustible 42 están ubicados en la sala de ensamblaje 30 entre estos dos pasajes 66, 68.

[0087] En el ejemplo ilustrado, el procedimiento para fabricar un conjunto de combustible nuclear 2 comprende:

- recibir las barras de combustible 4, inspeccionar las barras de combustible 4 en la estación de inspección de barras de combustible 38 y transferir las barras de combustible 4 inspeccionadas a la estación de inserción 24;
- recibir las partes del armazón e inspeccionar las partes del armazón en el área de componentes 58 y transferir las partes del armazón a la estación de inserción 24;
- insertar las barras de combustible 4 en el armazón 6 sin la tobera inferior 8 y/o la tobera superior 10 y unir la tobera inferior 8 y/o la tobera superior 10 del armazón 6 para completar el armazón 6, obteniendo así un conjunto de combustible 2;
- limpiar el conjunto de combustible 2 en la estación de limpieza 34 e/o inspeccionar el conjunto de combustible 2 en la estación de inspección de conjuntos de combustible 36 ;
- envasar el conjunto de combustible 2 en un recipiente de conjuntos de combustible 28 en la estación de embalaje 26;
- transferir el recipiente de conjuntos de combustible 28 al área logística 46 para enviar el recipiente de conjuntos de

combustible 28 a una central nuclear.

[0088] La inserción de las barras de combustible 4 se puede realizar de arriba a abajo del conjunto de combustible 2, omitiéndose o retirándose la tobera superior 10, o de abajo a arriba del conjunto de combustible 2, omitiéndose o retirándose la tobera inferior 8. Además, la inserción de las barras de combustible 4 se puede realizar empujando y/o tirando de cada barra de combustible 2.

[0089] En una realización ejemplar, la estación de inserción 24 está configurada para insertar secuencialmente grupos de barras de combustible en el almacén 6, cada grupo de barras de combustible se prepara manualmente y a continuación se inserta automáticamente en el almacén 6. Las barras de combustible de cada grupo deben insertarse a la misma altura del almacén 6 que se encuentra en un banco de inserción de la estación de inserción 24.

[0090] En una realización ejemplar específica, la etapa de inserción comprende:

- 15 - recoger las barras de combustible. Las barras de combustible se pueden recoger de un banco de inspección de barras de combustible o de un almacenamiento de barras de combustible por medio de al menos un carro de transferencia de barras de combustible;
- mover la barra de combustible manualmente a una mesa de preparación del grupo de barras de combustible siguiendo una secuencia mostrada por un software de conjunto de combustible ejecutado por un ordenador según un
- 20 mapa de posición de las barras de combustible;
- transferir la barra de combustible manualmente a una mesa elevadora con separación de las barras de combustible manualmente según el mapa de posición de las barras de combustible;
- comprobar la limpieza de las barras de combustible y la ausencia de daños;
- comprobar la disposición de las barras de combustible según el mapa de posición de las barras de combustible;
- 25 - comprobar la identificación de las barras de combustible y liberarlas para su montaje;
- posicionamiento semiautomático de la mesa elevadora y las barras de combustible a la altura adecuada según el mapa de posicionamiento de las barras de combustible;
- inserción automática de las barras de combustible en el almacén 6 tirando y/o empujando.

[0091] En el caso de que las barras de combustible se inserten en el almacén 6 tirando, la etapa de inserción puede comprender:

- comprobar que un conjunto de tracción está en la posición inicial y colocar manualmente las tapas de protección en los tirantes configurados para tirar de las barras de combustible a través del almacén 6;
- 35 - insertar los tirantes en el almacén y retirar manualmente las tapas de protección, y
- durante la inserción automática: activación de un sistema de lubricación, empuje de la barra de combustible a una posición de agarre, agarre de las barras de combustible y tracción de los combustibles a través del almacén. La velocidad de tracción se puede verificar manualmente durante la inserción de una barra de combustible, por ejemplo, la primera barra de combustible insertada.

[0092] Opcionalmente, la etapa de inserción comprende, durante la inserción, verificar que se aplica lubricante (por ejemplo, agua) en la barra de combustible, después de la inserción, verificar la configuración del conjunto de tracción midiendo una distancia entre los extremos de la barra de combustible y los hombros de los tapones de los manguitos guía, verificar la orientación de presencia y la posición de las barras de combustible y/o verificar visualmente si hay daños en las rejillas espaciadoras y los tapones de los extremos de las barras de combustible.

[0093] Estas operaciones se repiten para cada grupo de barras de combustible según el mapa de posición de las barras de combustible, hasta que todas las barras de combustible necesarias se insertan en el almacén 6.

[0094] Opcionalmente, la etapa de inserción incluye la inserción de barras de combustible que contienen un veneno neutrónico. El veneno neutrónico contiene, por ejemplo, gadolinio (Gd). En tal caso, las barras de combustible sin veneno neutrónico y las barras de combustible con veneno neutrónico se almacenan preferiblemente en diferentes lugares. Por ejemplo, las barras de combustible que contienen veneno neutrónico se almacenan en un carro dedicado separado del almacenamiento para las barras de combustible sin veneno neutrónico.

[0095] Al preparar un grupo de barras de combustible para ser insertadas a un mismo nivel en el almacén 6, el operador es guiado por el mapa de inserción de barras de combustible para colocar las barras de combustible sin veneno neutrónico y las barras de combustible con veneno neutrónico en el lugar apropiado en la mesa elevadora.

[0096] Por lo tanto, los grupos de barras de combustible con y/o sin veneno neutrónico se preparan manualmente en la mesa elevadora con la indicación del mapa de inserción de barras de combustible mostrado por un software de conjuntos de combustible ejecutado por un ordenador.

[0097] El procedimiento de fabricación de conjuntos de combustible nuclear y la correspondiente planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 permiten la fabricación de conjuntos de combustible 2 de manera

eficiente y con restricciones minimizadas.

[0098] Las barras de combustible 4 no se fabrican dentro de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20. La fabricación del conjunto de combustible nuclear 2 se opera utilizando barras de combustible 4 transportadas desde una planta de fabricación de barras de combustible nuclear en un área no confinada. Las barras de combustible 4 se pueden transportar fácilmente por carretera, aire y/o mar.

[0099] Por lo tanto, es posible producir conjuntos de combustible 2 de manera simple y eficiente en una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 específica cerca de una o varias plantas de energía nuclear.

[0100] Las operaciones se pueden realizar manualmente sin necesidad de recurrir a la automatización de algunas tareas. Por lo tanto, es más fácil comenzar la producción de conjuntos de combustible nuclear e invertir en la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20.

[0101] En una realización específica, el procedimiento de fabricación de conjuntos de combustible nuclear comprende recibir pastillas transportadas desde una planta de fabricación de pastillas de combustible nuclear separada por un área no confinada de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20, usar estas pastillas para fabricar barras de combustible 4 y usar estas barras de combustible 4 para fabricar conjuntos de combustible 2 en la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20.

[0102] El procedimiento de fabricación del conjunto de combustible nuclear comprende, por ejemplo, colocar las pastillas en bandejas de pastillas, opcionalmente insertar las bandejas en un horno de desgasificación para eliminar la posible contaminación por hidrógeno de las pastillas, cargar las pastillas de las bandejas de pastillas en un tubo de revestimiento en una estación de carga de barras de combustible, insertar un resorte en el tubo de revestimiento, llenar el tubo de revestimiento con gas helio y/o soldar tapones en los extremos de los tubos de revestimiento para cerrar la barra de combustible 2.

[0103] La planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 de las Figuras 4 y 5 está configurada para implementar dicha realización del procedimiento de fabricación de conjuntos de combustible.

[0104] La planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 de las Figuras 4 y 5 difiere de las Figuras 2 y 3 en que comprende además una unidad de fabricación de barras de combustible 70 configurada para recibir pastillas transportadas desde una planta de fabricación de pastillas de combustible nuclear separadas por un área no confinada de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 y para fabricar barras de combustible 4 utilizando estas pastillas, siendo las barras de combustible 4 utilizadas a su vez en la etapa de inserción.

[0105] La unidad de fabricación de barras de combustible 70 comprende, por ejemplo, un área de recepción de pastillas 72 configurada para recibir pastillas, un área de inspección de pastillas 74 configurada para inspeccionar las pastillas, una estación de desgasificación 76 que comprende al menos un horno de desgasificación 78 configurado para expulsar la posible contaminación por hidrógeno de las pastillas, una estación de revestimiento 79 configurada para recibir tubos de revestimiento y verificar los tubos de revestimiento recibidos, una estación de carga de barras de combustible 80 configurada para cargar las pastillas en un tubo de revestimiento, una estación de soldadura 82 configurada para soldar tapones en los extremos de los tubos de revestimiento y/o un área de inspección de barras de combustible 84 configurada para inspeccionar las barras de combustible 4.

[0106] El área de recepción de pastillas 72 está configurada para recibir las pastillas empaquetadas en recipientes de pastillas 86 y almacenar temporalmente las pastillas dejando las pastillas en estos recipientes de pastillas 86.

[0107] Cada recipiente de pastillas 86 comprende, por ejemplo, una cubierta sellada que contiene varias láminas de transporte de pastillas y una protección exterior, una estructura, estando configurada la estructura de la protección exterior para empaquetar los recipientes de pastillas 86 en un recipiente de transporte intermodal.

[0108] Las láminas de transporte de pastillas son láminas corrugadas metálicas que comprenden varias crestas y surcos paralelos, estando cada surco configurado para recibir una columna de pastillas de combustible nuclear.

[0109] El área de inspección de pastillas 74 está configurada para desempaquetar las láminas de transporte de pastillas de los recipientes de pastillas 86, transferir las pastillas de una lámina de transporte de pastillas a una bandeja de pastillas e inspeccionar visualmente las pastillas nucleares.

[0110] Estas operaciones se realizan, por ejemplo, manualmente. La colocación de las pastillas en bandejas se realiza, por ejemplo, deslizando manualmente todas las columnas de pastillas de la lámina de transporte de pastillas a una bandeja de pastillas. La inspección visual de las pastillas se realiza, por ejemplo, inspeccionando la superficie visible de las pastillas ubicadas en una bandeja de pastillas, a continuación colocando boca abajo una segunda bandeja de pastillas en la parte superior de las pastillas, devolviendo ambas bandejas de pastillas juntas, retirando la

primera bandeja de pastillas y finalmente inspeccionando la otra superficie visible de las pastillas.

[0111] Como se ilustra en la Figura 6, cada lámina de transporte de pastillas 124 tiene surcos paralelos 126 configurados para recibir pastillas 128 dispuestas en columnas de pastillas 130.

[0112] Cada lámina de transporte de pastillas 124 es, por ejemplo, una lámina corrugada metálica que comprende crestas que se alternan con los surcos 126.

[0113] Cada bandeja de pastillas 132 tiene, por ejemplo, barras paralelas 134 que definen entre ellas ranuras configuradas para recibir pastillas 128 dispuestas en columnas de pastillas 130.

[0114] En una realización preferida, como se ilustra en la Figura 6, las láminas de transporte de pastillas 124 y las bandejas de pastillas 132 son diferentes pero geoméricamente compatibles para permitir la transferencia de columnas de pastillas 130 desde una lámina de transporte de pastillas 124 a una bandeja de pastillas 132.

[0115] Más específicamente, el paso P entre los surcos 126 de una lámina de transporte de pastillas 124 y el paso P entre las barras 134 de una bandeja de pastillas 132 son sustancialmente iguales, la lámina de transporte de pastillas 124 y la bandeja de pastillas 132 comprenden tantos surcos 126 como surcos entre las barras 134 y la longitud D de los surcos 126 de la lámina de transporte de pastillas 124 es sustancialmente igual a la de las barras 134 de la bandeja de pastillas 132.

[0116] En una realización ejemplar, la transferencia de pastillas 128 desde una lámina de transporte de pastillas 124 a una bandeja de pastillas 132 incluye colocar la bandeja de pastillas 132 lado a lado con la lámina de transporte de pastillas 124 de modo que cada surco 126 de la lámina de transporte de pastillas 124 esté alineado con una ranura respectiva entre las barras 134 de la bandeja de pastillas 132 como se ilustra en la Figura 6, y deslizar cada columna de pastillas 130 de la lámina de transporte de pastillas 124 hacia una ranura de la bandeja de pastillas 132.

[0117] Alternativa u opcionalmente, como se ilustra en la Figura 7, transferir las pastillas 128 desde una lámina de transporte de pastillas 124 a una bandeja de pastillas 132 incluye colocar la bandeja de pastillas 132 boca abajo sobre la lámina de transporte de pastillas 124 de manera que cada columna de pastillas 130 se reciba en una ranura respectiva entre las barras 134 de la bandeja de pastillas 132, y a continuación voltear el conjunto compuesto por la lámina de transporte de pastillas 124 y la bandeja de pastillas 132 boca abajo de manera que la bandeja de pastillas 132 quede debajo y la lámina de transporte de pastillas 124 encima, y retirar la lámina de transporte de pastillas 124.

[0118] Dicha transferencia con volteo permite una inspección visual de ambas caras de las pastillas 128, ya que una cara es visible cuando las pastillas 128 están en la lámina de transporte de pastillas 124 y la otra cara de las pastillas 128 es a continuación visible cuando las pastillas 128 se han transferido a la bandeja de pastillas 132 con un volteo boca abajo.

[0119] Alternativa u opcionalmente, como se ilustra en la Figura 8, dicho volteo de las pastillas 128 se realiza mediante el uso de dos bandejas de pastillas 132. Las pastillas 128 se transfieren, por ejemplo, desde una lámina de transporte de pastillas 124 a una bandeja de pastillas como se ilustra en la Figura 6 y a continuación se voltean boca abajo entre dos bandejas de pastillas 132 como se ilustra en la Figura 8.

[0120] Ventajosamente, como se ilustra en la Figura 9, las bandejas de pastillas 132 están configuradas para apilar las bandejas de pastillas 132. Esto facilita la manipulación de las bandejas de pastillas 132, concretamente el transporte de las bandejas de pastillas 132 y/o su transferencia a los hornos de desgasificación 79.

[0121] Las láminas de transporte de pastillas 124 y las bandejas de pastillas 132 son, por ejemplo, diferentes en su diseño (por ejemplo, material y/o estructura), las bandejas de pastillas 132 están diseñadas, por ejemplo, para resistir el calentamiento en el horno de desgasificación 78.

[0122] Ventajosamente, estas bandejas de pastillas 132 están configuradas para ser utilizadas para almacenar las pastillas 128 y/o colocar las pastillas 128 en un horno de desgasificación 78 y/o cargar las pastillas 128 en tubos de revestimiento.

[0123] Por lo tanto, las pastillas 128 pueden permanecer en las bandejas de pastillas 132 desde la inspección hasta la carga en los tubos de revestimiento, sin transferencia de las pastillas 128 desde la bandeja de pastillas 132 a otro soporte o recipiente entre la inspección y la carga. Esto limita la manipulación de las pastillas 128 y, por lo tanto, limita el riesgo de dañar las pastillas 128.

[0124] Opcionalmente, la unidad de fabricación de barras de combustible 70 comprende bóvedas móviles de almacenamiento de pastillas 140, cada bóveda de almacenamiento 140 está configurada para almacenar bandejas de pastillas 132 y es móvil para permitir la transferencia de bandejas de pastillas 132.

[0125] Como se ilustra en la Figura 10, cada bóveda de almacenamiento 140 está configurada para recibir varias bandejas de pastillas 132, y comprende, por ejemplo, varios compartimentos o celdas 142, cada celda 142 está configurada para recibir varias bandejas de pastillas 132.

5 **[0126]** Cada bóveda de almacenamiento 140 comprende, por ejemplo, varias celdas 142, estando cada celda 142 configurada para recibir una pila de bandejas de pastillas 132, por ejemplo, equivalente a la pila de láminas de transporte de pastillas 124 de un recipiente de pastillas 86.

[0127] Cada celda 142 está provista preferentemente de una puerta para cerrar la celda 142.

10

[0128] Preferentemente, las celdas 142 están distribuidas en dos caras opuestas 140A, 140B de la bóveda de almacenamiento 140. Esto permite mejorar la estabilidad de la bóveda de almacenamiento 140, aumentar la capacidad de almacenamiento y también cargar dos hornos de desgasificación 78 uno al lado del otro con la bandeja de pastillas 132 desde ambos lados de la bóveda de almacenamiento 140, sin tener que girar la bóveda de almacenamiento 140.

15 **[0129]** La bóveda de almacenamiento 140 se coloca, por ejemplo, entre los dos hornos de desgasificación 78, cada horno de desgasificación 78 se carga respectivamente con las bandejas de pastillas 132 de un lado de la bóveda de almacenamiento 140.

[0129] Cada bóveda de almacenamiento 140 exhibe una forma paralelepípedica con celdas 142 situadas en dos caras opuestas 140A, 140B de la bóveda de almacenamiento 140.

[0130] Cada bóveda de almacenamiento 140 se puede mover y/o elevar fácilmente, por ejemplo, con un apilador de palés estándar 146. El apilador de palés 146 permite mover las bóvedas de almacenamiento 140 entre el área de inspección de pastillas 74, la ubicación de almacenamiento, el horno de desgasificación 78 y la estación de carga de barras de combustible 80. La elevación facilita la carga y descarga manual de las bandejas de pastillas 132 dentro y/o fuera de la bóveda de almacenamiento 140.

[0131] Restos de pastillas (es decir, pastillas con defectos superficiales no conformes) pueden producirse involuntariamente durante la manipulación de las pastillas, es decir, durante la inspección, el almacenamiento, la desgasificación y/o la carga.

[0132] Opcionalmente, el procedimiento comprende devolver los restos de pastillas a la planta de fabricación de pastillas de combustible nuclear en los recipientes de pastillas 86. Esto permite beneficiarse del retorno de los recipientes de pastillas 86 a la planta de fabricación de pastillas de combustible nuclear sabiendo que la unidad de fabricación de barras de combustible 70 no está configurada para fabricar pastillas de combustible nuclear y está privada de equipos para procesar restos de pastillas.

[0133] Opcionalmente, el procedimiento comprende almacenar temporalmente restos de pastillas en al menos un recipiente de pastillas 86 en el área de recepción de pastillas 72 y/o en al menos una celda 142 de una bóveda de almacenamiento 140. Restos de pastillas se pueden almacenar en una lata, la lata se puede almacenar temporalmente en un recipiente de pastillas 86 o bóveda de almacenamiento 140. La estación de desgasificación 76 comprende al menos un horno de desgasificación 78. Cada horno de desgasificación 78 está configurado para expulsar la posible contaminación por hidrógeno de las pastillas.

45 **[0134]** Cada horno de desgasificación 78 está configurado para recibir las bandejas de pastillas 132 que contienen las pastillas, de modo que las pastillas puedan dejarse en las bandejas de pastillas 132 para la operación de calentamiento de desgasificación, sin transferencia de las pastillas.

[0135] Como se ilustra en las Figuras 4 y 5, la estación de desgasificación 76 está ubicada en una sala que está provista de ubicaciones dedicadas para almacenar las bóvedas de almacenamiento 140.

[0136] En una realización, el procedimiento comprende recibir e inspeccionar tubos de revestimiento que van a llenarse con pastillas de combustible nuclear para obtener las barras de combustible 4.

55 **[0137]** Los tubos de revestimiento se envían, por ejemplo, en cajas de madera y se descargan manualmente.

[0138] La etapa de inspección de los tubos de revestimiento comprende, por ejemplo, inspeccionar visualmente los daños de transporte (por ejemplo, abolladuras y arañazos), verificar que el tubo de revestimiento esté vacío y/o secar el interior del tubo de revestimiento para evitar la presencia de humedad.

60

[0139] El vacío se verifica, por ejemplo, utilizando un dispositivo óptico de verificación de vacío configurado para proyectar un haz de luz dentro del revestimiento desde un extremo y capturar la luz en el otro extremo para verificar si algún objeto obstruye la propagación de la luz.

65 **[0140]** El secado se realiza, por ejemplo, mediante un dispositivo de secado, soplando aire caliente dentro del

tubo de revestimiento.

[0141] Como se ilustra en la Figura 5, la unidad de fabricación de barras de combustible 70 comprende una estación de revestimiento 79.

5

[0142] La estación de revestimiento 79 está configurada para recibir los tubos de revestimiento y realizar la inspección de los tubos de revestimiento recibidos, y concretamente comprende, por ejemplo, un dispositivo de verificación de vacío y un dispositivo de secado.

10 **[0143]** La estación de soldadura 82 y la estación de carga de barras de combustible 80 están configuradas para realizar todas las etapas de fabricación de una barra de combustible 2.

[0144] La fabricación de una barra de combustible 2 comprende, por ejemplo, las siguientes etapas:

- 15 - pesar el tubo de revestimiento con un dispositivo de pesaje de la estación de soldadura 82;
- soldar un tapón en un primer extremo del tubo de revestimiento con una máquina de soldadura de la estación de soldadura 82, obteniendo así un tubo de revestimiento pretapado;
- inspeccionar la soldadura del primer tapón de extremo;
- cargar pastillas en el tubo de revestimiento pretapado y comprobar la longitud del plenum de pastillas con la estación
- 20 de carga de barras de combustible 80;
- voltear el tubo de revestimiento pretapado para presentar el segundo extremo del tubo de revestimiento al dispositivo de soldadura, por medio, por ejemplo, de un carro de inversión disponible en la estación de soldadura 82;
- pesar el tubo de revestimiento con el dispositivo de pesaje de la estación de soldadura 82 para determinar el contenido de uranio de la barra de combustible 2;
- 25 - insertar un resorte en el segundo extremo del tubo de revestimiento;
- llenar el tubo de revestimiento con gas helio y soldar un tapón en el segundo extremo del tubo de revestimiento con la máquina de soldadura de la estación de soldadura 82, obteniendo así la barra de combustible 2;
- inspeccionar la soldadura del segundo tapón de extremo;
- comprobar la ausencia de contaminación en la superficie de la barra de combustible; y liberar la barra de combustible
- 30 2 al área de inspección de barras de combustible 84.

[0145] Dicha carga que incluye una etapa de giro permite realizar la carga con una sola máquina de soldadura.

35 **[0146]** Esto permite minimizar el impacto de la estación de soldadura 82 y minimizar el coste de la unidad de fabricación de barras de combustible 70 al evitar la provisión de dos máquinas de soldadura distintas. Girar la barra de combustible nuclear 4 entre la soldadura de los tapones requiere mucho tiempo, pero esto es aceptable en el contexto de la tasa de producción prevista para la unidad de fabricación de barras de combustible 70.

40 **[0147]** Además, solo se necesita un dispositivo de pesaje. Pesar cada tubo de revestimiento antes y después del llenado con pastillas permite determinar el contenido de uranio.

[0148] Por lo tanto, ventajosamente, la estación de soldadura 82 comprende una sola máquina de soldadura y/o un solo dispositivo de pesaje.

45 **[0149]** La carga de las barras de combustible 4 se puede realizar ventajosamente por lotes.

[0150] En tal caso, las etapas de pesaje vacío, soldadura de tapones y llenado de pastillas se operan para un lote de tubos de revestimiento, se giran estos tubos de revestimiento y a continuación se realizan las siguientes etapas de pesaje lleno, inserción de resortes, soldadura de tapones y liberación para el lote de tubos de revestimiento. Cada

50 lote de barras de combustible 4 comprende, por ejemplo, aproximadamente cien barras de combustible 4.

[0151] La estación de carga de barras de combustible 80 está configurada ventajosamente para crear columnas de pastillas 130 y cargar cada columna de pastillas 130 en un tubo de revestimiento. Preferentemente, la estación de carga de barras de combustible 80 está configurada para crear una columna de pastillas 130 a la longitud especificada

55 para cargarla en un siguiente tubo de revestimiento mientras se carga una columna de pastillas 130 creada previamente en un tubo de revestimiento anterior.

[0152] El procedimiento comprende preferentemente una etapa de inspección de las barras de combustible 4, es decir, una vez que las barras de combustible 4 se liberan de la estación de soldadura 82.

60

[0153] La etapa de inspección de las barras de combustible 4 puede comprender escanear cada barra de combustible 2 para inspeccionar la barra de combustible 2 de una manera no destructiva, probar la fuga de helio de la barra de combustible 2 y realizar una inspección final que incluye, por ejemplo, medir la longitud de la barra de combustible 2, verificar la rectitud de la barra de combustible 2 y/o verificar la apariencia visual de la barra de

65 combustible.

[0154] Por consiguiente, el área de inspección de barras de combustible 84 comprende una o varias estaciones de inspección de barras de combustible.

5 **[0155]** Una estación de inspección de barras de combustible es, por ejemplo, una estación de prueba de fugas 88, en particular una estación de prueba de fugas de helio. Dicha estación de prueba de fugas 88 está configurada para identificar posibles fugas de la barra de combustible 2, es decir, fugas del revestimiento de la barra de combustible, de los tapones y/o entre el revestimiento de la barra de combustible y uno de los tapones.

10 **[0156]** Otra estación de inspección de barras de combustible es, por ejemplo, una estación de escaneo 90 configurada para inspeccionar las barras de combustible 4 de una manera no destructiva. La estación de escaneo 90 está configurada, por ejemplo, para escanear pasivamente el recuento de emisiones de radiación gamma de las pastillas de combustible nuclear contenidas dentro de la barra de combustible 2 para verificar el nivel o niveles de enriquecimiento y la uniformidad en toda la barra de combustible 2. Además, la estación de escaneo 90 está
15 configurada, por ejemplo, para realizar una prueba de densitómetro gamma para verificar las longitudes de la columna de pastillas y la cámara impelente, la presencia de los componentes requeridos, como el resorte de la barra de combustible y la ausencia de espacios entre las pastillas.

[0157] Otra estación de inspección de barras de combustible es, por ejemplo, una estación de inspección final
20 91 configurada para verificar las características geométricas de la barra de combustible 2, en particular, medir la longitud de la barra de combustible 2, verificar la rectitud de la barra de combustible 2 y/o verificar el aspecto visual de la barra de combustible 2. La estación de inspección final 91 comprende, por ejemplo, un banco de inspección que tiene un plan de trabajo plano.

25 **[0158]** La unidad de fabricación de barras de combustible 70 comprende opcionalmente una estación de reprocesamiento de barras de combustible nuclear 92 configurada para reprocesar una barra de combustible nuclear 2 que se ha identificado como defectuosa durante la inspección de barras de combustible nuclear en el área de inspección de barras de combustible 84 o durante la fabricación de barras de combustible en la estación de soldadura 82.

30 **[0159]** La unidad de fabricación de barras de combustible 70 comprende un recinto de atmósfera controlada 94 donde se controla la atmósfera para garantizar la seguridad del personal y evitar la salida de partículas de combustible nuclear que pueden surgir de las pastillas. El contorno del recinto de atmósfera controlada 94 se muestra en líneas de puntos de la Figura 5.

35 **[0160]** El recinto de atmósfera controlada 94 se extiende a las estaciones donde las pastillas no están selladas en las barras de combustible 4.

[0161] En particular, en el presente ejemplo, el área de inspección de pastillas 74, la estación de
40 desgasificación 76, la estación de carga de barras de combustible 80 y la estación de soldadura 82 se encuentran en el recinto de atmósfera controlada 94.

[0162] El recinto de atmósfera controlada 94 está separado del resto de la unidad de fabricación de barras de combustible 70, a saber, del área de recepción de pastillas 72, del área de inspección de barras de combustible 84 y
45 de la estación de revestimiento 79, incluido el dispositivo de verificación de vacío y el dispositivo de secado.

[0163] El recinto de atmósfera controlada 94 es accesible para los operadores a través de una entrada controlada 96 y una salida controlada 98.

50 **[0164]** Como se ilustra en la Figura 4, la unidad de fabricación de barras de combustible 70 está conectada a la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 de manera confinada.

[0165] En la presente invención, se dice que dos unidades o edificios o módulos de construcción están conectados "de manera confinada" cuando el material puede transferirse de una unidad a la otra de un edificio a otro
55 o de un módulo de edificio a otro sin transitar por el exterior.

[0166] La unidad de fabricación de barras de combustible 70 y la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 se colocan aquí una al lado de la otra en un mismo edificio.

60 **[0167]** Como se ilustra en la Figura 5, el edificio 60 incluye cuatro módulos de construcción que incluyen el primer módulo de construcción 62 y el segundo módulo de construcción 64 que alojan la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y un tercer módulo de construcción 100 y un cuarto módulo de construcción 102 que alojan la unidad de fabricación de barras de combustible 70.

65 **[0168]** La estación de soldadura 82 y el área de inspección de barras de combustible 84 están ubicados en el

tercer módulo de construcción 100 que está lado a lado con el segundo módulo de construcción 64. Por lo tanto, las barras de combustible 4 producidas en la unidad de fabricación de barras de combustible 70 pueden transferirse directamente desde el área de inspección de barras de combustible 84 a la estación de inserción 24.

5 **[0169]** El área de recepción de pastillas 72, el área de inspección de pastillas 74 y la estación de carga de barras de combustible 80 están ubicadas en el cuarto módulo de construcción 102.

[0170] En el presente ejemplo, la estación de desgasificación 76 y/o la estación de retrabajo 92 están ubicadas en el cuarto módulo de construcción 102.

10

[0171] El recinto de atmósfera controlada 94 se extiende en el cuarto módulo de construcción 102 y también al tercer módulo de construcción 100 para contener la estación de soldadura 82. Los módulos de construcción tercero y cuarto 100, 102 están provistos aquí de paredes internas para delimitar el recinto de atmósfera controlada 94 dentro de los módulos de construcción tercero y cuarto 100, 102.

15

[0172] De manera ventajosa, de manera general, la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 comprende módulos de construcción dispuestos uno al lado del otro alineados en la dirección de alineación A, los módulos de construcción alojan varias unidades de fabricación configuradas para la implementación de las etapas respectivas de fabricación de un conjunto de combustible nuclear 2 (unidad de fabricación de barras de combustible 70, unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22, etc.), cada unidad de fabricación se aloja en uno o varios de los módulos de construcción dedicados a esta unidad de fabricación.

20

[0173] Las unidades de fabricación de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 pueden comprender una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y/o una unidad de fabricación de barras de combustible 70, y también una unidad de fabricación de pastillas de combustible configurada para fabricar pastillas a partir de polvo de combustible nuclear y/o una unidad de fabricación de polvo de combustible configurada para convertir un precursor de combustible nuclear en polvo de combustible nuclear, por ejemplo, para convertir UF₆ gaseoso en polvo de UO₂.

25

30 **[0174]** Como se ve en las Figuras 5 y 11, la unidad de fabricación de barras de combustible 70 comprende transportadores para transportar las barras de combustible 4 entre la estación de revestimiento 79, la estación de soldadura 82, el área de inspección de barras de combustible 84 y la estación de inserción 24.

[0175] En el ejemplo, la unidad de fabricación de barras de combustible 70 comprende un primer sistema de transporte 104 para transportar las barras de combustible 4 en una primera dirección y un segundo sistema de transporte 106 para transportar las barras de combustible 4 en una segunda dirección que forma un ángulo distinto de cero con la primera dirección. La segunda dirección es aquí perpendicular a la primera dirección.

35

[0176] La unidad de fabricación de barras de combustible 70 comprende un carro pivotante 108 para transferir las barras de combustible 4 desde el primer sistema de transporte 104 al segundo sistema de transporte 106. Preferentemente, el carro se opera manualmente.

40

[0177] Esta disposición permite transportar las barras de combustible 4 fácilmente sin una automatización excesiva y con un bajo impacto de la unidad de fabricación de barras de combustible 70 y la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 en su conjunto.

45

[0178] El segundo sistema de transporte 106 está configurado para transferir barras de combustible 4 desde el área de inspección de barras de combustible 84 a la estación de inserción 24. Además, el segundo sistema de transporte 106 se puede utilizar como almacenamiento intermedio para almacenar barras de combustible 4 temporalmente entre el área de inspección de barras de combustible 84 y la estación de inserción 24. Dicho almacenamiento evita cualquier operación manual suplementaria.

50

[0179] En la realización ilustrada, el primer sistema de transporte 104 está configurado para transportar el tubo de revestimiento desde la estación de revestimiento 79 a la estación de soldadura 82 y para transferir las barras de combustible 4 desde la estación de soldadura 82 sucesivamente a las estaciones de inspección 90, 88, 91 de barras de combustible del área de inspección de barras de combustible 84, y el segundo sistema de transporte 106 está configurado para transportar las barras de combustible 4 desde el carro pivotante 108 a la estación de inserción 24. Las barras de combustible 4 pueden transferirse manualmente desde la última estación de inspección de barras de combustible (aquí estación de inspección final 91) al carro pivotante 108.

60

[0180] Cada sistema de transporte 104, 106 comprende, por ejemplo, una o varias mesas de transferencia, cada mesa de transferencia comprende una rampa ligeramente inclinada, por lo que cada tubo de revestimiento o barra de combustible 2 puede rodar a lo largo de la mesa de transferencia por gravedad.

65 **[0181]** Por ejemplo, se proporciona una mesa de transferencia entre cada par de estaciones sucesivas para

transferir el tubo de revestimiento o la barra de combustible 2 de cada estación a la siguiente.

[0182] La primera dirección es paralela a la dirección transversal T y la segunda dirección es paralela a la dirección de alineación A de modo que las barras de combustible nuclear 4 se transportan hacia la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22, más particularmente hacia la estación de inserción 24.

[0183] En el ejemplo ilustrado, al menos una estación de inspección de barras de combustible está ubicada al lado del primer sistema de transporte 104 y/o una estación de inspección de barras de combustible está ubicada al final del primer sistema de transporte 104. Por ejemplo, la estación de inspección final 91 está ubicada al final del primer sistema de transporte 104 y las otras estaciones de inspección de barras de combustible están ubicadas sucesivamente al lado del primer sistema de transporte 104.

[0184] Preferentemente, cada estación de inspección de barras de combustible ubicada al lado del primer sistema 104 de transporte tiene su propio sistema de transporte específico para transferir una barra de combustible 2 desde el primer sistema 104 de transporte a la estación de inspección de barras de combustible y devolver la barra de combustible 2 inspeccionada al primer sistema de transporte 104.

[0185] La colocación de al menos una estación de inspección de barras de combustible al lado del primer sistema de transporte 104 se ha elegido para optimizar el impacto y aún permitir buenas condiciones de trabajo para los operadores de producción y mantenimiento.

[0186] En el presente caso, las estaciones de inspección de barras de combustible 88, 90 están ubicadas al lado del primer sistema de transporte 104 y distribuidas a lo largo del primer sistema de transporte 104 de manera que cada barra de combustible 2 es transportada en registro con la estación de inspección de barras de combustible 88, 90 insertada en la estación de inspección de barras de combustible 88, 90 y transferida de vuelta al primer sistema de transporte 104 para ser transportada en registro con la siguiente estación de inspección de barras de combustible 88, 90 o a la estación de inspección final 91 ubicada al final del primer sistema de transporte 104.

[0187] Como se indicó anteriormente, el procedimiento de fabricación del conjunto de combustible nuclear comprende una etapa de limpieza de un conjunto de combustible nuclear 2 y/o una etapa de inspección de un conjunto de combustible nuclear 2.

[0188] La etapa de limpieza y/o la etapa de inspección se realizan colocando el conjunto de combustible 2 en una posición vertical y/o sustancialmente a nivel del suelo.

[0189] La etapa de limpieza se realiza, por ejemplo, mediante limpieza por soplado de aire y/o limpieza a alta presión y/o lavado con agua burbujeante y/o limpieza con cepillo, por ejemplo, limpieza con cepillo manual.

[0190] La etapa de limpieza y/o la etapa de inspección comprenden inspeccionar visualmente el conjunto de combustible 2 colocado verticalmente utilizando al menos un elevador para ascender y/o descender a lo largo del conjunto de combustible 2.

[0191] Como se ilustra en la Figura 12, una estación de limpieza 34 está configurada para soplar con aire comprimido.

[0192] La estación de limpieza 34 comprende una carcasa telescópica 110 configurada para recibir el conjunto de combustible 2 verticalmente.

[0193] La carcasa telescópica 110 comprende segmentos tubulares 112 montados telescópicamente uno sobre el otro en una dirección vertical para poder moverse entre una configuración retraída y una configuración extendida donde la carcasa telescópica 110 define un tubo para recibir el conjunto de combustible 2. La carcasa telescópica 110 se retrae y se extiende verticalmente. En la posición retraída, los segmentos tubulares 112 se retraen, por ejemplo, hacia abajo. Alternativamente, se retraen hacia arriba.

[0194] La retracción de la carcasa telescópica 110 permite colocar el conjunto de combustible 2 en la carcasa telescópica 110 sin la necesidad de levantar el conjunto de combustible 2 a una altura alta. La extensión de la carcasa telescópica 110 permite encerrar el conjunto de combustible 2 para la limpieza por soplado, evitando la propagación de virutas (generadas durante la inserción de las barras de combustible 4 en el almacén 6) expulsadas del conjunto de combustible 2 durante la limpieza por soplado.

[0195] Con vistas a desplegar la carcasa telescópica 110, la estación de limpieza 34 comprende, por ejemplo, una corredera 114 móvil verticalmente a lo largo de una torre 116, estando conectada la corredera 114 a un segmento tubular 112 de la carcasa telescópica 110 y a la(s) tobera(s) de soplado.

[0196] La estación de limpieza 34 comprende, por ejemplo, toberas de soplado 120 para soplar aire a través

del conjunto de combustible 2.

[0197] De manera ventajosa, las toberas de soplado 120 están unidas a un segmento tubular 112 de la carcasa telescópica 110, de modo que las toberas de soplado 120 se mueven a lo largo del conjunto de combustible 2 al cerrar la carcasa telescópica 110. Por lo tanto, el cierre de la carcasa telescópica 110 y la limpieza por soplado se pueden realizar simultáneamente.

[0198] De manera ventajosa, la estación de limpieza 34 está configurada para realizar pruebas de inserción con un conjunto de control de grupo de barras (RCCA - *Rod Cluster Control Assembly*) y un conjunto de tapones de manguito (TPA - *Thimble Plug Assembly*).

[0199] En esta vista, como se ilustra en la Figura 12, la estación de limpieza 34 comprende una herramienta de elevación 150 a la que se suspende un componente de núcleo ficticio 152, es decir, un RCCA o un TPA.

[0200] La herramienta de elevación 150 comprende aquí un brazo pivotante 154 que puede pivotar alrededor de un eje pivotante vertical B y un polipasto que puede deslizarse a lo largo del brazo pivotante 154 con vistas a colocar el RCCA o TPA por encima del conjunto de combustible 2 recibido en la estación de limpieza 34 y bajar el RCCA o TPA al conjunto de combustible 2 o alejar el RCCA o TPA. El RCCA o TPA se puede mover hacia arriba y hacia abajo, por ejemplo, utilizando un polipasto para suspender el RCCA o TPA al brazo pivotante 154.

[0201] Como se ilustra en la Figura 12, opcionalmente, la estación de limpieza 34 comprende un elevador 118 para mover a un operador verticalmente a lo largo del conjunto de combustible 2 colocado en la estación de limpieza 34. Esto permite al operador asegurar la tobera superior 10 antes de soltar la grúa puente 32, realizar las pruebas RCCA y TPA, supervisar la operación de limpieza y/o realizar una inspección visual global del conjunto de combustible 2. Dicha inspección visual no sería posible con una carcasa fija en lugar de una carcasa telescópica 110.

[0202] Como se ve en la Figura 12, la estación de inspección de conjuntos de combustible 36 está configurada para recibir el conjunto de combustible nuclear 2 verticalmente.

[0203] La estación de inspección de conjuntos de combustible 36 está configurada para realizar mediciones geométricas en el conjunto de combustible 2 que se recibe en la estación de inspección de conjuntos de combustible 36. Las mediciones geométricas pueden incluir la longitud del conjunto de combustible 2, la verticalidad del conjunto de combustible 2, las distancias entre las barras de combustible 4, las distancias entre las barras de combustible 4 y los manguitos guía 12, la torsión de las rejillas espaciadoras 14 y la tobera superior 10 alrededor del eje del conjunto L.

[0204] Como se ilustra en la Figura 12, la estación de inspección de conjuntos de combustible 36 comprende un conjunto de medición 160 que comprende instrumentos configurados para realizar las mediciones geométricas, el conjunto de medición 160 se puede mover verticalmente a lo largo del conjunto de combustible 2 recibido en la estación de inspección de conjuntos de combustible 36, para realizar las mediciones a lo largo del conjunto de combustible 2.

[0205] El conjunto de medición 160 comprende, por ejemplo, un bastidor de soporte 162 de forma anular que, durante el uso, se ajusta alrededor del conjunto de combustible 2 y se mueve a lo largo del conjunto de combustible 2, el bastidor de soporte 162 soporta instrumentos distribuidos en la circunferencia del bastidor de soporte 162.

[0206] Los instrumentos pueden comprender sondas externas para contactar con las superficies externas del conjunto de combustible 2 y medir los parámetros geométricos externos (envoltura externa, torsión, verticalidad...) y/o sondas internas configuradas para la inserción entre las barras de combustible 4 para medir los parámetros geométricos internos (distancias entre las barras de combustible 4, distancias entre las barras de combustible 4 y los manguitos guía 12...).

[0207] La estación de inspección de conjuntos de combustible 36 comprende un elevador 164 para mover a un operador verticalmente a lo largo del conjunto de combustible 2 colocado en la estación de inspección de conjuntos de combustible 36. Esto permite al operador realizar una inspección visual detallada.

[0208] Opcionalmente, la estación de inspección 36 está configurada de tal manera que el conjunto de combustible 2 recibido en la estación de inspección 36 puede girar alrededor de su eje vertical.

[0209] Con este fin, la estación de inspección 36 está equipada, por ejemplo, con un soporte giratorio 168 que permite al operador girar manualmente el conjunto de combustible 2 alrededor de su eje vertical L. Esto permite al operador inspeccionar visualmente cada una de las cuatro caras laterales del conjunto de combustible 2.

[0210] El bastidor de soporte 162 está configurado para permitir la rotación del conjunto de combustible alrededor de su eje longitudinal L.

[0211] El soporte giratorio 168 está configurado para bloquearse en una posición angular definida durante las mediciones geométricas realizadas con los instrumentos soportados por el bastidor de soporte 162.

[0212] En una realización, dicha característica giratoria no se implementa en la estación de limpieza 34. El elevador 118 en la estación de limpieza 34 permite al operador realizar una revisión de mano de obra del conjunto de combustible 2, pero no una inspección visual detallada en las cuatro caras laterales del conjunto de combustible como en la estación de inspección 36. El elevador 118 de la estación 34 se proporciona principalmente para permitir al operador asegurar la tobera superior antes de liberar la grúa 32 y realizar las pruebas RCCA y TPA.

[0213] Según otro aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para expandir una planta para fabricar un conjunto de combustible nuclear 2 que comprende barras de combustible 4 dispuestas en un grupo y un almacén 6 que soporta las barras de combustible 4, teniendo la planta una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 que comprende una estación de inserción 24 de barras de combustible nuclear configurada para la inserción de barras de combustible 4 en el almacén 6 para obtener un conjunto de combustible 2 y una estación de embalaje 26 configurada para envasar el conjunto de combustible 2 en un recipiente de conjuntos de combustible 28 con vistas al transporte, donde dicho procedimiento incluye una etapa de construir al menos una unidad de fabricación adicional y conectar la unidad de fabricación adicional a la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22.

[0214] La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y la unidad de fabricación adicional se construyen secuencialmente. La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 se construye y opera durante un tiempo (por ejemplo, varios meses o varios años) y a continuación se construye la unidad de fabricación adicional.

[0215] En la presente invención, "conectar" unidades de fabricación significa que las unidades de fabricación están conectadas de tal manera que delimitan juntas un área confinada para la fabricación de conjuntos de combustible nuclear. El flujo de material entre las unidades de fabricación se opera en un área confinada continua, en particular sin pasar a través del exterior al aire libre.

[0216] Según un aspecto, el procedimiento comprende agregar una unidad de fabricación adicional configurada para fabricar componentes que se utilizarán en las unidades de fabricación existentes de la planta, en particular componentes que se utilizarán en la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22. Estos componentes deben fabricarse antes de realizar las etapas del procedimiento realizados en las unidades de fabricación ya existentes, en particular en la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22.

[0217] Por lo tanto, la planta se expande de forma ascendente al considerar el procedimiento de fabricación de un conjunto de combustible nuclear 2.

[0218] En una realización particular, una unidad de fabricación adicional es una unidad de fabricación de barras de combustible 70 configurada para fabricar barras de combustible 4 a partir de pastillas. Por lo tanto, estas barras de combustible 4 pueden usarse en una etapa de inserción realizada en la estación de inserción 24 de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22.

[0219] Se pueden contemplar unidades de fabricación adicionales.

[0220] En una realización, el procedimiento incluye una etapa de adición de una unidad de fabricación de pastillas de combustible configurada para fabricar pastillas de combustible nuclear a base de UO₂ y conectar la unidad de fabricación de pastillas de combustible a la unidad de fabricación de barras de combustible 70.

[0221] El procedimiento también puede incluir una etapa de añadir una unidad de fabricación de polvo de combustible configurada para convertir un precursor de combustible nuclear en polvo de combustible nuclear, por ejemplo, UF₆ gaseoso en polvo de UO₂, y conectar la unidad de fabricación de polvo de combustible a la unidad de fabricación de pastillas de combustible.

[0222] En una realización, el procedimiento incluye una etapa de adición de una unidad de fabricación de almacén configurada para recibir partes de almacén separadas y ensamblar las partes de almacén en el almacén 6.

[0223] En una realización, el procedimiento incluye una etapa de adición de una unidad de fabricación de tubos de revestimiento pretaponados configurada para la fabricación de tubos de revestimiento que tienen un tapón soldado en un extremo del tubo de revestimiento. Dicho tubo de revestimiento pretaponado se puede usar directamente en la estación de carga de barras de combustible 80.

[0224] Cada unidad de fabricación adicional puede estar ubicada en el mismo edificio que una unidad de fabricación existente o puede estar ubicada en un nuevo edificio que esté conectado a los edificios de las unidades de fabricación existentes.

[0225] En una realización, la unidad de fabricación de almacén y/o una unidad de fabricación de tubo de

revestimiento pretaponado se añaden a una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 existente que comprende una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y/o una unidad de fabricación de barras de combustible 70, estando cada una ubicada en el mismo edificio que la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 o en el mismo edificio que la unidad de fabricación de barras de combustible 70.

5

[0226] Por ejemplo, la unidad de fabricación de armazón añadida y/o la unidad de fabricación de tubo de revestimiento pretaponado añadida pueden ubicarse cada una en un primer piso de una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y/o una unidad de fabricación de barras de combustible 70.

10 **[0227]** En un ejemplo específico, una unidad de fabricación de armazón adicional está ubicada en un primer piso de una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 existente y/o una unidad de fabricación de tubo de revestimiento pretaponado adicional está ubicada en un primer piso de una unidad de fabricación de barras de combustible 70 existente.

15 **[0228]** En una realización específica, como se ilustra en la Figura 13, el procedimiento comprende construir secuencialmente una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22, a continuación añadir una unidad de fabricación de barras de combustible 70 a la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 existente, a continuación, opcionalmente, añadir una unidad de fabricación de pastillas de combustible 170 y a continuación, opcionalmente, añadir una unidad de fabricación de polvo de combustible 172. Cada adición se realiza después de la
20 operación de la(s) unidad(es) de fabricación existente(s) durante un tiempo, típicamente varios meses o varios años.

[0229] Según un aspecto, el procedimiento comprende añadir una unidad de fabricación adicional que es una unidad de fabricación del mismo tipo que una unidad de fabricación existente de la planta, es decir, una unidad de fabricación configurada para realizar las mismas etapas de fabricación.

25

[0230] En una realización, la unidad de fabricación adicional es una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 añadida a una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 existente para aumentar la capacidad de producción.

30 **[0231]** En una realización, el procedimiento incluye una etapa de construcción de una unidad de fabricación de pastillas de combustible 170 adicional configurada para fabricar pastillas de combustible nuclear a base de UO_2 y conectar la unidad de fabricación de pastillas de combustible 170 adicional a la unidad de fabricación de barras de combustible 70 adicional.

35 **[0232]** Opcionalmente, el procedimiento incluye una etapa de construcción de una unidad de fabricación de polvo de combustible 172 adicional configurada para convertir UF_6 en UO_2 y conectar la unidad de fabricación de polvo combustible adicional a la unidad de fabricación de pastillas de combustible 170 adicional.

[0233] El procedimiento de expansión de una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 evita invertir inmediatamente en una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 completa que
40 incluye la unidad de fabricación de barras de combustible 70 y, por lo tanto, facilita la inversión inicial. Además, esto permite obtener conocimiento del montaje del conjunto de combustible antes de pasar a la fabricación de barras de combustible a partir de pastillas que son más delicadas.

45 **[0234]** De manera ventajosa, las unidades de fabricación complementarias (unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22, unidad de fabricación de barras de combustible 70, unidad de fabricación de pastillas de combustible 170 y unidad de fabricación de polvo de combustible 172) están alineadas en una dirección de alineación A y las unidades de fabricación del mismo tipo (por ejemplo, dos unidades de fabricación de conjuntos de combustible 22) están colocadas una al lado de la otra en la dirección transversal T

50

[0235] Además, cada par de unidades de fabricación del mismo tipo está preferiblemente dispuesto simétricamente con respecto a un plano medio vertical S ubicado entre las dos unidades de fabricación, en términos de ubicación de sus respectivas estaciones. El plano mediano vertical S se extiende verticalmente y a lo largo de la dirección de alineación A.

55

[0236] En el ejemplo ilustrado en las Figuras 14 y 15, la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 comprende dos unidades de fabricación de conjuntos de combustible 22 y dos unidades de fabricación de barras de combustible 70. Las dos unidades de fabricación de conjuntos de combustible 22 están situadas una al lado de la otra en la dirección transversal T. Cada unidad de fabricación de barras de combustible 70 está alineada con una
60 unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 respectiva en la dirección de alineación A.

[0237] Las unidades de fabricación están ubicadas en un patrón de matriz 2x2.

[0238] Las dos unidades de fabricación de conjuntos de combustible 22 están configuradas simétricamente
65 con respecto a un plano medio vertical S, en términos de disposición de sus respectivas estaciones. Las dos unidades

de fabricación de barras de combustible 70 están configuradas simétricamente con respecto al plano medio vertical S, en términos de disposición de sus respectivas estaciones.

[0239] Según un aspecto de la invención, por ejemplo, para permitir implementar el procedimiento de expansión de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20, esta última es de construcción modular.

[0240] La planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 está configurada, por ejemplo, para añadir secuencialmente unidades de fabricación de diferentes tipos para realizar diferentes etapas de la fabricación de un conjunto de combustible 2 (unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22, unidad de fabricación de barras de combustible 70...).

[0241] La planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 está configurada para conectar las unidades de fabricación de diferentes tipos en la dirección de alineación A, por lo que la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 puede expandirse añadiendo unidades de fabricación complementarias (unidad de fabricación de barras de combustible 70, unidad de fabricación de pastillas de combustible 170 y unidad de fabricación de polvo de combustible 172) en la dirección de alineación A.

[0242] La planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 ilustrada en las Figuras 4 y 5 comprende una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y una unidad de fabricación de barras de combustible 70 y podría expandirse añadiendo una unidad de fabricación de pastillas de combustible y opcionalmente una unidad de fabricación de polvo de combustible.

[0243] Cada unidad de fabricación (unidad de fabricación de conjuntos de combustible, unidad de fabricación de barras de combustible...) comprende sistemas de servicios públicos, cada uno configurado para proporcionar un servicio público necesario para la implementación del procedimiento y el funcionamiento de la planta.

[0244] Los sistemas de servicios públicos de cada unidad de fabricación pueden incluir uno o varios de los siguientes: un sistema de suministro eléctrico, una red informática, un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado, un sistema de suministro de gas, una red de suministro de agua, una red de aguas residuales, un sistema de suministro de aire comprimido, un sistema de ventilación de procedimientos, un sistema de vigilancia de la contaminación en el aire, un sistema de alarma de criticidad, un sistema de secciones y puertas contra incendios, un detector de incendios y un sistema de alarma.

[0245] Cada unidad de fabricación puede comprender al menos un sistema de servicios públicos configurado para la interconexión con el sistema de servicios públicos correspondiente de otra unidad de fabricación conectada a dicha unidad de fabricación y/o al menos un sistema de servicios públicos configurado para funcionar independientemente del sistema de servicios públicos correspondiente de otra unidad de fabricación conectada a dicha unidad de fabricación.

[0246] En una realización ejemplar, al menos uno o cada sistema de servicios públicos de cada unidad de fabricación está configurado de forma nativa para la interconexión con un sistema de servicios públicos correspondiente de una unidad de fabricación aguas arriba que potencialmente puede construirse posteriormente lado a lado con la unidad de fabricación.

[0247] Además, cada unidad de fabricación se proporciona para la interconexión con una unidad de fabricación adicional con delimitación de un área confinada.

[0248] Alternativamente, al menos uno o cada sistema de servicios públicos de cada unidad de fabricación es independiente del sistema de servicios públicos correspondiente de cada otra unidad de fabricación. Esto permite proporcionar sistemas de servicios públicos de tamaño adecuado y, por lo tanto, limita la inversión para la construcción de una unidad de fabricación.

[0249] En una realización específica, cada unidad de fabricación comprende al menos un sistema de servicios públicos configurado para la interconexión con el sistema de servicios públicos correspondiente de cada otra unidad de fabricación y al menos un servicio público configurado para ser independiente del sistema de servicios públicos correspondiente de cada otra unidad de fabricación.

[0250] En tal caso, el sistema de servicios públicos configurado para la interconexión es, por ejemplo, un sistema de alarma, que es útil para propagar una alarma en todas las unidades de fabricación o una red informática que es útil, por ejemplo, para la transmisión de información entre unidades de fabricación, por ejemplo, para la trazabilidad del componente del conjunto de combustible durante la fabricación del conjunto de combustible.

[0251] En el ejemplo de las Figuras 4 y 5, la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y la unidad de fabricación de barras de combustible 70 están dispuestas una al lado de la otra. La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 está configurada para conectar una unidad de fabricación de barras de combustible 70

en un lado de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22.

[0252] La unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y la unidad de fabricación de barras de combustible 70 comprenden cada una sistemas de servicios públicos.

[0253] Cuando se construye solo, cada sistema de servicios públicos de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 está configurado de forma nativa para la conexión con un sistema de servicios públicos correspondiente de la unidad de fabricación de barras de combustible 70 que potencialmente puede construirse más tarde lado a lado con la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22.

[0254] Además, la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 se proporciona para la interconexión con la unidad de fabricación de barras de combustible 70 con respecto a la trayectoria de las barras de combustible 4.

[0255] De hecho, como es visible en la Figura 5, la etapa final de la producción de barras de combustible nuclear se realiza en el área de inspección de barras de combustible 84 que es adyacente a la estación de inserción 24. Por lo tanto, las barras de combustible 4 pueden transferirse fácilmente del área de inspección de barras de combustible 84 a la estación de inserción 24, aquí a través del segundo sistema de transporte 106.

[0256] Ventajosamente, la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear 20 que comprende una unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y una unidad de fabricación de barras de combustible 70 está alojada en un edificio hecho de varios módulos de construcción, la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 y la unidad de fabricación de barras de combustible 70 están alojadas en uno o más módulos de construcción respectivos.

[0257] En otras palabras, la unidad de fabricación de conjuntos de combustible 22 se recibe en uno o varios módulos de construcción del edificio que son distintos del módulo o módulos de construcción que reciben la unidad de fabricación de barras de combustible 70.

[0258] De una manera más general, ventajosamente, una planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear que comprende una primera unidad de fabricación y una segunda fabricación diferentes entre sí y configurada para realizar dos etapas distintas se aloja en un edificio hecho de módulos de construcción, la primera unidad de fabricación se aloja en uno o varios módulos de construcción distintos de los módulos de construcción que reciben la segunda unidad de fabricación.

[0259] Esto permite construir las unidades de fabricación secuencialmente, por ejemplo, con la construcción y operación de una primera unidad de fabricación antes de añadir la segunda unidad de fabricación a la planta de fabricación de conjuntos de combustible. Los diferentes aspectos de la invención son ventajosos independientemente entre sí. Además, las características específicas de las estaciones de la unidad de fabricación también son ventajosas independientemente del procedimiento de fabricación y la planta.

[0260] Por ejemplo, las características específicas del área de inspección de pastillas, la estación de desgasificación, la estación de carga de barras de combustible, la estación de soldadura, el área de inspección de barras de combustible, la estación de limpieza de conjuntos de combustible y/o la estación de inspección de conjuntos de combustible son ventajosas de forma aislada o en combinación. Por lo tanto, la invención se refiere de manera general a una estación de inspección de conjuntos de combustible configurada para la inspección del conjunto de combustible colocado en una posición vertical y/o que comprende un ascensor para un operador.

[0261] Además, la invención también se refiere de manera general a una estación de limpieza de conjuntos de combustible configurada para la inspección del conjunto de combustible colocado en una posición vertical y/o que comprende un ascensor para un operador y/o que comprende una carcasa telescópica.

[0262] La invención todavía se refiere de manera general a un conjunto de transporte de barras de combustible que comprende un primer sistema de transporte de barras de combustible que se extiende en una primera dirección, un segundo transporte de barras de combustible que se extiende en una segunda dirección que forma un ángulo distinto de cero con la primera dirección, y un carro de pivote para transferir barras de combustible desde el primer sistema de transporte al segundo sistema de transporte.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar un conjunto de combustible nuclear (2) que comprende barras de combustible nuclear (4) dispuestas en un paquete y un almacén (6) que soporta las barras de combustible (4),
5 comprendiendo el procedimiento las etapas de insertar barras de combustible (4) en el almacén (6) para obtener un conjunto de combustible (2) y empaquetar el conjunto de combustible (2) con vistas al transporte, realizándose las etapas en una misma planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear (20),
10 donde las etapas de insertar barras de combustible (4) y empaquetar el conjunto de combustible (2) se operan en una unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) donde la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear (20) comprende una unidad de fabricación de barras de combustible (70) junto con la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) de tal manera que las barras de combustible (4) producidas en la unidad de fabricación de barras de combustible (70) puedan transferirse directamente desde un área de inspección de barras de combustible (84) de la unidad de fabricación
15 de barras de combustible (70) a la estación de inserción de barras de combustible (24) de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22),
caracterizado porque la unidad de fabricación de barras de combustible (70) y la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) están colocadas una al lado de la otra en un mismo edificio (60) que incluye cuatro módulos de construcción, incluyendo los cuatro módulos de construcción, un primer módulo de construcción (62) y un segundo módulo de construcción (64) que alojan la unidad de fabricación de combustible (22) y un tercer
20 módulo de construcción (100) y un cuarto módulo de construcción (102) que alojan la unidad de fabricación de barras de combustible (70), una estación de soldadura (82) y el área de inspección de barras de combustible (84) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) que está ubicada en el tercer módulo de construcción (100) que está lado a lado con el segundo módulo de construcción (64).
25
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde un área de recepción de pastillas (72), un área de inspección de pastillas (74) y una estación de carga de barras de combustible (80) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) están ubicadas en el cuarto módulo de construcción (102).
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, donde una estación de desgasificación (76) y/o una estación de retrabajo (92) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) están ubicadas en el cuarto módulo de construcción (102).
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las barras de combustible (4)
35 se reciben empaquetadas en al menos un recipiente de conjuntos de combustible (28), comprendiendo el procedimiento usar el recipiente de conjuntos de combustible (28) para empaquetar un conjunto de combustible nuclear (2) obtenido realizando la etapa de inserción.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende operar la unidad de
40 fabricación de conjuntos de combustible (22) con barras de combustible (4) receptoras transportadas desde una planta de fabricación de barras de combustible nuclear separadas por un área no confinada de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear (20), donde estas barras de combustible (4) se utilizan durante la etapa de inserción.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende operar la unidad de
45 fabricación de conjuntos de combustible (22) durante un tiempo antes de añadir la unidad de fabricación de barras de combustible (70).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende recibir pastillas de combustible nuclear (128) transportadas desde una planta de fabricación de pastillas de combustible nuclear separada
50 por un área no confinada de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear (20), donde estas pastillas (128) se utilizan durante una etapa de fabricación de barras de combustible en la unidad de fabricación de barras de combustible (70).
8. Procedimiento según la reivindicación 7, donde la etapa de fabricación de barras de combustible
55 comprende colocar las pastillas (128) en bandejas de pastillas (132), insertar las bandejas de pastillas (132) en un horno de desgasificación (78) para eliminar la posible contaminación por hidrógeno de las pastillas (128), cargar las pastillas (128) de las bandejas de pastillas (132) en un tubo de revestimiento en una estación de carga de barras de combustible (80), insertar un resorte en el tubo de revestimiento, llenar el tubo de revestimiento con gas helio y/o soldar tapones en los extremos de los tubos de revestimiento para cerrar la barra de combustible (4).
60
9. Procedimiento según la reivindicación 7 u 8, que comprende transferir las pastillas desde las láminas de transporte de pastillas (124) a las bandejas de pastillas (132), comprendiendo cada lámina de transporte de pastillas (124) surcos paralelos (126) que reciben las columnas de pastillas (130), transferir las pastillas (128) desde una lámina de transporte de pastillas (124) a una bandeja de pastillas (132) que incluye:
65

- colocar la bandeja de pastillas (132) lado a lado con la lámina de transporte de pastillas (124) de tal manera que los surcos (126) de la lámina de transporte de pastillas (124) estén alineados con las ranuras de la bandeja de pastillas (132) y deslizar cada columna de pastillas (130) desde la lámina de transporte de pastillas (124) a una ranura de la bandeja de pastillas (132), y/o

- colocar la bandeja de pastillas (132) boca abajo sobre la lámina de transporte de pastillas (124) de modo que cada columna de pastillas (130) se reciba en una ranura respectiva de la bandeja de pastillas (132), y a continuación voltear el conjunto compuesto por la lámina de transporte de pastillas (124) y la bandeja de pastillas (132) boca abajo de modo que la bandeja de pastillas (132) esté debajo y la lámina de transporte de pastillas (124) encima, y retirar la lámina de transporte de pastillas (124).

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7-9, que comprende transferir pastillas desde una lámina de transporte de pastillas (124) a una bandeja de pastillas (132) y a continuación voltear las pastillas boca abajo entre dos bandejas de pastillas (132).

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7-10, donde cada lámina de transporte de pastillas (124) es una lámina metálica corrugada que comprende crestas que se alternan con los surcos (126) y/o cada bandeja de pastillas (132) tiene barras paralelas (134) que definen entre ellas ranuras configuradas para recibir pastillas (128) dispuestas en columnas de pastillas (130).

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7-11, donde las bandejas de pastillas (132) están configuradas para apilar bandejas de pastillas (132) y/o almacenar las pastillas (128) y/o colocar las pastillas (128) en un horno de desgasificación (78) y/o cargar las pastillas (128) en tubos de revestimiento.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7-12, donde las pastillas (128) permanecen en las bandejas de pastillas (132) desde la inspección hasta la carga en los tubos de revestimiento.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7-13, donde la unidad de fabricación de barras de combustible (70) comprende bóvedas móviles de almacenamiento de pastillas (140), cada bóveda de almacenamiento (140) está configurada para almacenar bandejas de pastillas (132) y es móvil para permitir la transferencia de bandejas de pastillas (132).

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7-14, donde la etapa de soldar los tapones de cada barra de combustible (4) se realiza utilizando una única estación de soldadura (82), presentando un primer extremo del tubo de revestimiento a la estación de soldadura (82), soldando un primer tapón al primer extremo, presentando un segundo extremo del tubo de revestimiento a la estación de soldadura (82) y soldando un segundo tapón al segundo extremo.

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa de limpieza del conjunto de combustible (2) y/o una etapa de inspección del conjunto de combustible (2).

17. Procedimiento según la reivindicación 16, donde la etapa de limpieza y/o la etapa de inspección se realizan colocando el conjunto de combustible (2) en una posición vertical y/o sustancialmente a nivel del suelo.

18. Procedimiento según la reivindicación 16 o 17, donde la etapa de limpieza se realiza mediante limpieza por soplado de aire y/o limpieza a alta presión y/o lavado con agua burbujeante y/o limpieza con cepillo.

19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 16-18, donde la etapa de inspección comprende inspeccionar visualmente el conjunto de combustible (2) colocado verticalmente utilizando al menos un elevador (118, 164) para subir y/o bajar a un operador a lo largo del conjunto de combustible (2).

20. Planta configurada para fabricar un conjunto de combustible nuclear (2) que comprende barras de combustible nuclear (4) dispuestas en un paquete y un almacén (6) que soporta las barras de combustible (4), comprendiendo la planta una unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) que comprende una estación de inserción (24) configurada para la inserción de las barras de combustible (4) en el almacén (6) para obtener el conjunto de combustible (2) y una estación de embalaje (26) configurada para envasar el conjunto de combustible (2) en un recipiente de conjuntos de combustible (28) con vistas al transporte,

donde la planta comprende una unidad de fabricación de barras de combustible (70) junto con la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) de modo que las barras de combustible (4) producidas en la unidad de fabricación de barras de combustible (70) se pueden transferir desde un área de inspección de barras de combustible (84) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) a la estación de inserción de barras de combustible (24) de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22)

caracterizada porque la unidad de fabricación de barras de combustible (70) y la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) se colocan juntas en un mismo edificio (60) que incluye cuatro módulos de construcción, los cuatro módulos de construcción que incluyen un primer módulo de construcción (62) y un segundo

- módulo de construcción (64) que alojan la unidad de fabricación de combustible (22) y un tercer módulo de construcción (100) y un cuarto módulo de construcción (102) que alojan la unidad de fabricación de barras de combustible (70), una estación de soldadura (82) y el área de inspección de barras de combustible (84) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) están ubicadas en el tercer módulo de construcción (100) que está
5 junto con el segundo módulo de construcción (64).
21. Planta según la reivindicación 20, donde la estación de inserción (24) y la estación de embalaje (26) están ubicadas en un mismo edificio (60) y/o en una misma sala de ensamblaje (30), provistas de una grúa (32) configurada para mover el conjunto de combustible (2) entre la estación de inserción (24) y la estación de embalaje
10 (26).
22. Planta según la reivindicación 20 o 21, donde la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) comprende una estación de limpieza (34) configurada para la limpieza del conjunto de combustible (2) y/o una estación de inspección de conjuntos de combustible (36) configurada para la inspección de conjuntos de combustible (2).
15
23. Planta según la reivindicación 22, donde la estación de limpieza (34) y/o la estación de inspección de conjuntos de combustible (36) están configuradas para limpiar e/o inspeccionar el conjunto de combustible (2) en una posición vertical y/o sustancialmente a nivel del suelo.
- 20 24. Planta según la reivindicación 22 o 23, donde la estación de limpieza (34) y/o la estación de inspección de conjuntos de combustible (36) comprenden una carcasa telescópica (110) móvil entre una posición retraída para cargar el conjunto de combustible (2) en la estación (34, 36) y una posición extendida para encerrar el conjunto de combustible (2) cargado en la estación (34, 36).
- 25 25. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 20 - 24, donde la estación de limpieza (34) y/o la estación de inspección de conjuntos de combustible (36) comprenden al menos un elevador (118, 164) para mover a un operador verticalmente a lo largo del conjunto de combustible nuclear (2) colocado verticalmente, por ejemplo, para realizar una inspección visual.
- 30 26. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 20 - 25, que comprende además la unidad de fabricación de barras de combustible (70) dispuesta lado a lado con la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22), comprendiendo la unidad de fabricación de barras de combustible (70) un área de recepción de pastillas (72) configurada para recibir pastillas de combustible nuclear (128), un área de inspección de pastillas (74) configurada para la inspección de las pastillas (128), una estación de desgasificación (76) que comprende al menos un horno de
35 desgasificación (78) configurado para expulsar la posible contaminación con hidrógeno de las pastillas (128), una estación de revestimiento (79) configurada para recibir tubos de revestimiento y verificar los tubos de revestimiento recibidos, una estación de carga de barras de combustible (80) configurada para cargar las pastillas (128) en un tubo de revestimiento, una estación de soldadura (82) configurada para soldar tapones a los extremos del tubo de revestimiento para formar una barra de combustible (4) y/o al menos una estación de inspección de barras de
40 combustible (90, 88, 91) configurada para la inspección de la barra de combustible (4).
27. Planta según la reivindicación 26, donde la unidad de fabricación de barras de combustible (70) está conectada a la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) de manera confinada.
- 45 28. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 26 - 27, que comprende un segundo sistema de transporte (106), en particular una mesa de transferencia, para transportar las barras de combustible (4) desde el área de inspección de barras de combustible (84) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) hasta la estación de inserción (24) de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (20).
- 50 29. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 26 - 28, que comprende la estación de soldadura (82) y la al menos una estación de inspección de barras de combustible (88, 90, 91), la planta comprende además un primer sistema de transporte (104) configurado para transportar las barras de combustible (4) a la al menos una estación de inspección de barras de combustible (90, 88, 91), el segundo sistema de transporte (106) para transportar las barras de combustible (4) desde la última estación de inspección (91) a la estación de inserción (24), el primer sistema de
55 transporte (104) que se extiende a lo largo de una primera dirección y el segundo sistema de transporte (106) que se extiende en una segunda dirección formando un ángulo distinto de cero con la primera dirección (T), y un carro pivotante (108) configurado para transferir las barras de combustible (4) desde el primer sistema de transporte (104) al segundo sistema de transporte (106) con pivotamiento de las barras de combustible (4).
- 60 30. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 26 - 29, donde el área de recepción de pastillas (72) está configurada para desembalar las láminas de transporte de pastillas (124) de los recipientes de pastillas (86) y transferir las pastillas desde las láminas de transporte de pastillas (124) a las bandejas de pastillas (132) e inspeccionar visualmente las pastillas nucleares.
- 65 31. Planta según la reivindicación 30, donde la transferencia de las pastillas desde las láminas de transporte

de pastillas (124) a las bandejas de pastillas (132) incluye:

- colocar la bandeja de pastillas (132) lado a lado con la lámina de transporte de pastillas (124) de tal manera que los surcos (126) de la lámina de transporte de pastillas (124) estén alineados con las ranuras de la bandeja de pastillas (132) y deslizar cada columna de pastillas (130) desde la lámina de transporte de pastillas (124) a una ranura de la bandeja de pastillas (132), y/o
 - colocar la bandeja de pastillas (132) boca abajo sobre la lámina de transporte de pastillas (124) de modo que cada columna de pastillas (130) se reciba en una ranura respectiva de la bandeja de pastillas (132), y a continuación voltear el conjunto compuesto por la lámina de transporte de pastillas (124) y la bandeja de pastillas (132) boca abajo de modo que la bandeja de pastillas (132) esté debajo y la lámina de transporte de pastillas (124) encima, y retirar la lámina de transporte de pastillas (124).
32. Planta según la reivindicación 30 o 31, configurada para transferir pastillas desde una lámina de transporte de pastillas (124) a una bandeja de pastillas (132) y a continuación voltear las pastillas boca abajo entre dos bandejas de pastillas (132).
33. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 30 - 32, donde cada lámina de transporte de pastillas (124) es una lámina metálica corrugada que comprende crestas que se alternan con los surcos (126) y/o cada bandeja de pastillas (132) tiene barras paralelas (134) que definen entre ellas ranuras configuradas para recibir pastillas (128) dispuestas en columnas de pastillas (130).
34. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 30 - 33, donde las bandejas de pastillas (132) están configuradas para apilar bandejas de pastillas (132) y/o almacenar las pastillas (128) y/o colocar las pastillas (128) en un horno de desgasificación (78) y/o cargar las pastillas (128) en tubos de revestimiento.
35. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 30 - 34, donde las pastillas (128) permanecen en las bandejas de pastillas (132) desde la inspección hasta la carga en los tubos de revestimiento.
36. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 30 - 35, donde la unidad de fabricación de barras de combustible (70) comprende bóvedas móviles de almacenamiento de pastillas (140), cada bóveda de almacenamiento (140) está configurada para almacenar bandejas de pastillas (132) y es móvil para permitir la transferencia de bandejas de pastillas (132).
37. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 20 - 36, donde comprende una única estación de soldadura (82) configurada para presentar un primer extremo del tubo de revestimiento a la estación de soldadura (82), soldar un primer tapón al primer extremo, presentar un segundo extremo del tubo de revestimiento a la estación de soldadura (82) y soldar un segundo tapón al segundo extremo.
38. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 20 - 37, donde un área de recepción de pastillas (72), un área de inspección de pastillas (74) y una estación de carga de barras de combustible (80) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) están ubicadas en el cuarto módulo de construcción (102).
39. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 20 - 38, que comprende un área logística (46) configurada para enviar los conjuntos de combustible (2) fabricados en la planta, para recibir las partes de almacén que se ensamblarán para obtener los almacenes (6) y/o para recibir las barras de combustible (4).
40. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 20 - 39, donde la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) comprende al menos un sistema de servicios públicos configurado para la interconexión con un sistema de servicios públicos correspondiente de dicha otra unidad de fabricación conectada con la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22).
41. Planta según cualquiera de las reivindicaciones 20-40, donde la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) comprende al menos un sistema de servicios públicos configurado para funcionar independientemente de un sistema de servicios públicos correspondiente de otra unidad de fabricación conectada con la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22).
42. Procedimiento de expansión de una planta para fabricar un conjunto de combustible nuclear (2) comprendiendo barras de combustible nuclear (4) dispuestas en un grupo y un almacén (6) que soporta las barras de combustible (4), teniendo la planta una unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) que comprende una estación de inserción (24) configurada para la inserción de barras de combustible (4) en el almacén (6) para obtener el conjunto de combustible (2) y una estación de embalaje (26) configurada para envasar el conjunto de combustible (2) en un recipiente de conjuntos de combustible (28) con vistas al transporte,
- donde dicho procedimiento incluye una etapa de añadir una unidad de fabricación de barras de combustible (70) conectando la unidad de fabricación de combustible (70) a la unidad de fabricación de conjuntos de combustible

(22), preferiblemente de una manera confinada, estando configurada la unidad de fabricación de barras de combustible (70) para fabricar barras de combustible (4) a partir de pastillas, siendo las barras de combustible (4) para su uso en la estación de inserción (24),

donde la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) y la unidad de fabricación de barras de combustible (70) están dispuestas una al lado de la otra de tal manera que las barras de combustible (4) producidas en la unidad de fabricación de barras de combustible (70) se transfieren directamente desde un área de inspección de barras de combustible (84) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) a la estación de inserción de barras de combustible (24) de la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22),

caracterizado porque la unidad de fabricación de barras de combustible (70) y la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) se colocan una al lado de la otra en un mismo edificio (60) que incluye cuatro módulos de construcción, incluyendo los cuatro módulos de construcción un primer módulo de construcción (62) y un segundo módulo de construcción (64) que alojan la unidad de fabricación de combustible (22) y un tercer módulo de construcción (100) y un cuarto módulo de construcción (102) que alojan la unidad de fabricación de barras de combustible (70), una estación de soldadura (82) y el área de inspección de barras de combustible (84) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) están ubicados en el tercer módulo de construcción (100) que está lado a lado con el segundo módulo de construcción (64).

43. Procedimiento de expansión de una planta según la reivindicación 42, donde la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) funciona utilizando barras de combustible (4) transportadas desde una planta de fabricación de barras de combustible nuclear separada por un área no confinada de la planta de fabricación de conjuntos de combustible nuclear (20).

44. Procedimiento de expansión de una planta según la reivindicación 42 o 43, donde la etapa de añadir la unidad de fabricación de barras de combustible (70) se realiza después de operar la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) durante un tiempo.

45. Procedimiento de expansión de una planta según cualquiera de las reivindicaciones 42-44, donde las barras de combustible (4) se transfieren directamente desde el área de inspección de barras de combustible (84) a la estación de inserción de barras de combustible (24) sin pasar por el exterior.

46. Procedimiento de expansión de una planta según cualquiera de las reivindicaciones 42 - 45, donde un área de recepción de pastillas (72), un área de inspección de pastillas (74) y una estación de carga de barras de combustible (80) de la unidad de fabricación de barras de combustible (70) están ubicadas en el cuarto módulo de construcción (102).

47. Procedimiento de expansión de una planta según cualquiera de las reivindicaciones 42 - 46, donde la unidad de fabricación de barras de combustible (70) comprende un área de recepción de pastillas (72) configurada para recibir pastillas de combustible nuclear (128), un área de inspección de pastillas (74) configurada para la inspección de las pastillas (128), una estación de desgasificación (76) que comprende al menos un horno de desgasificación (78) configurado para expulsar la contaminación potencial con hidrógeno de las pastillas (128), una estación de revestimiento (79) configurada para recibir tubos de revestimiento y verificar los tubos de revestimiento recibidos, una estación de carga de barras de combustible (80) configurada para cargar las pastillas (128) en un tubo de revestimiento, una estación de soldadura (82) configurada para soldar tapones a los extremos del tubo de revestimiento para formar una barra de combustible (4) y/o al menos una estación de inspección de barras de combustible (90, 88, 91) configurada para la inspección de la barra de combustible (4).

48. Procedimiento de expansión de una planta según cualquiera de las reivindicaciones 42 - 47, donde la unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) comprende una estación de limpieza (34) configurada para limpiar el conjunto de combustible (2) y/o una estación de inspección de conjuntos de combustible (36) configurada para la inspección del conjunto de combustible (2), donde la estación de limpieza (34) y/o la estación de inspección de conjuntos de combustible (36) está/están configurada/s para limpiar y/o inspeccionar el conjunto de combustible (2) en una posición vertical y/o sustancialmente a nivel del suelo, y/o la estación de limpieza (34) y/o la estación de inspección de conjuntos de combustible (36) comprenden al menos un elevador (118, 164) para mover a un operador verticalmente a lo largo del conjunto de combustible nuclear (2) colocado verticalmente, por ejemplo, para realizar una inspección visual.

49. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 42-48, donde dicho procedimiento incluye una etapa de construcción de una unidad de fabricación de pastillas de combustible (170) configurada para fabricar pastillas de combustible nuclear (128) a base de UO₂ y conectar la unidad de fabricación de pastillas de combustible (170) a la unidad de fabricación de barras de combustible (70).

50. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 42 - 49, donde dicho procedimiento incluye una etapa de construcción de una unidad de fabricación de polvo combustible (172) configurada para convertir UF₆ en UO₂ y conectar la unidad de fabricación de polvo combustible (172) a la unidad de fabricación de pastillas de combustible (170).

51. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 42 - 50, donde dicho procedimiento incluye una etapa de construcción de una unidad de fabricación adicional que es otra unidad de fabricación de conjuntos de combustible (22) para aumentar la capacidad de fabricación.

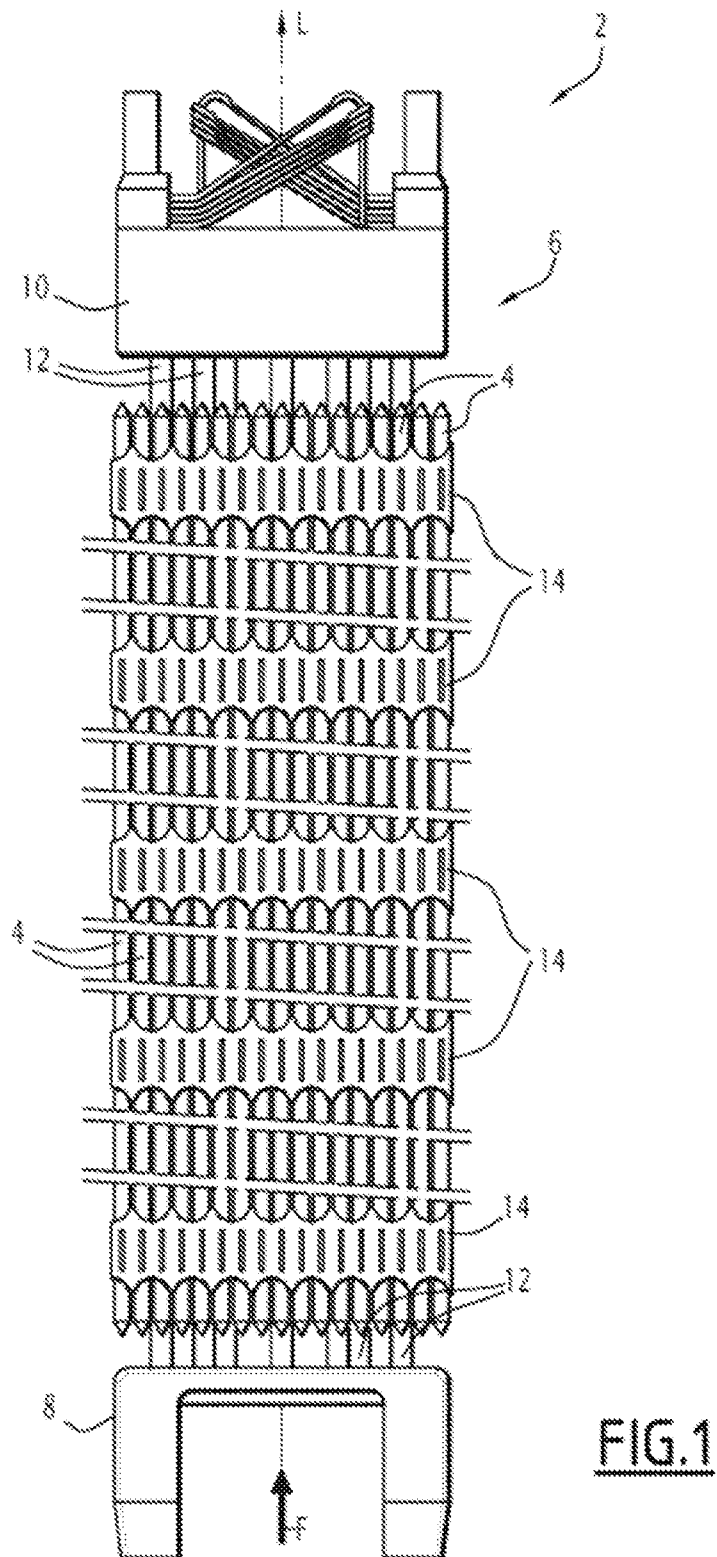
5

52. Procedimiento según la reivindicación 51, donde dicho procedimiento incluye una etapa de construcción de una unidad de fabricación de pastillas de combustible (170) adicional configurada para fabricar pastillas de combustible nuclear (128) a base de UO_2 y conectar la unidad de fabricación de pastillas de combustible (170) adicional a la unidad de fabricación de barras de combustible (70) adicional.

10

53. Procedimiento según la reivindicación 52, donde dicho procedimiento incluye una etapa de construcción de una unidad de fabricación de polvo de combustible (172) adicional configurada para convertir el UF_6 en UO_2 y conectar la unidad de fabricación de polvo combustible (172) adicional a la unidad de fabricación de pastillas de combustible adicional (170).

15



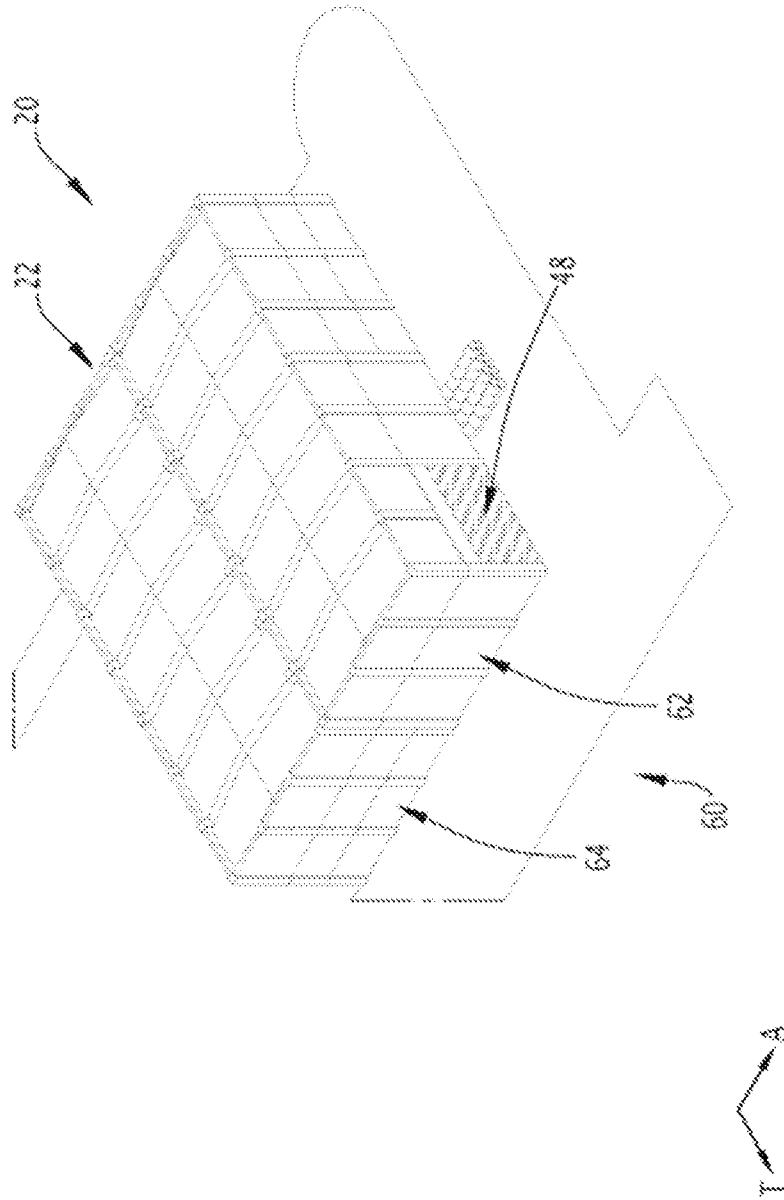
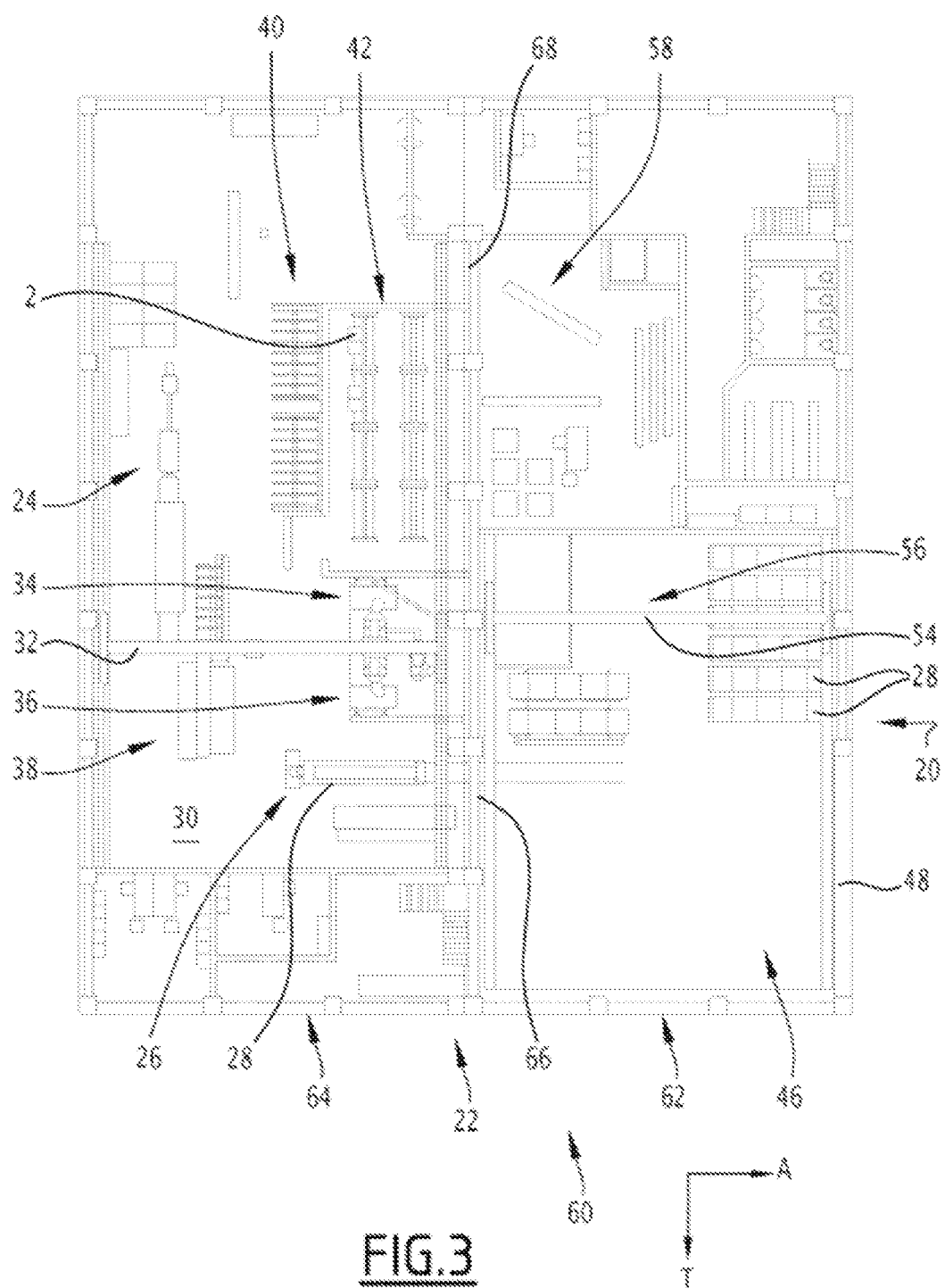
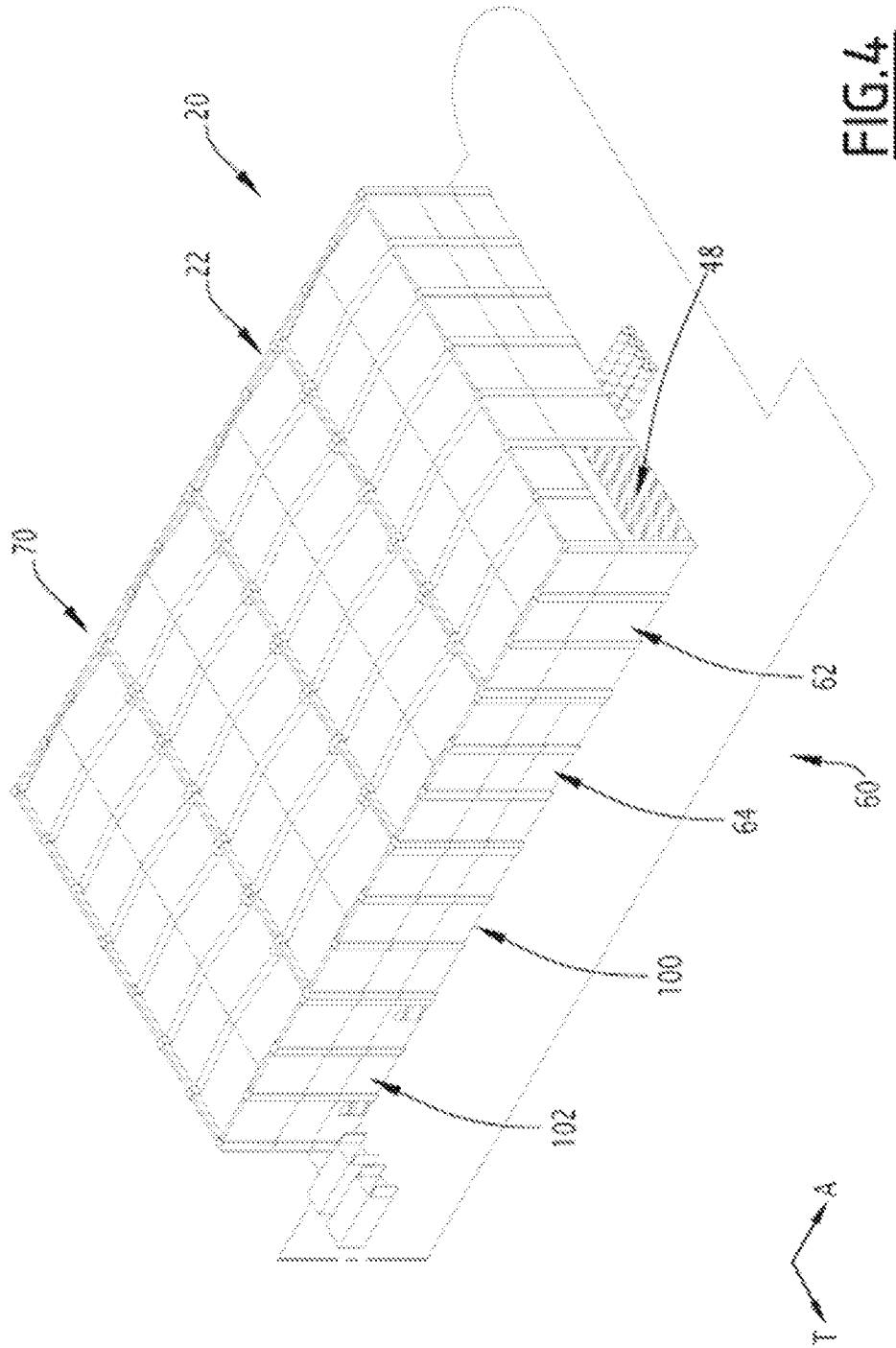


FIG. 2





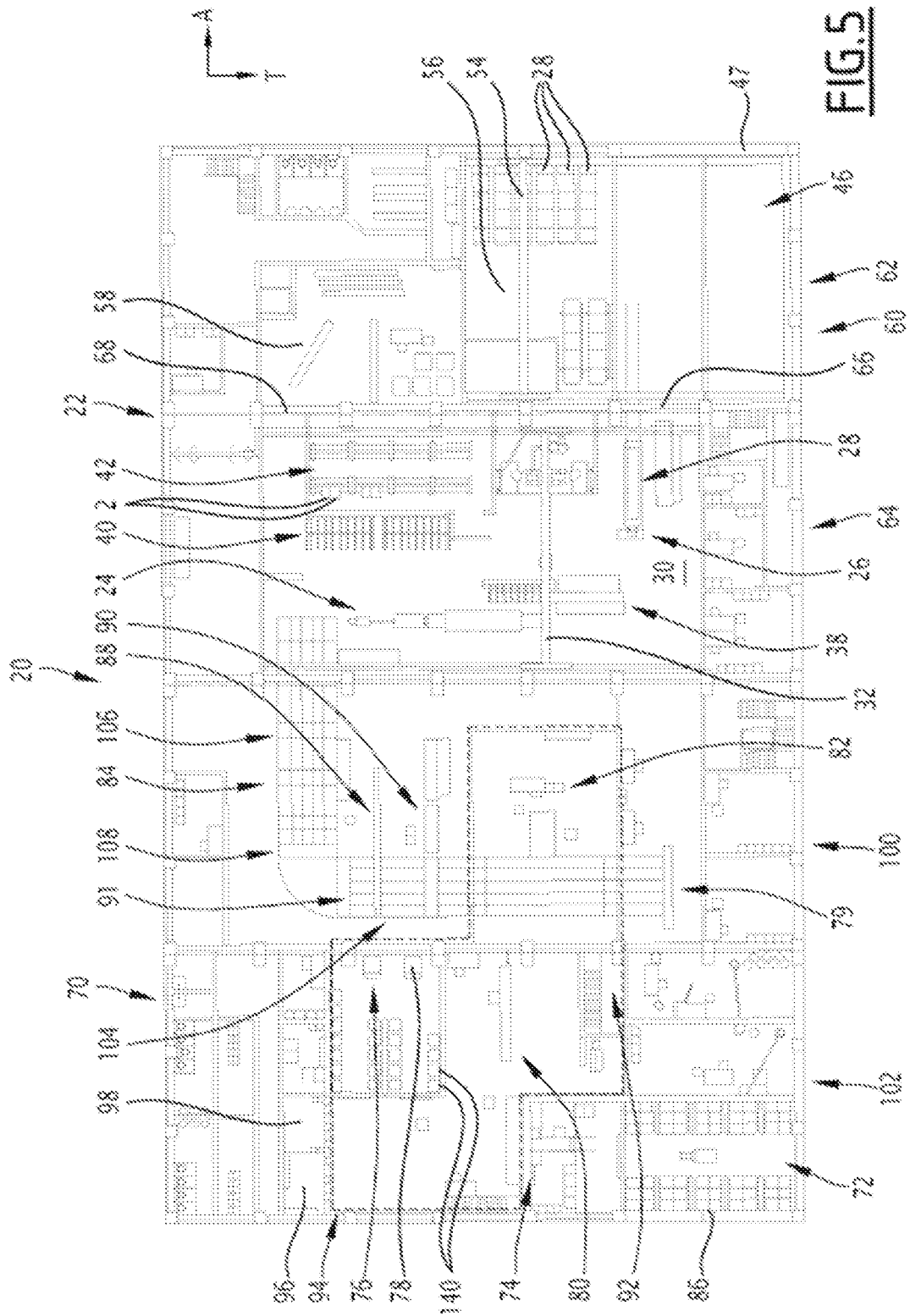
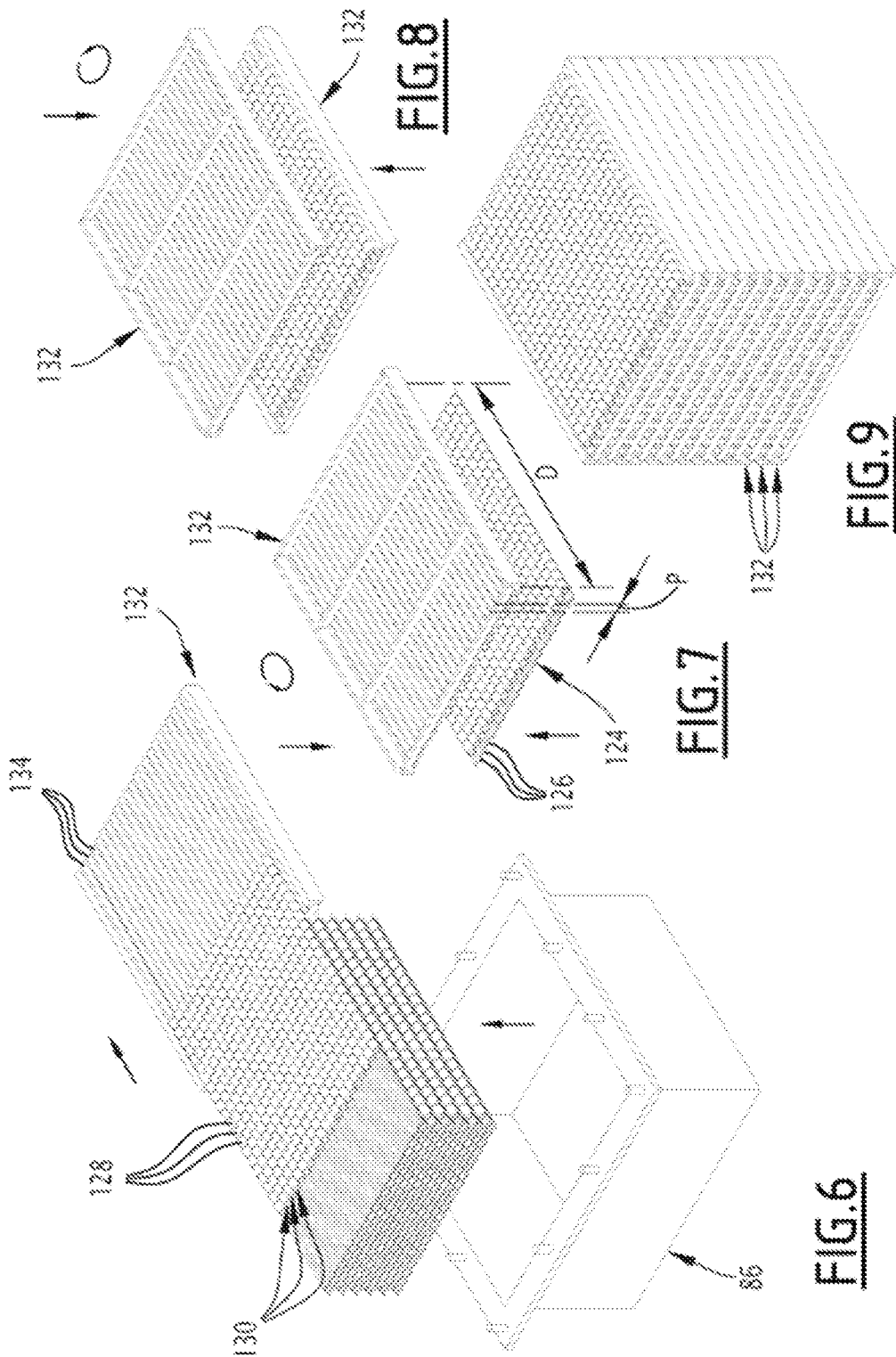


FIG. 5



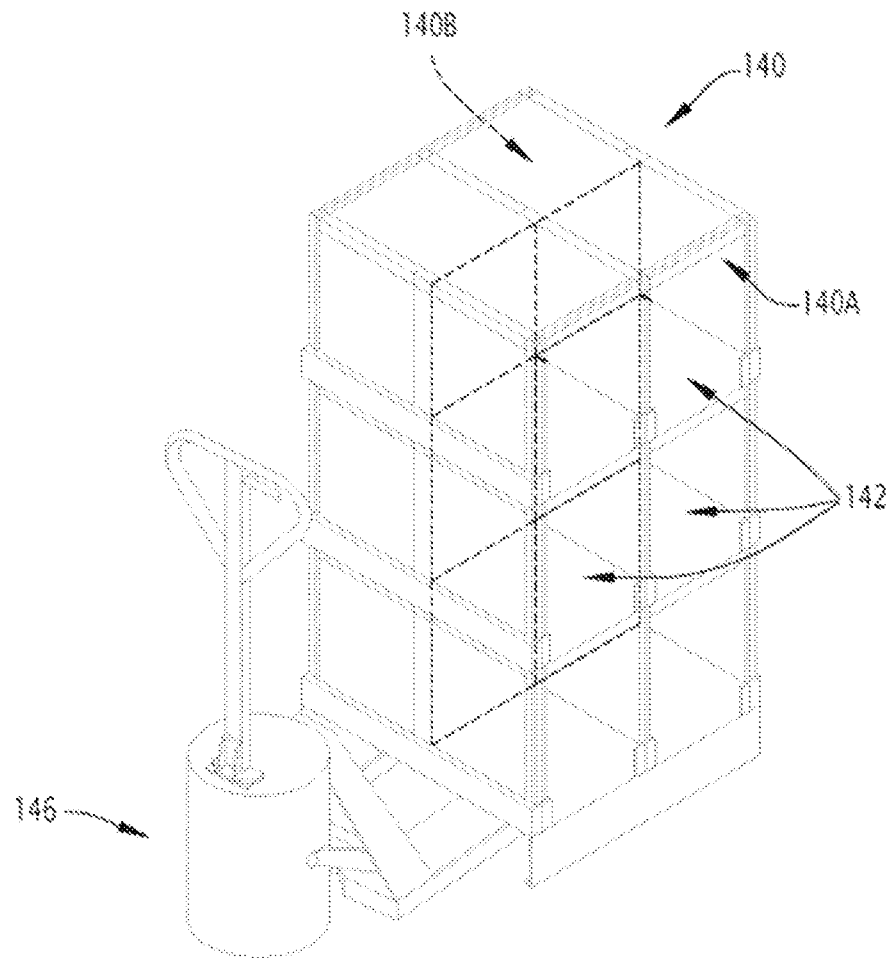
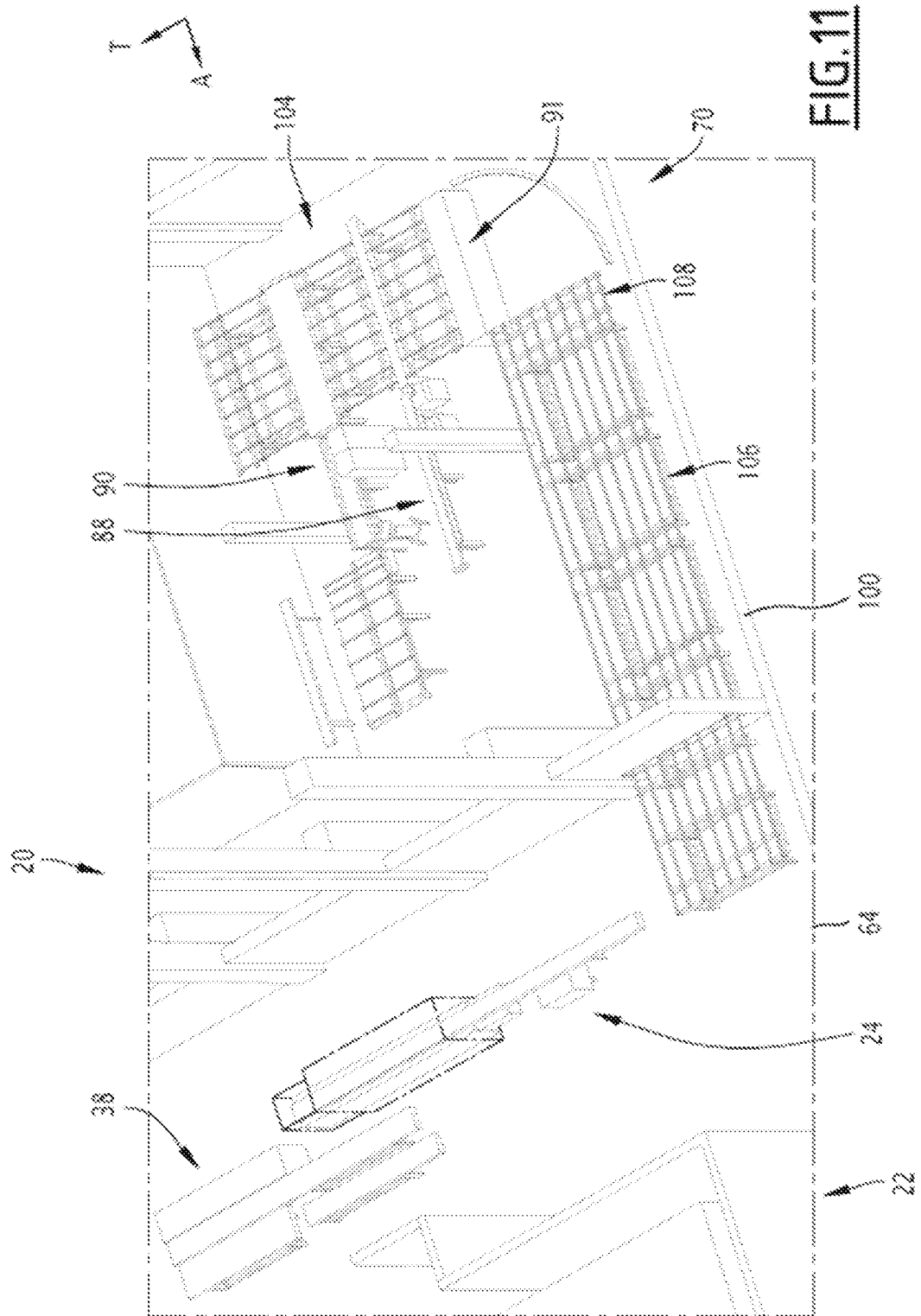


FIG.10



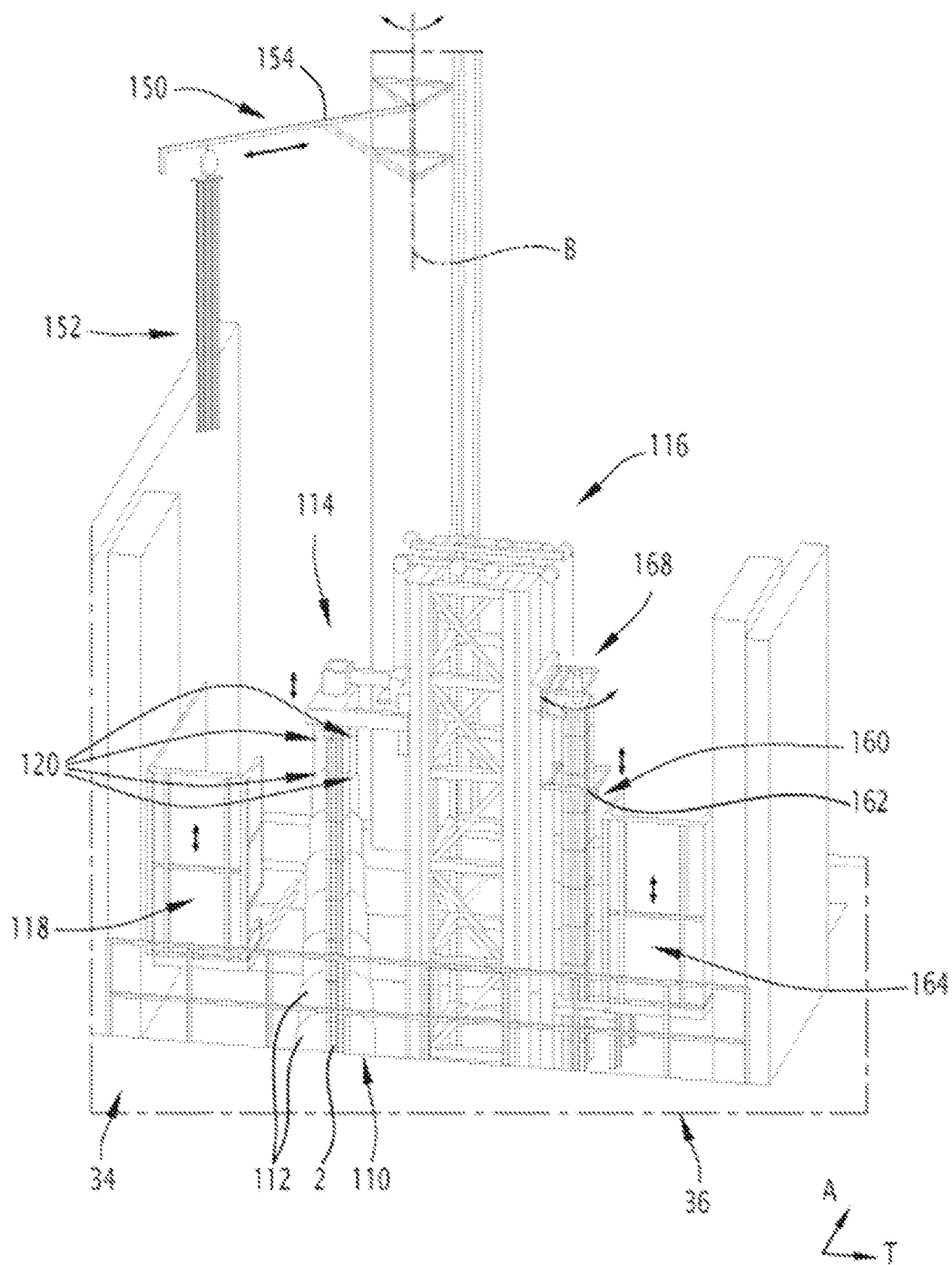


FIG.12

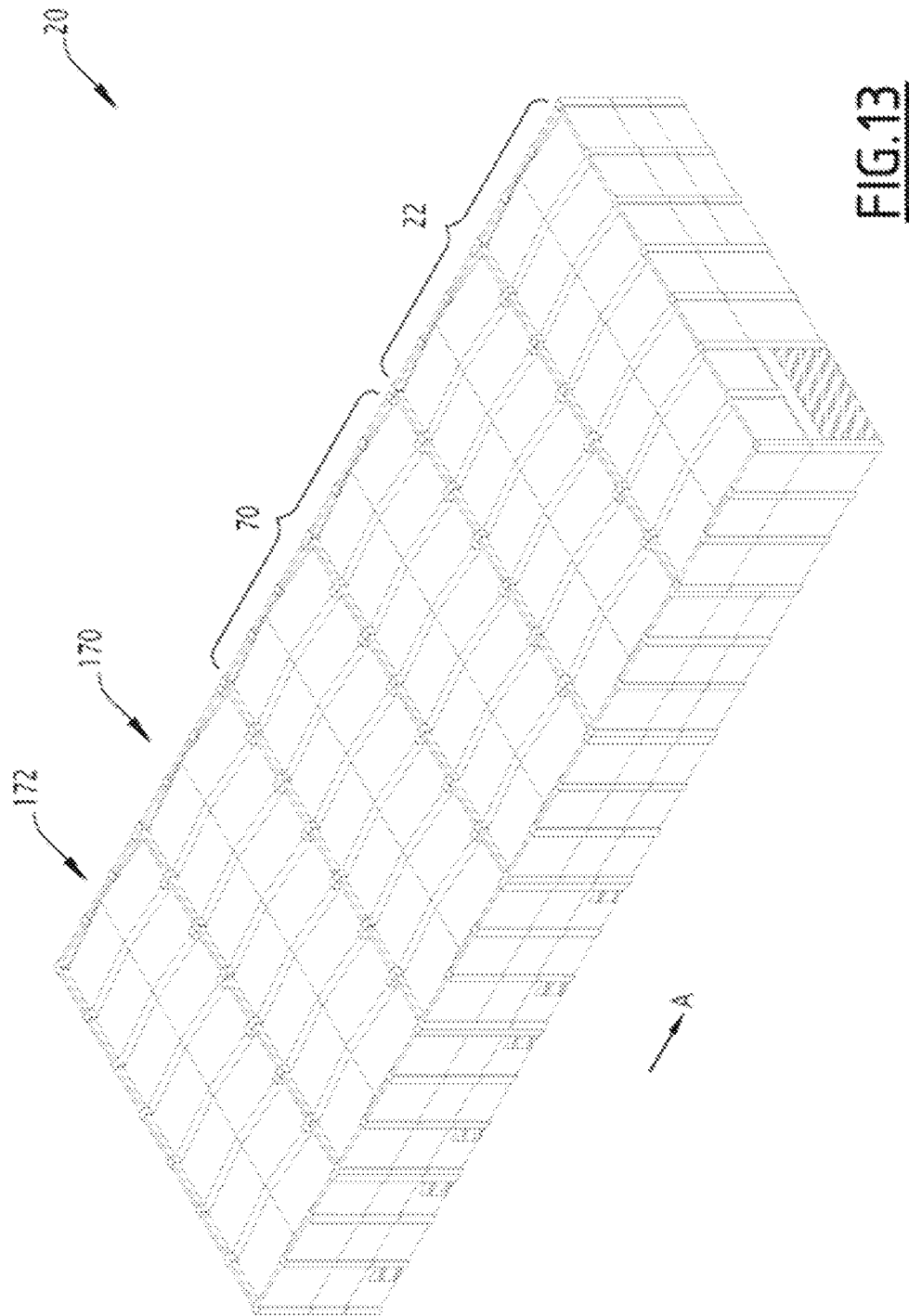
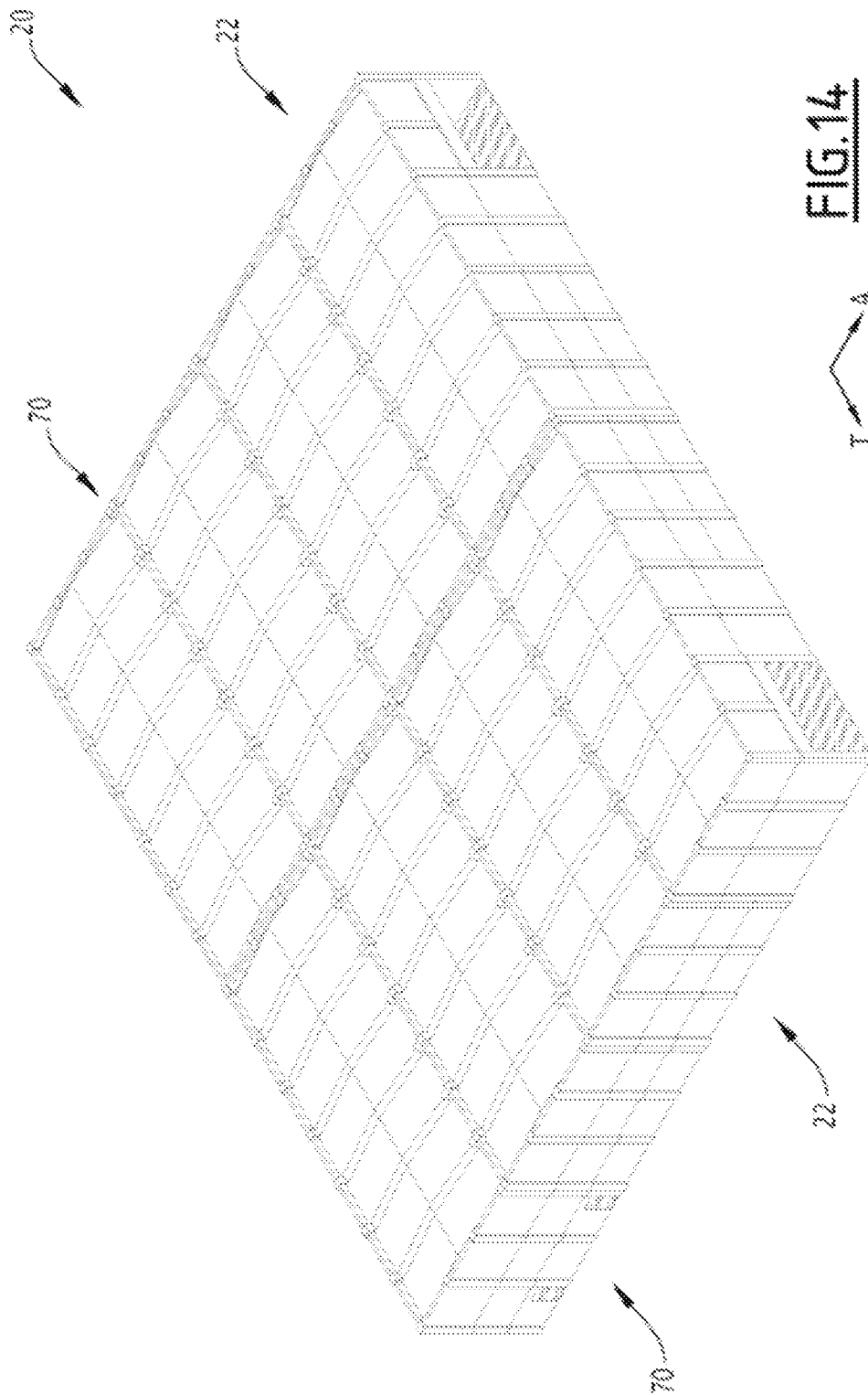


FIG. 13



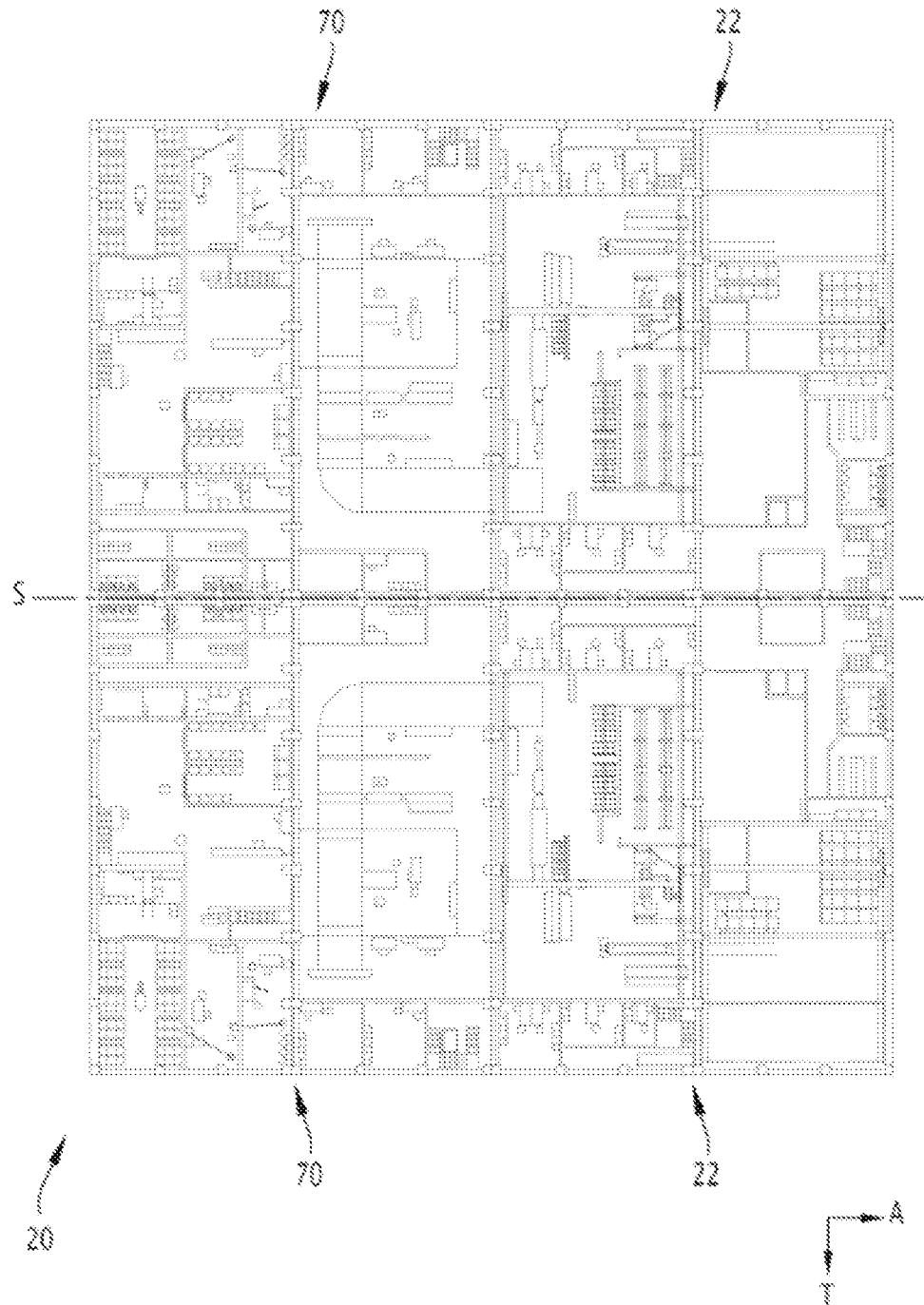


FIG.15