

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 897**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/32** (2006.01)

**G21C 3/33** (2006.01)

**G21C 3/334** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.06.2022 PCT/EP2022/065092**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2022 WO22253973**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2022 E 22734219 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025 EP 4348685**

54 Título: **Tobera inferior y elemento de combustible nuclear comprendiendo dicha tobera inferior**

30 Prioridad:

**03.06.2021 EP 21305746**

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

**28.04.2025**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BEN AISSA, MHAMED;  
BLANC, PASCAL y  
MESSINGSCHLAGER, MARCO**

74 Agente/Representante:

**PONTI & PARTNERS, S.L.P.**

ES 3 014 897 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

Tobera inferior y elemento de combustible nuclear comprendiendo dicha tobera inferior

5 **[0001]** La presente invención se refiere a toberas inferiores para elementos de combustible nuclear.

**[0002]** Un elemento de combustible nuclear (o "elemento de combustible"), como los diseñados para reactores VVER (acrónimo del ruso "Vodo-Vodianoi" Energueticheski Reaktor), comprende un esqueleto que soporta barras de combustible nuclear (o "barras de combustible") dispuestas en una matriz hexagonal organizada.

10

**[0003]** Cada barra de combustible comprende un revestimiento tubular que contiene combustible nuclear (por ejemplo, pastillas de combustible nuclear, en particular pastillas de  $\text{UO}_2$ ), estando los dos extremos del revestimiento tubular cerrados por tapones extremos de cierre respectivos.

15 **[0004]** El esqueleto comprende una tobera inferior y una tobera superior separadas a lo largo del eje del elemento, una pluralidad de tubos guía a lo largo del eje del elemento que conectan la tobera inferior y la tobera superior entre sí, rejillas espaciadoras separadas longitudinalmente y fijadas a los tubos guía y un tubo de instrumentación.

20 **[0005]** Las barras de combustible se extienden entre la tobera inferior y la tobera superior pasando a través de las rejillas espaciadoras. La función de las rejillas espaciadoras es soportar las barras de combustible a lo largo del eje del elemento en una matriz hexagonal organizada.

25 **[0006]** En funcionamiento, el elemento de combustible se introduce en un núcleo de reactor recibido en una vasija de reactor, con el eje longitudinal del elemento de combustible extendiéndose sustancialmente en vertical, y un refrigerante circula verticalmente a través del elemento de combustible para moderar el calor de recuperación de la reacción nuclear producido por las barras de combustible.

30 **[0007]** Durante las operaciones de mantenimiento pueden crearse pequeños residuos tales como virutas metálicas, y estos residuos pueden ser transportados en el flujo de refrigerante y, con ello, dañar las barras de combustible del elemento de combustible, por ejemplo, generando desgaste por ludimiento.

35 **[0008]** La provisión de un filtro de residuos en la tobera inferior aumenta la complejidad del elemento de combustible nuclear y su coste de fabricación, y también puede aumentar la caída de presión en el flujo de refrigerante.

**[0009]** Los documentos US4684495A, US5219517A y EP0487371A1 describen toberas inferiores para elementos de combustible nuclear.

40 **[0010]** Uno de los objetivos de la invención es proporcionar una tobera inferior que garantice una buena resistencia al ludimiento debido a los residuos proporcionando facilidad de mantenimiento.

**[0011]** Para este fin, la invención propone una tobera inferior como se define en la reivindicación 1.

45 **[0012]** Se definen características opcionales de la tobera inferior en las reivindicaciones 2 a 14.

**[0013]** La invención también se refiere a un elemento de combustible nuclear como se define en la reivindicación 15.

50 **[0014]** La invención y sus ventajas se entenderán mejor con la lectura de la siguiente descripción, proporcionada exclusivamente como un ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 es una vista en alzado lateral de un elemento de combustible nuclear, para su uso, por ejemplo, con un VVER, comprendiendo una tobera inferior;

- la Figura 2 es una vista en sección transversal de la tobera inferior;

55 - la Figura 3 es una vista ampliada de la zona III en la Figura 2.

**[0015]** El elemento de combustible nuclear 2 de la Figura 1 está colocado a lo largo de un eje del elemento L. En funcionamiento, el elemento de combustible nuclear 2 se introduce en un núcleo de reactor con el eje del elemento L en vertical.

60

**[0016]** En adelante, los términos "superior", "inferior", "abajo", "arriba", "longitudinal" y "transversal" se refieren a la posición del elemento de combustible nuclear en funcionamiento, con el eje del elemento L en posición longitudinal y vertical.

65 **[0017]** El elemento de combustible nuclear 2 comprende un haz de barras de combustible nuclear 4 soportado

por un esqueleto 6. Las barras de combustible 4 son paralelas entre sí y al eje del elemento L.

**[0018]** El esqueleto 6 comprende una tobera inferior 8 y una tobera superior 10 separadas a lo largo del eje del elemento L.

**[0019]** El esqueleto 6 comprende tubos guía 12 que conectan la tobera inferior 8 a la tobera superior 10 manteniendo una separación predeterminada a lo largo de eje del elemento L entre la tobera inferior 8 y la tobera superior 10. Los tubos guía 12 son paralelos al eje del elemento L. Las barras de combustible 4 están colocadas entre la tobera inferior 8 y la tobera superior 10.

**[0020]** El esqueleto 6 comprende una pluralidad de rejillas espaciadoras 14 distribuidas a lo largo de los tubos guía 12 y unidas de forma fija a los tubos guía 12. Las barras de combustible 4 se extienden a través de las rejillas espaciadoras 14. Cada rejilla espaciadora 14 está configurada para que soporte las barras de combustible 4 a lo largo del eje del elemento L y transversalmente al eje del elemento L.

**[0021]** Cada rejilla espaciadora 14 está configurada para que soporte las barras de combustible 4 en una relación de separación transversal.

**[0022]** En una realización ejemplar, las barras de combustible 4 se mantienen transversalmente en los nodos de una red hexagonal imaginaria. En tal caso, en un plano perpendicular al eje del elemento L, el haz formado por las barras de combustible 4 tiene, por ejemplo, un contorno hexagonal. Los tubos guía 12 están colocados en algunos de los nodos de la red hexagonal imaginaria.

**[0023]** El elemento de combustible nuclear 2 está diseñado, por ejemplo, para un VVER (acrónimo del ruso "Vodo-Vodianoi Energueticheski Reaktor"). Los elementos de combustible nuclear 2 para VVER tienen generalmente barras de combustible 4 dispuestas en una matriz hexagonal.

**[0024]** En funcionamiento, el elemento de combustible nuclear 2 se introduce en un núcleo de reactor alojado dentro de una vasija de reactor, entre una placa de núcleo inferior y una placa de núcleo superior, con el eje del elemento L vertical.

**[0025]** La tobera inferior 8 está configurada para apoyarse sobre la placa de núcleo inferior que contiene una abertura de flujo que permite que un refrigerante entre en la tobera inferior 8 y circule hacia arriba a través del elemento de combustible nuclear 2 para moderar la reacción nuclear y recuperar el calor de las barras de combustible 4 (véase la flecha F en la Figura 2).

**[0026]** Como se ilustra en la Figura 2, la tobera inferior 8 comprende un cuerpo de tobera tubular 16 que se extiende a lo largo de un eje de tobera N, que tiene una abertura inferior 18 y una abertura superior 20. En uso, el eje de tobera N es sustancialmente colineal con el eje del elemento L.

**[0027]** La abertura inferior 18 está configurada para colocarse alineada con una abertura de flujo en la placa de núcleo inferior, recibiendo en consecuencia el flujo de refrigerante (véase la flecha F en la Figura 2).

**[0028]** El cuerpo de tobera 16 define un conducto interno 22 que se extiende a lo largo del eje de tobera N de la abertura inferior 18 a la abertura superior 20 para permitir que el refrigerante circule a través del cuerpo de tobera 16, de la abertura inferior 18 a la abertura superior 20.

**[0029]** La tobera inferior 8 comprende una placa de sujeción inferior 24 que se extiende a través de la abertura superior 20. La placa de sujeción inferior 24 está unida de forma fija al cuerpo de tobera 16 y configurada para fijar los tubos guía 12 a la placa de sujeción inferior 24.

**[0030]** La placa de sujeción inferior 24 tiene una cara inferior 24A y una cara superior 24B.

**[0031]** La placa de sujeción inferior 24 está configurada para permitir que el refrigerante circule a través de la placa de sujeción inferior 24. La placa de sujeción inferior 24 tiene, por ejemplo, una pluralidad de aberturas de flujo 26 que se extienden a través de la placa de sujeción inferior 24 permitiendo que el refrigerante circule a través de la placa de sujeción inferior 24.

**[0032]** La tobera inferior 8 comprende un filtro de residuos 28 recibido dentro del cuerpo de tobera 16, debajo de la placa de sujeción inferior 24. El filtro de residuos 28 está situado axialmente entre la placa de sujeción inferior 24 y la abertura inferior 18 de la tobera inferior 8. El filtro de residuos 28 está corriente arriba con respecto a la placa de sujeción inferior 24 cuando se considera el flujo de refrigerante.

**[0033]** El filtro de residuos 28 tiene una cara inferior 28A y una cara superior 28B.

**[0034]** El filtro de residuos 28 está configurado para permitir que el refrigerante circule a través del filtro de residuos 28 mientras retiene los residuos que pueden estar presentes en el refrigerante.

**[0035]** El filtro de residuos 28 comprende pasos de flujo 30 para permitir que el refrigerante circule a través del filtro de residuos 28. Cada paso de flujo 30 se extiende desde la cara inferior 28A a la cara superior 28B del filtro de residuos 28.

**[0036]** El filtro de residuos 28 comprende, por ejemplo, pasos de flujo 30 que muestran pequeñas dimensiones transversales que retienen residuos cuyas dimensiones transversales son mayores y/o superiores que las de los pasos de flujo 30.

**[0037]** El filtro de residuos 28 comprende pasos de flujo 30 que se extienden axialmente. De manera alternativa u opcional, el filtro de residuos 28 comprende pasos de flujo 30 tortuosos. Dichos pasos de flujo 30 están adaptados para retener residuos alargados.

**[0038]** La tobera inferior 8 comprende miembros de conexión 32, estando cada miembro de conexión 32 configurado para asegurar un extremo inferior de un tubo guía respectivo 12 del elemento de combustible nuclear 2 a la placa de sujeción inferior 24. Cada miembro de conexión 32 está configurado preferentemente para asegurar el tubo guía 12 en sentido axial y transversal a la placa de sujeción inferior 24.

**[0039]** Cada miembro de conexión 32 está configurado para poder manejarse desde debajo del filtro de residuos 28 con el fin de fijar el tubo guía 12 a la placa de sujeción inferior 24 y/o de separar el tubo guía 12 de la placa de sujeción inferior 24.

**[0040]** Como puede verse en la Figura 3, cada miembro de conexión 32 comprende, por ejemplo, una barra de conexión 36 que se extiende a través de la placa de sujeción inferior 24 y el filtro de residuos 28, teniendo la barra de conexión 36 un extremo superior 38 configurado para conectarse a un extremo inferior 40 de un tubo guía 12 y un extremo inferior 42.

**[0041]** Más en concreto, la barra de conexión 36 pasa a través de un orificio de conexión 44 de la placa de sujeción inferior 24 y a través de un orificio de conexión 46 correspondiente del filtro de residuos 28.

**[0042]** El extremo superior 38 de la barra de conexión 36 está configurado, por ejemplo, para roscar la barra de conexión 36 en el extremo inferior 40 del tubo guía 12.

**[0043]** El extremo superior 38 de la barra de conexión 36 está fileteado, por ejemplo, para roscar el extremo inferior 40 en el tubo guía 12 que está provisto de una rosca que es complementaria a la del extremo superior 38 de la barra de conexión 36. El extremo superior 38 de la barra de conexión 36 está, por ejemplo, fileteado externamente, estando el extremo inferior 40 del tubo guía 12 fileteado internamente.

**[0044]** El extremo inferior 42 de la barra de conexión 36 está provisto de una cabeza de conexión 48 que está configurada para sostener la barra de conexión 36 bajo la placa de sujeción inferior 24.

**[0045]** En un ejemplo, la cabeza de conexión 48 está roscada a la barra de conexión 36. Alternativamente, la cabeza de conexión 48 está integrada en la barra de conexión 36. En tal caso, la cabeza de conexión 48 no puede separarse de la barra de conexión 36. En un ejemplo particular, la cabeza de conexión 48 y la barra de conexión 36 pueden estar soldadas conjuntamente o hechas de una sola pieza de material.

**[0046]** Ventajosamente, la cabeza de conexión 48 está configurada para accionar la barra de conexión 36 y, por tanto, unir el tubo guía 12 a la placa de sujeción inferior 24 y/o separar el tubo guía 12 de la placa de sujeción inferior 24.

**[0047]** La cabeza de conexión 48 está configurada, por ejemplo, para girar la barra de conexión 36, por ejemplo, para roscar la barra de conexión 36 al extremo inferior 40 del tubo guía 12 y/o desenroscar la barra de conexión 36 del extremo inferior 40 del tubo guía 12.

**[0048]** El roscado/desenroscado de la barra de conexión 36 se lleva a cabo desde la parte inferior de la placa de sujeción inferior 24, a través de la abertura inferior 18 del cuerpo de tobera 16.

**[0049]** La cabeza de conexión 48 está provista, por ejemplo, de facetas 50 para cooperar con una herramienta tal como una llave. En un ejemplo particular, la cabeza de conexión 48 puede tener una forma exterior hexagonal.

**[0050]** Ventajosamente, cada miembro de conexión 32 está configurado para ensamblar el filtro de residuos 28 con la parte inferior de la placa de sujeción inferior 24.

**[0051]** En un ejemplo, la cabeza de conexión 48 está configurada para retener el filtro de residuos 28 interfiriendo con la periferia del orificio de conexión 46 en la cara inferior 28A del filtro de residuos 28.

**[0052]** Ventajosamente, la tobera inferior 8 está configurada para mantener una separación axial S entre el filtro de residuos 28 y la placa de sujeción inferior 24.

**[0053]** Debido a la separación axial S, se mantiene un espacio intermedio 52 entre el filtro de residuos 28 y la placa de sujeción inferior 24, más en concreto entre la cara superior 28B del filtro de residuos 28 y la cara inferior 24A de la placa de sujeción inferior 24.

**[0054]** La separación S proporcionada entre la placa de sujeción inferior 24 y el filtro de residuos 28 permite un diseño flexible del filtro de residuos 28 sin penalizar el coeficiente de pérdida de presión de la tobera inferior 8. De hecho, la geometría del filtro de residuos 28 no tiene que ser congruente con la placa de sujeción inferior 24. El filtro de residuos 28 puede tener, por ejemplo, un desplazamiento con respecto a la placa de sujeción inferior 24.

**[0055]** Así, la tobera inferior 8 es modular con la posibilidad de asociar diferentes filtros de residuos 28 a una misma placa de sujeción inferior 24, en particular de modo que los diferentes filtros de residuos 28 impartan un coeficiente de pérdida de presión diferente a la tobera inferior 8.

**[0056]** En la tobera inferior 8, un filtro de residuos 28 puede sustituirse fácilmente por otro que sea idéntico o diferente durante las operaciones de mantenimiento.

**[0057]** En un ejemplo, la tobera inferior 8 comprende columnas 54 que se extienden entre la cara inferior 24A de la placa de sujeción inferior 24 y el filtro de residuos 28, estando cada columna 54 configurada de manera que mantiene la separación S entre la placa de sujeción inferior 24 y el filtro de residuos 28.

**[0058]** Preferentemente, cada orificio de conexión 44 de la placa de sujeción inferior 24 se extiende a través de una columna 54 respectiva que es, así, tubular. Cada barra de conexión 36 se extiende a través de una columna 54 tubular respectiva.

**[0059]** En un ejemplo, la superficie exterior de cada columna 54 está provista de una superficie de parada 56 situada a una distancia de la cara inferior 24B de la placa inferior 24 y está configurada para interrumpir un movimiento ascendente del filtro de residuos 28 a lo largo de la columna 54.

**[0060]** La separación S entre la placa inferior corresponde a la longitud de cada columna 54 entre la cara inferior 24A de la placa de sujeción inferior 24 y la superficie de parada 56.

**[0061]** Preferentemente, la superficie de parada 56 de cada columna 54 está situada a una distancia encima del extremo inferior de la columna 54. Cada columna 54 tiene una parte inferior que se extiende a través de un orificio de conexión 46 del filtro de residuos 28 con la superficie de parada 56 que forma tope con la cara superior 28B del filtro de residuos 28 cuando el filtro de residuos 28 se mueve hacia arriba.

**[0062]** El filtro de residuos 28 es retenido axialmente entre la cabeza de conexión 48 de cada miembro de conexión 32 y la superficie de parada 56 de la columna 54 correspondiente.

**[0063]** Preferentemente, la tobera inferior 8 está configurada para asegurar cada miembro de conexión 32 a un tubo guía 12 a través de la placa de sujeción inferior 24 sin sujetar el filtro de residuos 28 contra la placa de sujeción inferior 24.

**[0064]** Para tal fin, la cabeza de conexión 48 de cada miembro de conexión 32 forma tope, por ejemplo, con el extremo inferior de la columna 54 correspondiente sin sujetar el filtro de residuos 28.

**[0065]** Opcionalmente, la cabeza de conexión 48 de cada miembro de conexión 32 está perfilada de forma hidrodinámica para limitar las pérdidas de presión del refrigerante. En un ejemplo, la cabeza de conexión 48 tiene forma cónica hacia abajo. Preferentemente, la cabeza de conexión 48 tiene forma de ojiva.

**[0066]** Cada columna sobresale de la cara inferior 24B de la placa de sujeción inferior 24.

**[0067]** Preferentemente, cada columna 54 forma parte integral con la placa de sujeción inferior 24. En particular, cada columna 54 está hecha preferentemente de una sola pieza de material con la placa de sujeción inferior 24. Alternativamente, cada columna 54 está asegurada de forma fija a la placa de sujeción inferior 24, por ejemplo, mediante soldadura.

**[0068]** Como se aprecia en la Figura 2, en un ejemplo, la placa de sujeción inferior 24 está colocada a través de la abertura superior 20 del cuerpo de tobera 16 con tope con un borde periférico 60 de la abertura superior 20.

**[0069]** Por ejemplo, la placa de sujeción inferior 24 tiene un resalte periférico 62 que forma tope con el borde periférico 60.

5 **[0070]** El resalte periférico 62 está situado en una unión entre una parte inferior 64 y una parte superior 66 de la placa de sujeción inferior 24, estando la parte inferior 64 anidada en la abertura superior 20.

**[0071]** La abertura superior 20 y el filtro de residuos 28 están configurados para la inserción del filtro de residuos 28 en el cuerpo de tobera 16 desde la parte superior del cuerpo de tobera 16, a través de la abertura superior 20.

10

**[0072]** En un ejemplo, el cuerpo de tobera 16 se proporciona dentro del cuerpo de tobera 16 con una característica de parada 68 configurada para interrumpir el movimiento descendente del filtro de residuos 28 introducido dentro del cuerpo de tobera 16 a través de la abertura superior 20.

15 **[0073]** En una realización ejemplar, la característica de parada 68 es un resalte periférico interno proporcionado en una superficie interior del cuerpo de tobera 16.

**[0074]** Preferentemente, cada miembro de conexión 32 está colocado de forma que pueda manejarse a través de la abertura inferior 18 del cuerpo de tobera 16.

20

**[0075]** En una realización ejemplar, cada miembro de conexión 32 está colocado de tal manera que el miembro de conexión 32, y en particular la cabeza de conexión 48, está alineado axialmente con la abertura inferior 18 del cuerpo de tobera 16 a lo largo del eje de tobera N.

25 **[0076]** Preferentemente, cada miembro de conexión 32, y en particular la cabeza de conexión 48 de cada miembro de conexión 32, está situado en un cilindro imaginario C formado proyectando el contorno de la abertura inferior 18 a lo largo del eje de tobera N.

**[0077]** El contorno de la abertura inferior 18 es preferentemente circular en un plano perpendicular al eje de tobera N.

30

**[0078]** Preferentemente, la placa de sujeción inferior 24 se fijará al cuerpo de tobera 16.

**[0079]** Para tal fin, la tobera inferior 8 comprende, por ejemplo, elementos de conexión 70 (representados en el diagrama por líneas mixtas), que son, por ejemplo, tornillos.

35

**[0080]** Con vistas a ensamblar la tobera inferior 8, el filtro de residuos 28 se introduce dentro del cuerpo de tobera 16 a través de la abertura superior 18.

40 **[0081]** A continuación se coloca la placa de sujeción inferior 24 a través de la abertura superior 18, opcionalmente insertando la parte inferior 64 de la placa de sujeción inferior 24 en la abertura superior 18 y la placa de sujeción inferior 24 se fija al cuerpo de tobera 16, por ejemplo, mediante los elementos de conexión 70.

**[0082]** Seguidamente se introducen los miembros de conexión 32 en el cuerpo de tobera 16 a través de la abertura inferior 18 y se manejan desde debajo del cuerpo de tobera 16 para conectarlos con los extremos inferiores 40 de los tubos guía 12 a través del filtro de residuos 28 y la placa de sujeción inferior 24.

45

**[0083]** Una vez fijados los miembros de conexión 32 a los tubos guía 12, los tubos guía 12 se aseguran de forma fija a la placa de sujeción inferior 24, y preferentemente, el filtro de residuos 28 también se asegura a la placa de sujeción inferior 24, ventajosamente con una separación S entre el filtro de residuos 28 y la placa de sujeción inferior 24.

50

**[0084]** Con vistas a desensamblar la tobera inferior 8, los miembros de conexión 32 se manejan a través de la abertura inferior 18 de la tobera inferior 16 de manera que se retire la fijación de los tubos guía 12 de la placa de sujeción inferior 24.

55

**[0085]** Antes de fijar los miembros de conexión 32 a los tubos guía 12, los miembros de conexión 32 pueden fijarse temporalmente a la placa de sujeción inferior 24 usando tuercas roscadas en los extremos superiores 38 de las barras de conexión 36 de los miembros de conexión 32 introducidos a través de la placa de sujeción inferior 24.

60

**[0086]** Dicho montaje temporal puede ser útil para transportar la tobera inferior 8 en un estado ensamblado antes de fijarla a los tubos guía 12.

**[0087]** Debido a la invención, es posible obtener una tobera inferior 8 para un elemento de combustible nuclear 2 que puede fijarse de forma sencilla a los extremos inferiores de los tubos guía 12 del elemento de combustible

65

nuclear 2.

**[0088]** El ensamblaje/desensamblaje se realiza fácilmente a través de la abertura inferior 18 del cuerpo de tobera 16.

**[0089]** Además, la tobera inferior 8 está provista de un filtro de residuos 28 dentro del cuerpo de tobera 16, debajo de la placa de sujeción inferior 24. Así se reduce el riesgo de que los residuos lleguen a las barras de combustible 4 y se limita, por tanto, el riesgo de desgaste por ludimiento de las barras de combustible 4 debido a los residuos.

**[0090]** La separación S opcional entre el filtro de residuos 28 y la placa de sujeción inferior 24 permite proporcionar a un filtro de residuos 28 un diseño específico que puede adaptarse con más libertad, en términos de rendimientos de filtrado y/o coeficiente de pérdida de presión para el flujo de refrigerante a través de la tobera inferior 8.

**[0091]** La separación S opcional se obtiene de una manera sencilla, combinando la conexión de la placa de sujeción inferior 24 con los tubos guía 12 usando miembros de conexión 32 que se extienden a través del filtro de residuos 28 y la placa de sujeción inferior 24 y la separación S de la placa de sujeción inferior 24 y el filtro de residuos 28 gracias a las columnas 54.

**[0092]** La invención no se limita a las realizaciones ejemplares que se han descrito anteriormente. Pueden contemplarse otras realizaciones.

**[0093]** En una realización ejemplar anterior, el filtro de residuos 28 se fija a la placa de sujeción inferior 24 por medio de los miembros de conexión 32, en particular por la cabeza de conexión 48 que interfiere con el filtro de residuos 28.

**[0094]** Alternativamente, el filtro de residuos 28 se mantiene entre la placa de sujeción inferior 24 y la característica de parada 68, en particular entre las superficies de parada 56 de las columnas 54 y la característica de parada 68, cuando se proporciona una separación S entre la placa de sujeción inferior 24 y el filtro de residuos 28.

**[0095]** En tal caso, la característica de parada 68 está colocada preferentemente en dirección axial con respecto a la placa de sujeción inferior 24 de manera que el filtro de residuos 28 está sostenido entre la característica de parada 68 y las columnas 54, ventajosamente con una holgura axial pequeña o nula.

**[0096]** Además, la invención puede aplicarse a un elemento de combustible nuclear 2 en el sentido de que las barras de combustible nuclear 4 están dispuestas en los nodos de una red hexagonal imaginaria, en particular formando un haz de barras de combustible 4 con un contorno hexagonal.

**[0097]** La invención también se aplica a un elemento de combustible nuclear 2 en el que las barras de combustible nuclear 4 están dispuestas en los nodos de una red cuadrada imaginaria, en particular formando un haz de barras de combustible 4 con un contorno cuadrado.

**[0098]** Además, la invención no se limita a un elemento de combustible nuclear 2 diseñado para un VVER sino que se aplica también a elementos de combustible nuclear diseñados para otros reactores nucleares, como los reactores de agua a presión (PWR, Pressurized Water Reactors) y los reactores de agua en ebullición (BWR, Boiling Water Reactors).

# REIVINDICACIONES

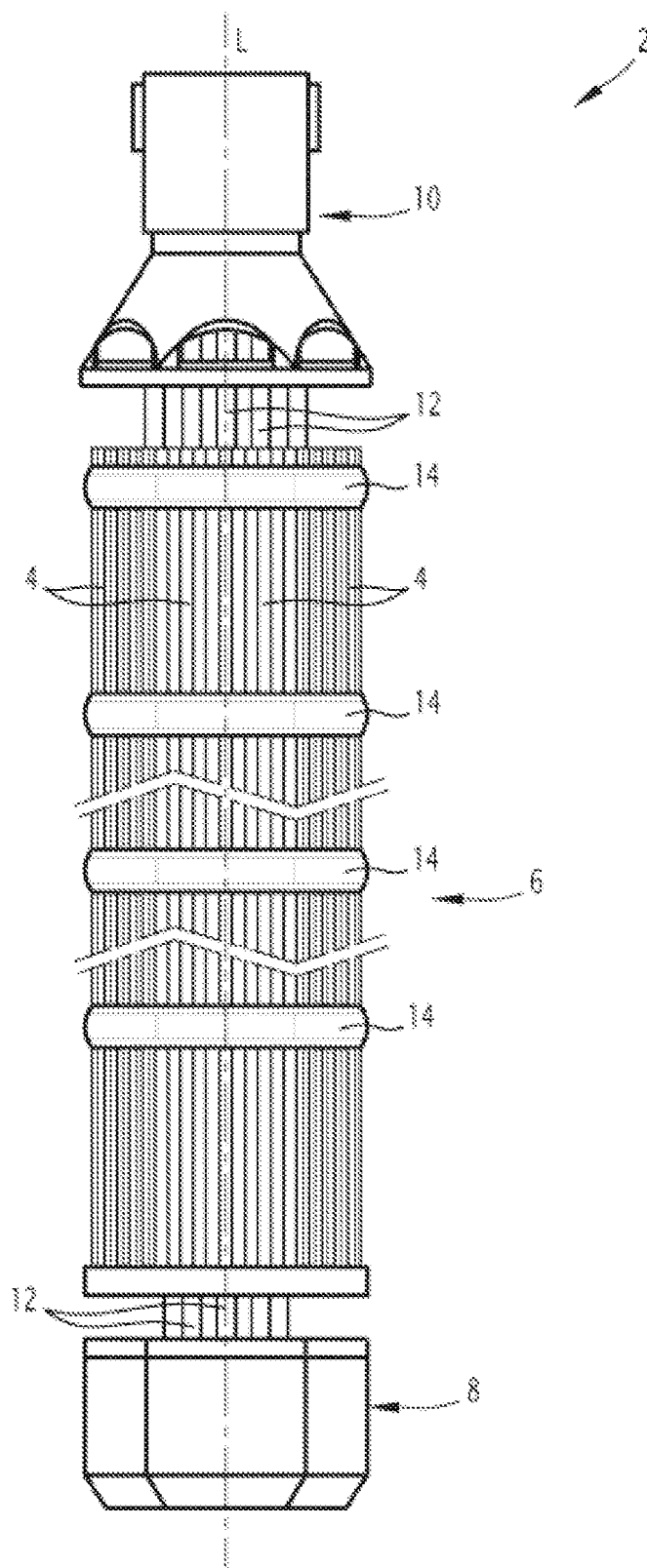
1. Tobera inferior para un elemento de combustible nuclear, comprendiendo la tobera inferior un cuerpo de tobera tubular (16) que tiene una abertura inferior (18) y una abertura superior (20), una placa de sujeción inferior (24) que se extiende a través de la abertura superior (20) y miembros de conexión (32), estando cada miembro de conexión (32) configurado para asegurar un extremo inferior de un tubo guía respectivo (12) del elemento de combustible nuclear a la placa de sujeción inferior (24), en la que la tobera inferior comprende un filtro de residuos (28),  
5 pudiendo cada miembro de conexión (32) manejarse desde debajo del filtro de residuos (28) para fijar el tubo guía (12) a la placa de sujeción inferior (24) y separar el tubo guía (12) de la placa de sujeción inferior (24),  
**caracterizada porque**  
el filtro de residuos (28) es recibido dentro del cuerpo de tobera (16) debajo de la placa de sujeción inferior (24).
- 15 2. Tobera inferior según la reivindicación 1, en la que cada miembro de conexión (32) comprende una barra de conexión (36) que se extiende a través de un orificio de conexión (44) de la placa de sujeción inferior (24), teniendo la barra de conexión (36) un extremo superior (38) configurado para conectarse a un extremo inferior de un tubo guía (12) y un extremo inferior (42) provisto de una cabeza de conexión (48) que está configurada para sostener la barra de conexión (36) bajo la placa de sujeción inferior (24).  
20 3. Tobera inferior según la reivindicación 2, en la que la cabeza de conexión (48) está configurada para accionar la barra de conexión (36) fijando la barra de conexión (36) al tubo guía (12) y/o separando la barra de conexión (36) del tubo guía (12).
- 25 4. Tobera inferior según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en la que la barra de conexión (36) pasa a través de un orificio de conexión (46) del filtro de residuos (28), estando la cabeza de conexión (48) situada debajo del filtro de residuos (28).
5. Tobera inferior según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada miembro de  
30 conexión (32) está configurado para ensamblar el filtro de residuos (28) a la placa de sujeción inferior (24).
6. Tobera inferior según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, configurada para mantener una separación axial (S) entre el filtro de residuos (28) y la placa de sujeción inferior (24).
- 35 7. Tobera inferior según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo columnas (54) que se extienden entre la cara inferior (24A) de la placa de sujeción inferior (24) y el filtro de residuos (28).
8. Tobera inferior según la reivindicación 7, en la que cada columna (54) es tubular, con la barra de conexión (36) de cada miembro de conexión (32) extendiéndose a través de una columna (54) respectiva.  
40 9. Tobera inferior según la reivindicación 8, en la que cada miembro de conexión (32) forma tope contra el extremo inferior de la columna (54).
10. Tobera inferior según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en la que cada columna (54) está  
45 configurada para mantener una separación axial (S) entre la placa de sujeción inferior (24) y el filtro de residuos (28).
11. Tobera inferior según la reivindicación 10, en la que cada columna (54) está provista de una superficie de parada (56) situada a una cierta distancia desde el extremo inferior de la columna (54) y configurada para interrumpir un movimiento ascendente del filtro de residuos (28) a lo largo de la columna (54).  
50 12. Tobera inferior según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el cuerpo de tobera (16) y el filtro de residuos (28) están configurados para la inserción del filtro de residuos (28) desde la parte superior del cuerpo de tobera (16), a través de la abertura superior (20).
- 55 13. Tobera inferior según la reivindicación 12, en la que al cuerpo de tobera (16) se le proporciona en el cuerpo de tobera (16) una característica de parada (68) configurada para interrumpir el movimiento descendente del filtro de residuos (28) tras la inserción del mismo en el cuerpo de tobera (16) a través de la abertura superior (20).
14. Tobera inferior según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada miembro de  
60 conexión (32) está colocado de manera que se alinee con la abertura inferior (18) del cuerpo de tobera (16) de forma que pueda manejarse a través de la abertura inferior (18).
15. Elemento de combustible nuclear comprendiendo un haz de barras de combustible nuclear (4) y un esqueleto (6) que soporta las barras de combustible (4), comprendiendo el esqueleto (6) una tobera inferior (8) como  
65 en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, una tobera superior (10), una pluralidad de tubos guía (12) que

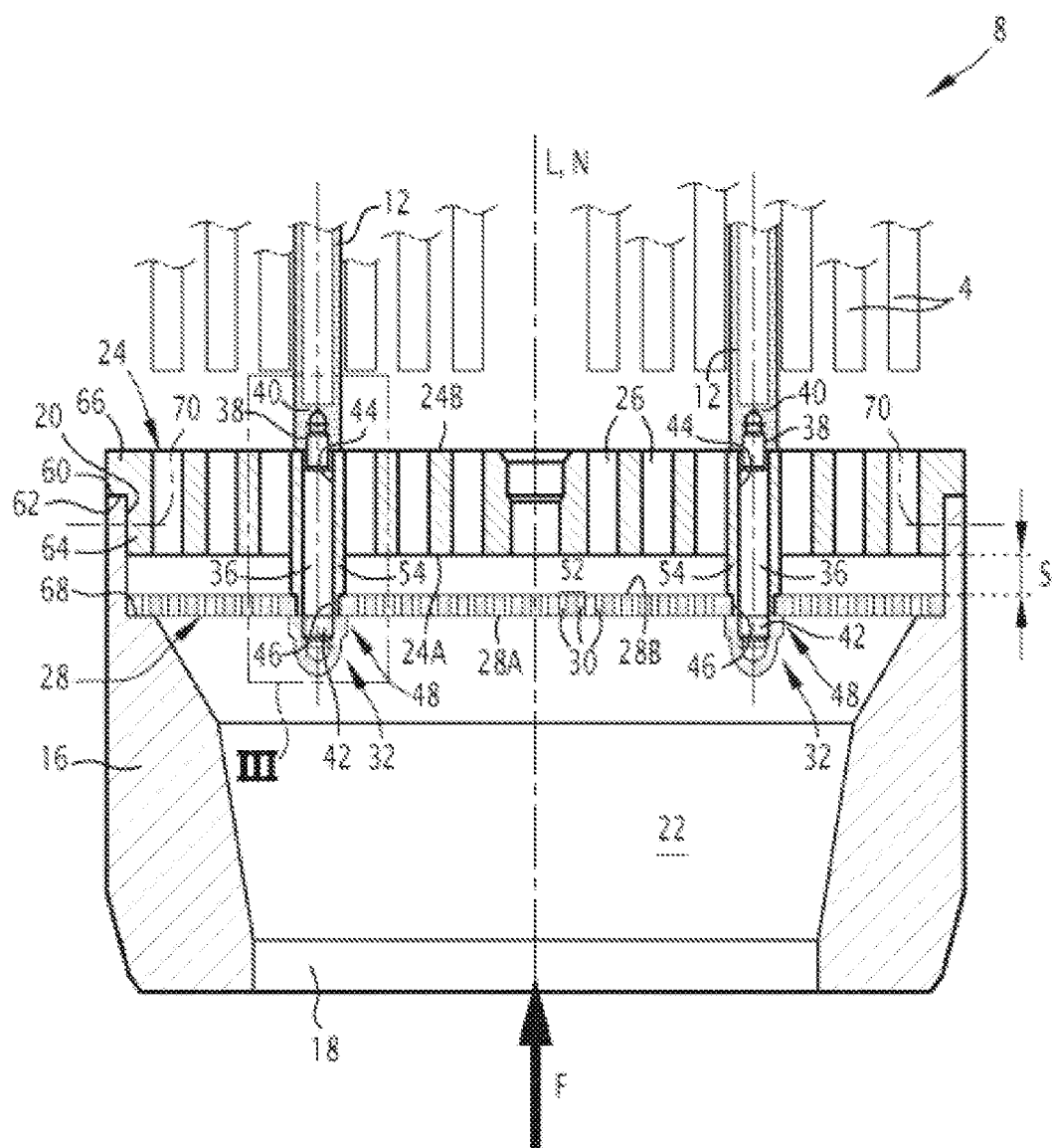


conectan la tobera inferior (8) a la tobera superior (10) manteniendo una separación predeterminada, y una pluralidad de rejillas espaciadoras (14) unidas a lo largo de los tubos guía (12), con las barras de combustible (4) extendiéndose a través de la rejilla espaciadora (14), conectando cada miembro de conexión (32) de la tobera inferior (8) el extremo inferior de un tubo guía respectivo (12) a la placa de sujeción inferior (24) de la tobera inferior (8).

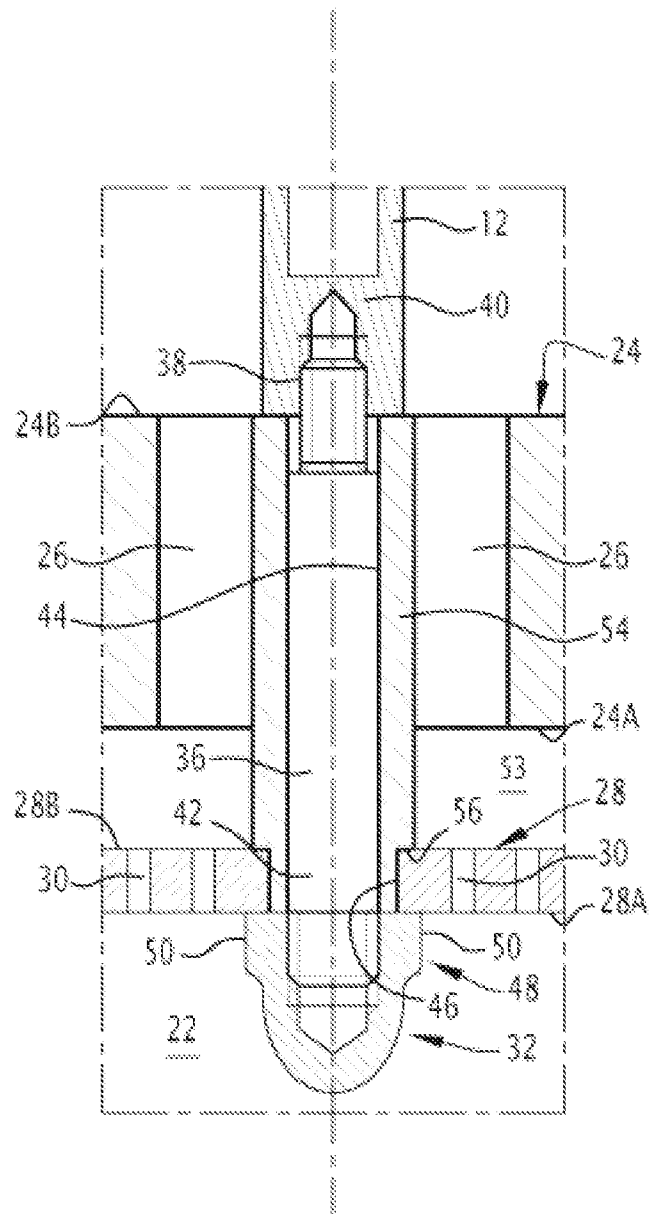
5

FIG.1





**FIG. 2**



**FIG.3**