

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 052**

51 Int. Cl.:

**G21C 19/07** (2006.01)

**G21F 9/36** (2006.01)

**G21F 9/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.01.2007 PCT/EP2007/050438**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.08.2007 WO07085555**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.01.2007 E 07700254 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 1977430**

54 Título: **Elemento de almacenamiento de combustible nuclear apilable y módulo de almacenamiento formado por un apilado de dichos elementos**

30 Prioridad:

**26.01.2006 FR 0650281**

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

**18.10.2017**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BONTEMPS, VIRGINIE y  
ARGOUD, JEAN-CLAUDE**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 638 052 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**

Elemento de almacenamiento de combustible nuclear apilable y módulo de almacenamiento formado por un apilado de dichos elementos

5 **Campo técnico y técnica anterior**

10 La presente invención se refiere al almacenamiento temporal en seco, por ejemplo entre 50 y 100 años, en posición horizontal de combustible nuclear, en particular de combustible nuclear irradiado a la espera de un almacenamiento geológico definitivo o de un reprocesamiento.

15 En el marco de la gestión de los combustibles irradiados, después de su utilización en un reactor, los mismos se someten a una etapa de refrigeración en una piscina en un edificio, dicho edificio combustible, que se encuentra generalmente al lado del edificio reactor.

Al final de esta etapa de refrigeración, los montajes de combustible nuclear deben evacuarse a continuación hacia lugares de almacenamiento denominados «definitivos o provisionales» seguros, que comprenden sobre todo cajas metálicas estancas protegidas por módulos de almacenamiento de hormigón.

20 En este marco, se contempla entonces empaquetar los combustibles irradiados en estuches cerrados de manera estanca, formando la primera barrera de confinamiento. A continuación, cada estuche se coloca en un dispositivo de almacenamiento en seco que constituye su protección y la segunda barrera de confinamiento.

Existen dos modos de almacenamiento:

- 25 - el primer modo de almacenamiento es un almacenamiento en posición vertical, disponiéndose los estuches en pozos. Este modo de almacenamiento permite una ganancia de espacio importante. Sin embargo, su construcción es muy costosa y muy difícil de aplicar. De hecho, hay que cavar pozos, hacer fluir fundiciones. Además, la legislación requiere que pueda recuperarse el combustible nuclear en todo momento. Además, en caso de ruptura del estuche, la recuperación del combustible en el fondo del pozo se
- 30 - vuelve muy laboriosa,
- el segundo modo de almacenamiento es un almacenamiento horizontal, para el cual pueden preverse alojamientos de hormigón accesibles por sus dos extremos.

35 El documento US 4 780 269 describe un módulo de almacenamiento de montaje de combustible nuclear en horizontal. Cada módulo contiene un alojamiento para un montaje, que se introduce en el alojamiento por un extremo delantero del mismo. Cada módulo contiene solamente un único montaje. Estos módulos están previstos para poder estar dispuestos entre sí de acuerdo con un plano horizontal para limitar las emisiones de radiaciones laterales, pero siguen siendo muy engorrosos y con un precio de coste elevado.

40 Este módulo de almacenamiento contiene igualmente medios de ventilación que permiten la evacuación de aire caliente. Estos medios de ventilación contienen orificios de entrada de aire frío practicados en el extremo delantero del módulo por debajo del alojamiento del montaje y chimeneas de evacuación de aire caliente en el techo del módulo. La refrigeración se efectúa por convección natural.

45 Estos dispositivos de almacenamiento son muy engorrosos, el almacenamiento de diversos montajes implica disponer de una superficie de suelo importante.

50 El documento FR 2 498 367 describe un dispositivo de almacenamiento de materias radioactivas que contiene células de almacenamiento en las cuales están previstas cajas de almacenamiento yuxtapuestas vertical y horizontalmente para recibir recipientes de almacenamiento de materias radioactivas.

La refrigeración de los recipientes se realiza por flujo de aire en el interior de las cajas.

55 Sin embargo, los recipientes no se aíslan entre sí. De este modo, en caso de ruptura de un recipiente, se contamina toda la célula. Además, estas células no son modulares y necesitan una construcción pesada.

Como consecuencia, un objetivo de la presente invención es ofrecer un dispositivo de almacenamiento seguro y que permita recuperar el combustible nuclear durante toda la duración del almacenamiento, sea cual sea su estado.

60 Igualmente, un objetivo de la presente invención es ofrecer un dispositivo de almacenamiento compacto y que ofrezca una gran capacidad de almacenamiento.

**Exposición de la invención**

65 Los objetivos mencionados anteriormente se consiguen mediante un dispositivo de almacenamiento de combustible nuclear de acuerdo con la reivindicación 1 en horizontal que contiene alojamientos para los estuches, provistos de

medios de ventilación, por ejemplo por convección natural, formados por orificios para la admisión y la evacuación de aire, practicándose estos orificios en extremos longitudinales del alojamiento.

5 En otras palabras, en lugar de realizar una evacuación de aire caliente en la parte alta del elemento de almacenamiento como en el estado de la técnica, el mismo está previsto en un lado de carga y/o de descarga y/o de manipulación que permanece accesible durante toda la duración del almacenamiento. De este modo, los dispositivos pueden apilarse y yuxtaponerse, para formar macizos de almacenamiento llamados módulos. Puede almacenarse de este modo un número importante de montajes en una superficie reducida.

10 El dispositivo de acuerdo con la invención es además modular; de este modo, es posible realizar una unidad de almacenamiento de capacidad de almacenamiento adaptada a las necesidades y, si es necesario, aumentar esta capacidad de manera simple añadiendo elementos de acuerdo con la invención. De este modo, es posible adaptar las inversiones financieras en función de la demanda de almacenamiento, sin anticipar las necesidades futuras.

15 De manera ventajosa, la refrigeración se garantiza por convección natural del aire, lo que no necesita ningún dispositivo suplementario que provoque una convección. Se reduce entonces el coste de explotación del mismo.

20 Los elementos o alvéolos pueden recibir diversos estuches. Estos elementos pueden ser de sección transversal hexagonal o estar formados por una porción de hexágono. Su aptitud para apilarse permite la realización de una unidad de almacenamiento en diversos niveles llamada módulo de almacenamiento, cuyo espacio se optimiza.

Un alvéolo contiene, en un ejemplo de modo de realización, dos barreras estancas que se supervisan de forma permanente.

25 La vida útil del elemento de almacenamiento de acuerdo con la invención es de aproximadamente 100 años.

El dispositivo de carga de acuerdo con la invención permite igualmente cargar o descargar el combustible por una cara delantera o trasera. De este modo, es posible retirar el combustible sea cual sea el estado del estuche.

30 Además, la protección biológica puede colocarse en la periferia del módulo y en su parte superior. Está constituida por losas de hormigón cuyo grosor puede optimizarse en función de la tasa de dosis requerida en sus caras exteriores o en función de la tensión mecánica deseada.

35 Además, el apilado de los elementos de acuerdo con la invención permite reducir las emisiones debido a la superposición de los grosores de hormigón que forman los alvéolos.

40 Como consecuencia, la presente invención tiene como objetivo un elemento para el almacenamiento de combustible nuclear, que contiene al menos un alojamiento de eje longitudinal destinado a estar en horizontal para recibir un estuche cargado de combustible nuclear, que contiene unos primer y segundo extremos longitudinales cerrados por tapones extraíbles, formando dichos primer y segundo extremos cerrados por los tapones unas primera y segunda caras del elemento, permitiendo uno al menos entre los primer y segundo extremos el paso del estuche, medios de ventilación que contienen un canal que rodea el alojamiento, al menos un orificio en la primera cara que desemboca en dicho canal y al menos un orificio en la segunda cara que desemboca en dicho canal.

45 En un modo de realización preferente, el elemento de almacenamiento tiene una sección transversal formada por al menos una porción de un hexágono regular.

Puede tratarse de un elemento que tenga una sección transversal formada por un hexágono regular, que contenga por ejemplo siete alojamientos.

50 Puede tratarse igualmente de un elemento que tenga una sección trasversal formada por un trapecio regular obtenido cortando un hexágono regular por una línea recta que pase por dos ángulos opuestos de dicho hexágono. Este elemento puede estar provisto de dos alojamientos.

55 El elemento puede tener igualmente una sección transversal formada por un trapecio rectángulo obtenido cortando un hexágono regular por una línea recta que pase por dos ángulos opuestos de dicho hexágono y por una mediatriz de dicho hexágono, siendo la línea recta y la mediatriz perpendiculares. Puede contener entonces un alojamiento.

60 De manera ventajosa, el alojamiento está delimitado por un primer tubo en contacto directo con al menos un estuche, rodeando el canal de refrigeración dicho primer tubo.

El elemento puede contener igualmente un segundo tubo que delimite con el primer tubo el canal de refrigeración, estando el segundo tubo rodeado de hormigón.

65 El primer tubo se mantiene entonces, por ejemplo, suspendido en el segundo tubo por medio de bridas fijadas a los extremos longitudinales de los primer y segundo tubos y en los cuales se realizan los orificios de ventilación.

Los dos tapones de alojamiento se fijan de forma ventajosa cada uno a una brida, por ejemplo por soldadura o por atornillado.

5 Pueden preverse igualmente juntas metálicas y una junta de material sintético entre los tapones y las bridas.

El primer tubo es por ejemplo de acero inoxidable y el segundo tubo es de hierro fundido.

10 El elemento de acuerdo con la presente invención contiene de forma ventajosa medios de control de la estanqueidad del estuche y del alojamiento que comprenden medios de inyección de helio y de detección de helio y/o de medios de control provistos de sensores de presión que reinan en el alojamiento.

15 La presente invención tiene igualmente como objetivo un módulo para el almacenamiento horizontal de combustible nuclear en un estuche, que contiene un apilado de elementos de acuerdo con la presente invención.

El módulo contiene de forma ventajosa solamente elementos que tienen una sección transversal obtenida a partir de un mismo hexágono regular con el fin de formar un apilado compacto que tenga la forma de un paralelepípedo rectángulo.

20 El módulo está rodeado de forma ventajosa por una capa de hormigón en una cara inferior, una cara superior y caras laterales, no estando recubiertas las caras longitudinales de los alojamientos con el fin de dejarlas accesibles para controles de las condiciones de almacenamiento.

#### **Breve descripción de los dibujos**

25 La presente invención se comprenderá mejor con la ayuda de la descripción siguiente y de los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1A es una vista frontal de un ejemplo de modo de realización de un módulo de almacenamiento de acuerdo con la presente invención,
- 30 - la figura 1B es una vista frontal de un único elemento de almacenamiento de acuerdo con la invención,
- la figura 2 es una vista en corte longitudinal de una parte de un elemento de almacenamiento de acuerdo con la presente invención,
- la figura 3A y 3B son representaciones esquemáticas para la realización de elementos de acuerdo con la presente invención,
- 35 - la figura 4 es una vista frontal de otro ejemplo de elementos de acuerdo con la presente invención,
- la figura 5 es una vista detallada de la figura 2.

#### **Exposición detallada de modos de realización particulares**

40 En las figuras 1A y 1B, puede verse una vista frontal de un módulo de almacenamiento 2 de acuerdo con la presente invención que contiene una pluralidad de elementos de almacenamiento 4.1, 4.2, 4.3 apilados y yuxtapuestos.

45 En el ejemplo representado, el módulo 2 contiene elementos de almacenamiento 4.1, 4.2, 4.3 de forma complementaria, con el fin de optimizar el espacio utilizado y, de forma ventajosa, con el fin de poder construir un paralelepípedo rectángulo.

Vamos a describir en primer lugar un elemento de almacenamiento 4.1.

50 El elemento 4.1 tiene una sección transversal formada por un hexágono regular y contiene alojamientos cilíndricos 14 (no visibles en las figuras 1A y 1B) accesibles por una cara lateral 9 del elemento. Cada alojamiento está destinado a recibir al menos un estuche 16 cargado de combustible nuclear irradiado. Los estuches 16 están formados por tubos cerrados en sus extremos longitudinales de manera estanca y cargados de combustible nuclear, en particular de combustible nuclear irradiado.

55 En el ejemplo representado, el elemento contiene siete alojamientos, repartidos en tres niveles, un primer nivel de dos alojamientos, un segundo nivel de tres alojamientos y un tercer nivel de dos alojamientos, siendo los tres niveles paralelos entre sí y a un lado del hexágono.

60 Podría preverse siguiendo el tamaño del elemento que tuviese más o menos alojamientos 14.

El contorno exterior del elemento 4.2 se obtiene tomando una de las porciones del hexágono regular, delimitado por una línea recta A que pasa por dos vértices opuestos del hexágono. Esta sección transversal es entonces en forma de trapecio regular.

65 En el ejemplo representado, este elemento 4.2 contiene dos alojamientos 14.

El contorno exterior del elemento 4.3 se obtiene tomando una de las porciones del hexágono regular, delimitada por una línea recta A que pasa por dos vértices opuestos del hexágono y por una mediatriz B de un lado del hexágono, siendo la línea recta A y la mediatriz B perpendiculares. Esta sección transversal es entonces en forma de trapecio rectángulo.

5 De manera ventajosa, los elementos 4.2, y 4.3 se obtienen a partir del mismo contorno exterior que el del elemento 4.1. De este modo, los elementos 4.1, 4.2, 4.3 son en forma complementaria, facilitando el apilado y aumentando la compacidad del módulo.

10 Vamos a describir ahora el apilado que forma el módulo 2 desde la izquierda hacia la derecha en la figura 1.

En la primera fila I, se disponen un elemento 4.3, después un elemento 4.1, un elemento 4.2, un elemento 4.1 y finalmente un elemento 4.2. Los elementos 4.1, 4.2, 4.3 están en apoyo plano por uno de sus lados.

15 La posición de los elementos 4.1, 4.2 y 4.3 en esta primera fila I se considera la posición en el lugar. La posición de los elementos para las otras filas se dará en relación con su posición en la primera fila I.

La segunda fila II contiene un elemento 4.3 al revés, un elemento 4.1 y un elemento 4.3 al revés.

20 La tercera fila III contiene un elemento 4.3, un elemento 4.1, un elemento 4.1 y un elemento 4.3.

La cuarta fila IV contiene un elemento 4.3 al revés, un elemento 4.2 al revés y un elemento 4.3 al revés.

Dicha disposición forma un paralelepípedo rectángulo

25 Este paralelepípedo se dispone en una chapa 8 de hormigón. Además, se prevén chapas laterales 10 y una chapa superior 12 con el fin de mejorar el confinamiento de las radiaciones. Las chapas laterales 10 y la chapa superior 12 se colocan después de la construcción del módulo.

30 Ningún revestimiento suplementario está previsto al nivel de los extremos longitudinales de los elementos, con el fin de permitir la accesibilidad a los estuches 16 y a los sistemas de control que se describirán a continuación.

Esta configuración de apilado presenta la ventaja de ser autoportadora, lo que evita tener que sellar los diferentes elementos entre sí durante su aplicación.

35 El modulo representado en la figura 1 aplica todos los tipos de elemento de almacenamiento 4.1, 4.2, 4.3 de acuerdo con la invención. Sin embargo, podría contemplarse utilizar solamente un tipo de elemento de almacenamiento de acuerdo con la presente invención.

40 Puede preverse igualmente un elemento 4.4 tal como el representado en la figura 4, para remplazar dos elementos 4.3 dispuestos en los lados del módulo. En este caso, se prevén elementos de mantenimiento del elemento 4.4 en posición vertical del lado exterior del apilado.

45 Un módulo más largo y más alto que el descrito anteriormente no sale del campo de la presente invención. Un módulo de forma diferente no sale igualmente del campo de la presente invención.

Cuando se desee aumentar la capacidad de almacenamiento, basta con añadir elementos y apilarlos de la manera descrita anteriormente.

50 De este modo, puede construirse un módulo de almacenamiento correspondiente a las necesidades en un momento dado y añadir elementos para añadir esta capacidad sin aumentar los costes en relación con una construcción de una vez.

55 De manera ventajosa, se construyen módulos de almacenamiento separados. De este modo, para aumentar la capacidad de almacenamiento, se prevé realizar un nuevo módulo en lugar de ampliar un módulo existente.

Además, la presente invención permite un desmantelamiento simplificado de la unidad de almacenamiento, puesto que basta con destruir las chapas 10, 12 y retirar un par de los elementos 4.1, 4.2, 4.3.

60 La presente invención no se limita a elementos en sección hexagonal o en porción de hexágono, sino a cualquier elemento de almacenamiento cuya forma permite un apilamiento compacto, por ejemplo en sección rectangular, cuadrada, triangular o incluso en sección circular.

Vamos a describir ahora los alojamientos 14 de recepción de los estuches 16.

65 En la figura 2, puede verse un alojamiento 14 que contiene un primer tubo 18 destinado a contener al menos un

estuche 16 en el primer tubo 18. En el ejemplo representado, contiene tres estuches 16 alineados.

El tubo 18 se dispone en un segundo tubo 20 de manera sensiblemente coaxial al mismo, con el fin de hacer un canal anular 19 entre los primer 18 y segundo 20 tubos.

5 El primer tubo 18 se mantiene suspendido en el segundo tubo 20 por medio de bridas 22 dispuestas en cada uno de los primer 24, 26 y segundo 28, 30 extremos longitudinales respectivamente de los primer 18 y segundo 20 tubos. Los primer y segundo tubos se sueldan por ejemplo en las bridas 22.

10 Las bridas 22 tienen una forma exterior adaptada a la forma exterior del elemento. Por ejemplo tienen una forma hexagonal para el elemento 4.1 y una forma trapezoidal para el elemento 4.2.

De manera ventajosa, el primer tubo 18 puede contener en su superficie exterior aletas (no representadas) que mejoren la transferencia de calor y la refrigeración del tubo y de su contenido.

15 Se prevén orificios 32 en las bridas 22 para permitir una admisión de aire en el canal 19 y una salida de aire del canal 19, con el fin de realizar una refrigeración de los estuches por barrido del primer tubo 20. Los medios de refrigeración se disponen, por lo tanto, en caras longitudinales de los elementos y no dificultan el apilado de los elementos.

20 Los orificios 32 se representan en la figura 1B y no en las figuras 3A, 3B y 4.

En el ejemplo representado, se aplican medios de convección artificial (no representados), por ejemplo aplicando ventiladores, para garantizar un flujo de aire a lo largo del primer tubo 18. La aplicación de medios de convección artificial permite garantizar una tasa de flujo importante debido al número importante de orificios.

30 Sin embargo, una refrigeración por convección natural es suficiente, para ello se practican los orificios de entrada de aire en una parte inferior de una de las bridas 22 por debajo del primer tubo 18 y se practican los orificios de evacuación de aire en una parte superior de la otra brida por encima del primer tubo 18.

El primer tubo 18 es, por ejemplo, de acero inoxidable, así como el estuche 16, y el segundo tubo 20 es de hierro fundido.

35 El primer tubo 18 está cerrado de manera estanca en sus primer 24 y segundo 28 extremos por dos tapones 34. Estos tapones 34 se fijan de forma ventajosa en las bridas 22. La figura 5 muestra un detalle de la cooperación del tapón 34 y de la brida 22.

40 Los tapones 34 están provistos, por ejemplo, de tres juntas, dos juntas metálicas 40.1, 40.2 del tipo Hélicoflexe® de aluminio de una vida útil de alrededor de 50 años y una junta periférica 42 de materia sintética del tipo EPDM, tal como la representada en la figura 5. Los tapones 34 se mantienen en las bridas, por ejemplo por medio de tornillos 44 que atraviesan el tapón 34 y se atornillan en la brida 22.

45 Como veremos a continuación en la descripción, el tapón 34 está equipado de forma ventajosa de una toma para efectuar extracciones con el fin de controlar la estanqueidad de los estuches y del sistema de estanqueidad del tapón 34.

Los tapones 34 pueden soldarse igualmente directamente tras el llenado de los tubos 18. En este caso, la estanqueidad de la soldadura podrá controlarse por medios bien conocidos por el experto en la técnica, tal como la inyección de helio.

50 Las bridas 22 sirven igualmente para garantizar la estanqueidad frente a la radiación, participando en la protección biológica de las caras delantera y trasera de los módulos.

55 El elemento contiene igualmente segundos tapones 36 introducidos en el tubo 18, que forman una protección biológica. Los tapones 36 están formados por una masa.

60 Los elementos de acuerdo con la invención contienen un revestimiento exterior 21 de hormigón, que recubre el segundo tubo 20. Puede tratarse de un hormigón estándar, sirviendo el mismo de pantalla contra la radiación gamma. Además, el hormigón permite de forma ventajosa dar una estabilidad al apilado de los módulos en caso de seísmo. Además, permite de forma ventajosa a los módulos resistir al impacto, por ejemplo, de un accidente de avión.

De manera ventajosa, la presente invención ofrece una gran seguridad de confinamiento del combustible nuclear.

65 El aire que sirve a la refrigeración del combustible nunca está en contacto con el estuche, sino únicamente con el primer tubo 18.

Además, el confinamiento se garantiza por

- la ganancia del combustible,
- la soldadura del estuche,
- 5 - el primer tubo 18 y su soldadura en las bridas 22,
- las dos juntas metálicas 40.1, 40.2 y/o la soldadura posible de los tapones del primer tubo 18,
- las juntas de los sistemas de control de estanqueidad.

10 La estanqueidad se garantiza por las dos juntas metálicas 40.1, 40.2 en serie seguida de una tercera junta 42 de elastómero, tal como la descrita anteriormente.

15 El control se efectúa de la manera siguiente: se inyecta helio entre las dos juntas metálicas 40.1, 40.2, se controla a continuación la estanqueidad de la junta metálica intermedia 40.2 conectando el detector de helio entre la segunda junta metálica 40.2 y la junta periférica 42.

Se prevén igualmente medios para controlar las diferentes barreras de confinamiento, por ejemplo por diversas tomas de muestra y un sistema de inyección de helio.

20 El sistema de control de la estanqueidad del estuche 16 se coloca en el tapón 34 de cierre del primer tubo 18 y permite controlar la estanqueidad de los estuches mediante un sistema de detección de helio, habiéndose inyectado el helio en el estuche durante su cierre. De este modo, en caso de detección de helio en el tubo 18, se sabrá que el estuche ya no es estanco.

25 Puede contemplarse igualmente colocar un sensor en el tapón 34 de cierre del primer tubo 18, que detectará la pérdida de confinamiento del estuche 16 por una subida de presión en el primer tubo 18.

El control del sistema de estanqueidad del tapón de cierre 34 del primer tubo 18 se garantiza por una primera toma de inyección de helio colocada entre las dos juntas metálicas descritas anteriormente.

30 Una segunda toma de medida, en la cual se conecta un detector de helio, se coloca entre una junta metálica 40.2 y la junta periférica 42 de materia sintética.

35 Además, esta junta 42, aparte de servir al control de estanqueidad, protege las juntas metálicas 40.1, 40.2 contra la humedad y la corrosión.

Para el control del sistema de estanqueidad del tapón de cierre 34 del primer tubo 18 y del estuche 16, puede preverse presurizar el primer tubo 18 y el estuche 16 a presiones diferentes. De este modo, mediante sensores de presión, puede controlarse de forma indirecta la estanqueidad del estuche 16 o del primer tubo 18.

40 En caso de fuga del estuche 16, va a aumentar la presión en el primer tubo 18, este aumento de presión va a detectarse y a analizarse como una fuga del estuche 16.

45 El medio de control del tubo 18 puede realizarse por inyección de gas trazador en el espacio libre entre los tubos 18 y 20, poniendo este espacio bajo presión.

Vamos a describir ahora la carga de dicho elemento.

50 El estuche se transporta en el interior de un contenedor de transporte que ofrece una segunda barrera biológica y una protección mecánica.

El estuche vacío se coloca en el contenedor, el conjunto se sumerge a continuación en una piscina para la carga del estuche con el combustible nuclear irradiado.

55 Cuando el estuche se ha sellado y el contenedor se ha cerrado, el conjunto se transporta por ejemplo alargado en posición horizontal en un remolque de un camión.

60 Para la aplicación en un elemento de almacenamiento de acuerdo con la presente invención, el contenedor cargado con el estuche se dispone de forma ventajosa en una plataforma elevadora automotriz que garantiza el transporte horizontal del embalaje de transporte y el ajuste vertical para disponer el estuche respecto a una abertura del primer tubo 18.

65 El contenedor se dispone respecto a un elemento de almacenamiento, un dispositivo que permite la abertura del contenedor y del elemento de almacenamiento aislando el ambiente exterior de las radiaciones se interpone entre el contenedor y el elemento de almacenamiento y se conecta a cada uno de manera estanca.

El fondo del estuche y su tapa están equipados de un dispositivo de agarre que permite retirarlo por estos dos

extremos.

Se prevé un medio para transferir el estuche, del contenedor en el elemento de almacenamiento.

- 5 Cuando la transferencia del estuche se termina y el elemento de almacenamiento y el contenedor se cierran, estos se separan.

Se realizan controles de estanqueidad durante toda la duración del almacenamiento.

- 10 La presente invención permite, por lo tanto, realizar un dispositivo de almacenamiento de una seguridad muy grande y que ofrece una capacidad de almacenamiento modulable a un precio de coste muy inferior a las soluciones de almacenamiento actuales. Igualmente, es simple de aplicar.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento para el almacenamiento de combustible nuclear, que contiene al menos un alojamiento (14) de eje longitudinal (X) destinado a disponerse horizontalmente para recibir un estuche (16) cargado de combustible nuclear, unos primer (24) y segundo (28) extremos longitudinales provistos de pasos para acceder al alojamiento y medios de ventilación; **caracterizado porque** dichos pasos se cierran de manera estanca por tapones (34) extraíbles y **porque** los medios de ventilación contienen un canal de refrigeración (19) que rodea el alojamiento (14) y aislado de dicho alojamiento de manera estanca, y orificios (32) de ventilación realizados en las primera y segunda caras del elemento y que desembocan en dicho canal de refrigeración.
- 10 2. Elemento de acuerdo con la reivindicación 1, que tiene una sección transversal formada por al menos una porción de un hexágono regular.
- 15 3. Elemento de acuerdo con la reivindicación 2, que tiene una sección transversal formada por un hexágono regular.
4. Elemento de acuerdo con la reivindicación 2, que tiene una sección trasversal formada por un trapecio regular obtenido cortando un hexágono regular por una línea recta (A) que pasa por dos ángulos opuestos de dicho hexágono.
- 20 5. Elemento de acuerdo con la reivindicación 2, que tiene una sección transversal formada por un trapecio rectángulo obtenido cortando un hexágono regular por una línea recta (A) que pasa por dos ángulos opuestos de dicho hexágono y por una mediatriz (B) de dicho hexágono, siendo la línea recta y la mediatriz perpendiculares.
- 25 6. Elemento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que contiene un primer tubo (18) que delimita el alojamiento (14) y cerrado de manera estanca por los tapones (34), estando dicho primer tubo (18) destinado a estar en contacto directo con al menos un estuche (16), y rodeado por el paso de refrigeración (19), y un segundo tubo (20) que delimita con el primer tubo (18) el canal de refrigeración (19), estando el segundo tubo (20) rodeado de hormigón.
- 30 7. Elemento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el cual el primer tubo (18) se mantiene suspendido en el segundo tubo (20) por medio de bridas (22) fijadas a los extremos longitudinales (24, 26, 28, 30) de los primer (18) y segundo (20) tubos y en los cuales se realizan los orificios (32) de ventilación, recibiendo dichas bridas los tapones (34) y formando las caras longitudinales del elemento.
- 35 8. Elemento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el cual los tapones (34) se sueldan en las bridas (22).
9. Elemento de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el cual se prevén juntas metálicas (40.1, 40.2) y una junta de material sintético (42) entre los tapones (34) y las bridas (22).
- 40 10. Elemento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que contiene medios de control de la estanqueidad del estuche (16) y del alojamiento (14).
- 45 11. Elemento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el cual los medios de control contienen medios de inyección de helio y de detección de helio.
12. Elemento de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el cual los medios de control contienen sensores de la presión que reinan en el alojamiento (14).
- 50 13. Módulo para el almacenamiento horizontal de combustible nuclear en un estuche, que contiene un apilado de elementos (4.1, 4.2, 4.3) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
14. Módulo de acuerdo con la reivindicación anterior en combinación con la reivindicación 2, en el cual todos los elementos (4.1, 4.2, 4.3) tienen una sección transversal obtenida a partir de un mismo hexágono regular con el fin de formar un apilado compacto.
- 55 15. Módulo de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, rodeado por una chapa (8, 10, 12) de hormigón en una cara interior (8), una cara superior (12) y caras laterales (12), no estando recubiertas las caras longitudinales de los alojamientos (14).

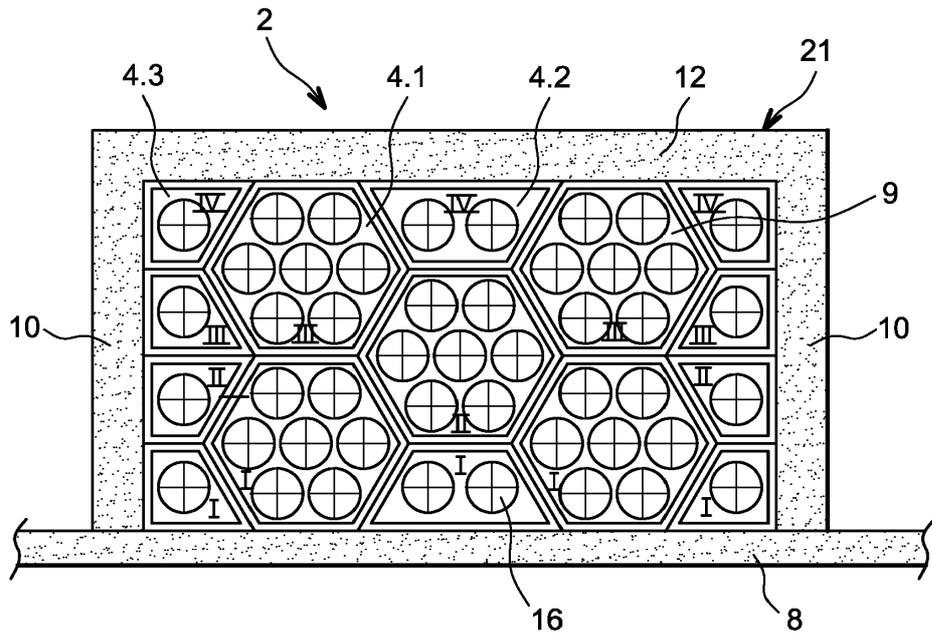


FIG. 1A

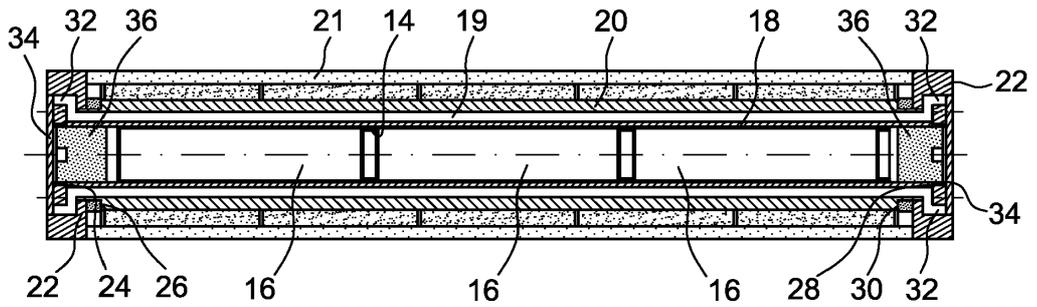


FIG. 2

FIG. 1B

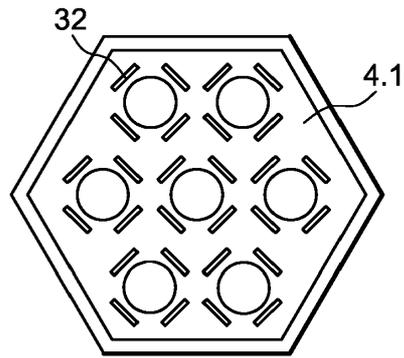


FIG. 3A

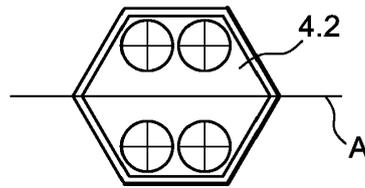
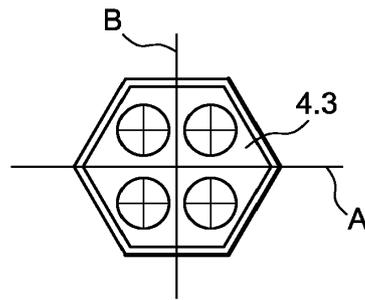


FIG. 3B



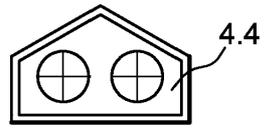


FIG. 4

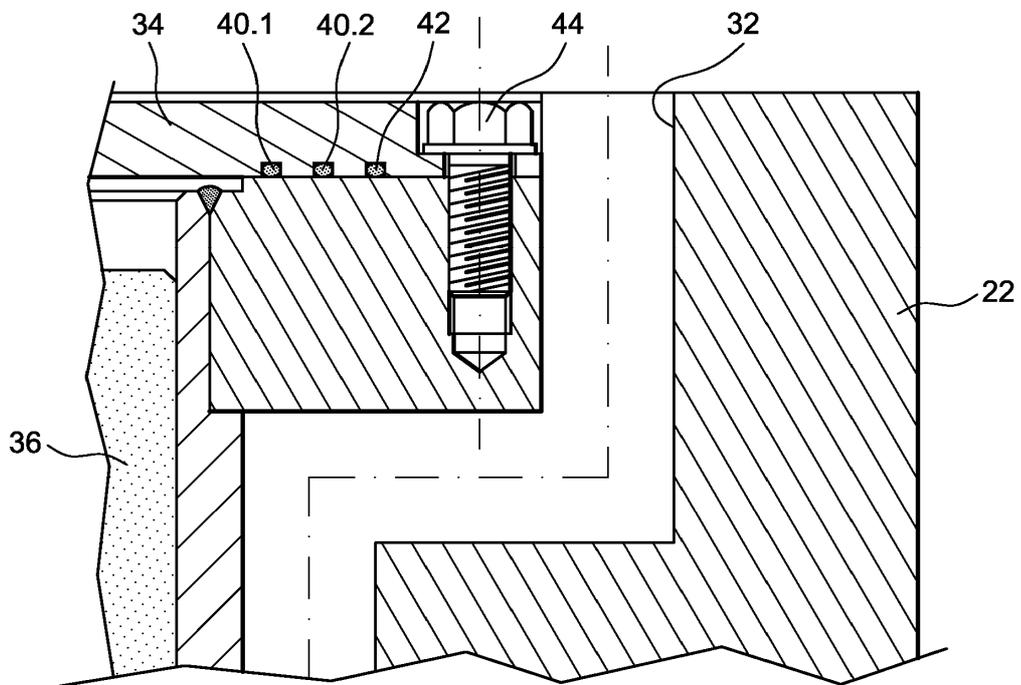


FIG. 5