

AÑO 1959

Expediente núm. _____



246662

REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

PATENTE DE INVENCIÓN

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de

una **PATENTE DE INVENCIÓN** por **VEINTE** años, en España

a favor de

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION, de nacionalidad
norteamericana domiciliado en Washington, D.C., Esta-
dos Unidos de América. núm. _____

por:

"UN REACTOR NEUTRÓNICO ENFRIADO POR GAS"

Nº 12446

Agente Sr. ELZABURO



59

246662

MEMORIA DESCRIPTIVA
para solicitar
P A T E N T E D E I N V E N C I O N
en
E S P A Ñ A
por VEINTE años

a nombre de UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION, entidad norteamericana, establecida en Washington, D.C., Estados Unidos de América, por:

" UN REACTOR NEUTRONICO ENFRIADO POR GAS."

La presente invención se refiere en general al ramo de los reactores neutrónicos, y más especialmente a nuevos reactores de potencia, refrigerados por gas, que exhiben elevados índices de consunción o agotamiento del combustible.

5 La terminología que se indica a continuación se utiliza en esta Memoria con el significado que se define a continuación:

PARTE ACTIVA DEL REACTOR (núcleo):

10 Aquella parte interna de un reactor neutrónico que contiene material escindible o fisionable, y se caracteriza por



246662

una constante de multiplicación (k) mayor que la unidad. A veces se utiliza el símbolo (k_{∞}) para representar la constante de multiplicación (k).

MATERIAL MODERADOR.

5

Un material no gaseoso para el cual la relación $\frac{\xi \Sigma_s}{\Sigma_a}$ es mayor que 10, siendo ξ la pérdida media en el logaritmo de la energía de un neutrón rápido por colisión elástica con el material, Σ_s la sección recta de diseminación elástica térmica de neutrones por átomo del material, y Σ_a la sección recta de absorción térmica de neutrones por átomo del material.

10

DENSIDAD DE ENERGIA.

Calor producido en un reactor por unidad de volumen de la parte activa de dicho reactor. Se expresa por lo general en unidades tales como kilovatios/litro.

15

EXPOSICION DE COMBUSTIBLE.

Energía total extraída por unidad de peso de combustible, expresada generalmente en megavatios - días, por tonelada.

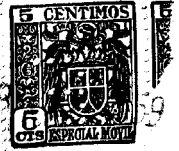
20

La terminología no definida aquí específicamente se utiliza en el sentido en que se emplea en la obra Principles of Nuclear Reactor Engineering (principios de ingeniería de los reactores nucleares), por Samuel Glasstone, editada por D. Van Nostrand Co., Inc., Nueva York, (1955). Pueden encontrarse descripciones detalladas de la teoría de los reactores, así como de su construcción y funcionamiento, en la obra de Glasstone, en la Patente Número 2.708.656, concedida el 17 de Mayo de 1.955 al cesionario común, a nombre de E. Fermi y L. Szilard, y en la Patente Número 2.780.595 concedida el 5 de Febrero de 1.957 al cesionario común, a nombre de E. Fermi.

25

30

Es ya sabido que la energía creada en los reactores neutrónicos por la fisión de ciertos isótopos puede extraerse de



246662

Los mismos mediante un grupo de refrigerantes, incluidos algunos gases. No obstante, el esfuerzo principal se viene dirigiendo hasta ahora en los Estados Unidos para desarrollar reactores con refrigeración por líquidos. Esta concentración de esfuerzo viene estando justificada hasta producirse la invención de la presente solicitud, porque los reactores refrigerados por gas han venido manifestando muchas deficiencias.

Los anteriores reactores de refrigeración por gases vienen siendo alimentados, como combustible, con uranio natural, el cual, aun cuando constituye el combustible menos costoso, exige en verdad un tamaño de reactor extremadamente grande, con bajas densidades de energía. Además, los reactores refrigerados por gas vienen exhibiendo unos índices de exposición de combustible relativamente cortos, debido a la deformación del combustible y a la reducida cantidad de reactividad inicial en exceso que se puede obtener del combustible natural. Como un reactor neutrónico funciona con un exceso de reactividad cero, o un factor de multiplicación efectivo igual a la unidad, el índice de consumo de combustible y la formación de productos de fisión perjudiciales, que absorben neutrones, hacen que el factor de multiplicación efectivo decaiga por bajo del valor (unidad) necesario; por consiguiente, el exceso de reactividad, que se forma inicialmente en el reactor pero al que inicialmente se le impide, merced a unos medios de control, que contribuya al flujo neutrónico durante el funcionamiento, debe permitirsele continua y gradualmente contribuir a la reacción en cadena para mantener el esencial factor de multiplicación. Cuando este exceso de reactividad alcanza cierto valor mínimo tal que el factor de multiplicación efectivo no pueda ya prácticamente ser mantenido igual a la unidad, es preciso reemplazar, al menos parcialmente, el combustible

246662



de la parte activa. Cada unidad de combustible que se coloca en un conjunto de reacción nuclear tiene, por tanto, un tiempo de "vida" o duración definida que viene gobernado, en parte, por la concentración inicial de material fisionable en dicha unidad. Como consecuencia, los reactores alimentados con combustible natural se vienen caracterizando por unos tiempos o índices de consunción del combustible relativamente breves.

Además, la exposición del combustible viene limitada por la degradación física y el deterioro del combustible. Cuando se utiliza uranio natural, la elección de los materiales estructurales se encuentra limitada por el hecho de que se eliminan todos los materiales excepto aquellos que presenten unos valores extremadamente reducidos de sección recta de absorción de neutrones.

Los gases, son, como agentes de transmisión del calor, bastante deficientes, lo que hace que, para un área dada de transmisión de calor, un gas extraiga mucho menos calor que un líquido, en circunstancias semejantes. Como consecuencia, las densidades de energía de los reactores refrigerados por gas, anteriores a este invento, han venido siendo muy bajas, exigiendo con ello elevadas inversiones de capital. Como la inversión de capital en un reactor nuclear debe ser amortizada por los ingresos obtenidos de la energía producida en el reactor, los costes de energía resultan, por tanto, elevados en los reactores que exigen gran inversión de capital.

Los reactores de uranio natural, con moderador de grafito, ya conocidos, se viene caracterizando además, por poseer un coeficiente positivo de reactividad por temperatura (de moderador) al cabo de largos periodos de funcionamiento de los reacto



18

246662

res. Un coeficiente de reactividad por temperatura positivo representa una característica muy inconveniente, ya que la seguridad inherente a un reactor que presente tal coeficiente se reduce notablemente. Aun cuando con un adecuado proyecto y realización del mando o control, que implica un gasto adicional, se pueden reducir al mínimo los riesgos asociados al funcionamiento de un reactor que manifieste un coeficiente positivo, la desventaja sigue en pie y es preciso tenerla en cuenta al establecer la comparación entre reactores refrigerados por gas y por líquido.

Los reactores de uranio natural, con moderador de grafito, vienen presentando asimismo la desventaja de que los coeficientes de reactividad por temperatura del combustible, aun cuando fueran negativos, no lo eran lo bastante para proporcionar el conveniente factor de seguridad con respecto a los efectos transitorios de cambios de temperatura sobre la reactividad.

Parece ser que con la utilización de combustible enriquecido en el isótopo 235 del uranio se han podido obviar algunas de las desventajas arriba expuestas. No obstante, el coste del combustible aun ligeramente enriquecido es muy elevado y, como consecuencia, se ha venido aceptando hasta ahora el hecho de que las ventajas a obtener mediante el empleo de un combustible enriquecido no serían suficientes para compensar los mayores costes de combustible resultantes de este empleo.

Por consiguiente, se vienen aceptando las desventajas inherentes de los reactores refrigerados por gas y alimentados con uranio natural como combustible, habiéndose dirigido hasta ahora el esfuerzo principal, en lo concerniente a reactores refrigerados por gas, hacia el desarrollo de los reactores alimentados con uranio natural, y no hacia la eliminación o reducción

246662



de estas desventajas al mínimo mediante enriquecimiento.

Es, por lo tanto, objeto general de nuestra invención, un nuevo género de reactores refrigerados por gas capaces de producir energía a un coste inferior que la producida por los reactores refrigerados por gas conocidos hasta ahora.

Otro objeto de esta invención, es un nuevo género de reactores neutrónicos refrigerados por gas, que se caracterizan por poseer elevadas densidades de energía.

Otro objeto de esta invención consiste en un nuevo género de reactores neutrónicos refrigerados por gas que exhiben un coeficiente negativo de reactividad por temperatura durante todo el tiempo de su funcionamiento.

Otro objeto de esta invención es un nuevo género de reactores neutrónicos refrigerados por gas capaces de funcionar a elevada temperatura (por ejemplo, a temperaturas de salida de refrigerante superiores a unos 538°C.).

Otro objeto más de la presente invención consiste en un nuevo género de reactores neutrónicos refrigerados por gas, en los que el proyectista del reactor puede emplear una mayor variedad de materiales de estructura que los proyectistas de los reactores refrigerados por gas conocidos hasta ahora.

Estos y otros objetos de la presente invención se desprenden, para toda persona entendida en la materia, de la descripción que sigue de nuestro invento, tomada en unión de los dibujos adjuntos en los cuales:

- la figura 1 es un gráfico que indica la relación existente entre la separación de retícula o celosía y el factor de multiplicación.

- la figura 2 es un gráfico del coeficiente de reactividad de temperatura del moderador en función de la exposición



246662

de combustible en los reactores conforme a la presente invención.

- la figura 3 es un alzado, parcialmente en sección, de una realización de reactor y su equipo asociado.

5 - la figura 4 es una sección parcial vertical del núcleo del reactor.

- la figura 5 es una vista parcial en planta del reflector superior del reactor.

10 - la figura 6 es una perspectiva, parcialmente en sección, de un bloque de material moderador con combustible, procedente del núcleo del reactor.

- la figura 7 es una perspectiva de un suspendedor de elementos combustibles.

15 - la figura 8 es una perspectiva de un separador inferior de elementos combustibles.

- la figura 9 es una vista en despliegue, parcialmente en sección, de una cápsula de combustible y estructuras de suspensión y de separador inferior asociadas.

20 - la figura 10 es una vista en planta de un grupo de veinticinco canales del núcleo del reactor.

- la figura 11 es un alzado vertical, parcialmente en sección, de un tubo de carga de elemento combustible y la estructura a él asociada.

25 - la figura 12 es una sección parcial de un conjunto de tenazas para agarrar elementos combustibles.

- la figura 13 es una segunda vista parcial en sección del conjunto de tenazas, después de un giro de 90° alrededor del eje principal de la vista de la figura 12.

30 Conforme a los principios de la presente invención, se habilita una parte activa perfeccionada para reactores cargados



2 4 6 6 6 2

de combustible refractario, que comprende: un moderador refractario sólido dotado de una multiplicidad de canales de refrigerante que lo atraviesan; una multiplicidad de masas discontinuas portadoras de combustible fisiónable suspendidas en tensión en los canales y que contiene de aproximadamente 1 a aproximadamente 4% en peso de U^{235} ; un refrigerante gaseoso adaptado para ser pasado continuamente por los canales; y medios para regular la reactividad de la parte activa.

Qualquier combustible refractario fisiónable es adecuado para su empleo en el reactor de la presente invención. No obstante, se prefieren los óxidos de uranio en general, y especialmente el UO_2 como consecuencia de sus propiedades, que más adelante se estudian.

Hemos descubierto que la utilización de un combustible fisiónable que contenga de aproximadamente 1 a aproximadamente 4% en peso de U^{235} , en un reactor refrigerado por gas, proporciona ventajas no obtenibles hasta ahora en reactores refrigerados por gas, y tiene como consecuencia una notable economía en el coste de la producción de energía, en comparación con los reactores anteriores alimentados con uranio natural. El uso de combustible enriquecido nos ha permitido emplear materiales de construcción más fuertes, tales como el acero inoxidable, y combustibles refractarios de alta temperatura, tales como el UO_2 . El empleo del acero inoxidable, que manifiesta una resistencia mecánica relativamente elevada a altas temperaturas, nos ha permitido mantener una mayor temperatura en el gas de salida. Además, la utilización del UO_2 ha dado como resultado un elemento combustible que no experimenta la deformación característica del uranio metálico, resultando de ello una mayor duración útil del combustible.



246662

Mediante enriquecimiento dentro de los márgenes que prescribimos, que son superiores a los del enriquecimiento necesario para la simple criticalidad, hemos descubierto que el efecto inficionante nuclear del Pu^{240} producido puede ser superado hasta un grado tal que se llega a un punto en el que el Pu^{240} , que actúa como material fértil, empieza a producir Pu^{241} fisionable en cantidad tal que contribuye a la reactividad del sistema de manera apreciable, efectuando de ese modo un aumento en la duración útil de reactividad.

Como consecuencia del aumento de duración útil de reactividad, recién expuesto, los costes globales de combustible de un reactor refrigerado por gas que utilice combustible enriquecido, son inferiores a los ya indicados, y, en esencia, comparables a los costes de combustible de los sistemas alimentados con uranio natural.

Otro efecto del enriquecimiento consiste en que permite emplear una pequeña separación de celosía, facilitando la colocación de una mayor cantidad de combustible en un volumen dado de núcleo del reactor, lo que da lugar a mayores densidades de energía que las que pueden obtenerse en sistemas naturales comparables. Si se llevan a un gráfico los valores de k_{∞} en función de la separación de celosía o reticular, resultará una curva, para cualquier índice dado de enriquecimiento, y para una geometría dada del elemento combustible, que pasará por un máximo para un valor óptimo de la separación de celosía, decayendo a uno y otro lado de dicho máximo. La figura 1 representa un gráfico de este tipo, hecho para tres índices de enriquecimiento, y se utiliza en este lugar solamente con fines ilustrativos. Por la figura 1 puede verse que un aumento de enriquecimiento trae consigo un aumento en el factor k_{∞} del sistema para cualquier



246662

valor de separación de celosía dado, y que existe un valor definido de dicha separación con el cual k_{∞} es máximo para cada índice de enriquecimiento. No obstante, es posible, reduciendo la separación de celosía, aumentar la cantidad de combustible fisio-
5 nable por unidad de volumen de la parte activa e incrementar así la densidad de energía del sistema. Para valores reducidos de enriquecimiento, o en ausencia de enriquecimiento (esto es, si se utiliza uranio natural) el exceso de k_{∞} sobre la unidad es muy pequeño; por lo tanto, es imposible reducir la separación de ce-
10 losía hasta el grado deseado en sistemas de bajo enriquecimiento.

Por otra parte, en los sistemas enriquecidos, donde el exceso de k_{∞} sobre el valor necesario en el punto crítico es ma-
yor, puede sacrificarse una magnitud relativamente pequeña de reactividad para obtener mayores densidades de energía. Como el
15 enriquecimiento que prescribimos para los reactores de la presente invención es lo bastante alto para permitir una reducción de la separación de celosía, estos reactores se caracterizan por unas densidades de energía mayores que las presentes en reacto-
res refrigerados por gas conocidos hasta ahora.

20 La reducción de dicha separación de celosía trae como consecuencia natural una disminución en la relación de moderador a combustible fisionable, que da lugar a su vez a la obtención de una parte activa que contiene un mayor número de neutrones epi-
25 térmicos; como la magnitud de las secciones de núcleos depende de la energía neutrónica, resulta de ello un cambio en la distribución de los reactores neutrónicos, dentro de la parte activa del reactor. Por ejemplo, un aumento de energía neutrónica puede dar lugar a un cambio, en la sección recta de un núcleo, mayor que el cambio de sección recta de un núcleo diferente, alterando
30 de ese modo las velocidades de reacción de estos núcleos en grado

246662



59

distinto. El efecto de este cambio del espectro neutrónico, como consecuencia de una alteración en la distancia de separación de celosía, sobre las características del reactor es, a primera vista, extremadamente imprevisible. En el género de reactores objeto de nuestra invención, el aumento de neutrones epitérmicos ha dado lugar a una eliminación fortuita de una de las principales desventajas de los reactores refrigerados por gas hasta ahora conocidos. Hemos descubierto que nuestros reactores se caracterizan por tener coeficientes negativos de reactividad por temperatura de moderador durante toda su vida útil. Con referencia a la figura 2, que es un gráfico representativo de la relación existente entre la exposición de combustible y el coeficiente de reactividad de temperatura del moderador para varias temperaturas neutrónicas, puede verse que el coeficiente de temperatura que exhiben nuestros reactores es siempre negativo. Como ya se ha dicho, los reactores refrigerados por gas conocidos hasta ahora sufrían del inconveniente de que los coeficientes de temperatura del moderador se hacían fuertemente positivos al cabo de tiempos de exposición de combustible relativamente breves. Por ejemplo, los reactores británicos de Calder Hall presentan un coeficiente de reactividad por temperatura de moderador fuertemente positivo al cabo de una exposición de combustible de aproximadamente 1000 MWD/T (megavatios-día por tonelada).

El coeficiente de reactividad de temperatura del moderador, tal como se considera en lo que antecede puede representarse mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{K_{ef}} \frac{dK_{ef}}{dT_m} = \frac{1}{f} \frac{df}{dT_m} + \frac{1}{\eta} \frac{d\eta}{dT_m} - \tau B^2 \frac{1}{dT_m} \frac{d\tau}{dT_m} -$$

30

246662

18



$$-\frac{L^2 B^2}{1+L^2 B^2} \frac{1}{L^2} \frac{dL^2}{dT_m} - M^2 B^2 \frac{1}{B^2} \frac{dB^2}{dT_m} - \frac{P}{1+P} \frac{dP}{dT_m}$$

5 en la que T_m es la temperatura del moderador, P es la relación entre las velocidades de absorción de neutrones en los productos de fisión ineficientes o corruptores en el combustible, y los restantes símbolos son los utilizados normalmente en la teoría (véase Glasstone, op. cit., pp. 217/220).

10 El coeficiente de reactividad por temperatura de combustible tiene más importancia, con respecto a los efectos transitorios de temperatura, que el coeficiente de temperatura del moderador. El coeficiente de temperatura del combustible puede representarse por la siguiente ecuación:

15

$$\frac{1}{K_{ef}} \frac{dK_{ef}}{dT_f} = \frac{1}{E} \frac{dE}{dT_f} + \frac{1}{P} \frac{dP}{dT_f}$$

20

donde T_f es la temperatura del combustible, y los restantes símbolos son los empleados normalmente en la teoría de los reactores (véase Glasstone, O., cit.). Con respecto a este coeficiente, asimismo nuestros reactores son ventajosos en comparación con los reactores de uranio natural y moderador de grafito conocidos hasta ahora. Nuestros reactores tienen un coeficiente de reactividad por temperatura de combustible más negativo en todo el tiempo de duración útil del combustible, proporcionando de ese modo un mayor factor de seguridad en relación con los efectos transitorios de temperatura.

25

30

Los reactores conforme a la presente invención son ventajosos todavía en otro aspecto, en el cual los refrigerados por



246662

gas conocidos hasta ahora eran desventajosos. La exposición de combustible, en reactores ya conocidos, viene estando limitada hasta cierto punto por la deformación mecánica del combustible. Este problema se ha reducido al mínimo en gran extensión mediante la presente invención, de dos maneras. En primer lugar, mediante el enriquecimiento del combustible hemos llegado a poder utilizar materiales más robustos para la construcción del elemento combustible, por ser menos decisiva la economía de neutrones en sistemas enriquecidos que en los sistemas naturales; y hemos podido utilizar combustibles refractarios que no presentan la deformación mecánica característica de otros combustibles, especialmente el uranio metálico. En segundo lugar, hemos procedido a suspender el combustible en tensión en nuestros reactores dejando un extremo libre, para absorber cualquier deformación que pueda ocurrir. Al mantenerse los elementos combustibles en tensión, se elimina el encorvamiento de columna producido por debilitamiento bajo carga de compresión.

Se proveen además, por la presente invención, nuevos medios de soporte de una masa de combustible en tensión en el interior de la parte activa de un reactor, que comprende una masa apreciable de un moderador de neutrones sólido dotado de una multiplicidad de canales que la atraviesen verticalmente, teniendo cada uno de los canales al menos dos entrantes longitudinales de guía espaciados por igual alrededor de su periferia, una multiplicidad de suspendedores de combustible, cada uno de los cuales está provisto de al menos dos órganos salientes adaptados para entrar y deslizarse en el interior de los entrantes longitudinales, y medios dispuestos en un lugar, al menos, a lo largo de cada uno de los canales para impedir que los suspendedores de combustible se deslicen en el interior de los entrantes longi



46662

tudinales.

5 Los medios de soporte que hemos dispuesto son únicos en su género por el hecho de que pueden sostener pesadas masas de combustible con un mínimo de aparato estructural ajeno al combustible propiamente dicho. El moderador mismo del reactor, por medio de los entrantes habilitados en las paredes de los canales que lo atraviesan, guía todos los elementos combustibles hacia su lugar apropiado en el interior del reactor. Además, la masa de moderador, en la realización preferida, soporta asimismo la carga completa de combustible, 10 eliminando con ello la necesidad de que haya una estructura absorbente de neutrones para apoyo de la carga en el interior de la parte activa.

15 Para describir la presente invención aún con mayor detalle, utilizando una realización específica como ejemplo ilustrativo de la misma, se hace referencia en primer lugar a la figura 3, que es una vista en sección de una realización de reactor y su equipo asociado.

20 El núcleo o parte activa del reactor 1, que consiste esencialmente en una formación cilíndrica recta circular de bloques de grafito apilados, está rodeado de un reflector de grafito 2 que lo abraza por completo, y sostenido por una plataforma 3. Una envoltura esférica de presión 4 circunda por completo el núcleo y el reflector, y forma parte integrante del 25 pasaje de circulación del refrigerante. El helio frío, que se hace circular mediante un ventilador 5, entra en la envoltura de presión a través del conducto 6 (tubo frío), que penetra en esta última por su plano ecuatorial. Una parte del gas de entrada baja por ésta hasta el fondo del núcleo del reactor, fluyendo 30 luego hacia arriba a través de unos canales de refrigerante



18
246662

5 dispuestos en el núcleo o parte activa, y desembocando en el espacio 7 definido por un colector de salida 8 y por la parte alta del reflector de grafito 2. El colector de salida 8 está fijado a la parte alta del núcleo del reactor de manera hermética a los gases con respecto a ésta. La otra parte del gas de entrada se hace circular hasta la región superior de la envoltura de presión y entra en el colector de salida por alrededor de los tubos de carga (que más adelante se describen), reuniéndose con la primera porción del gas refrigerante. La corriente de helio caldeado se retira luego, en su totalidad, del reactor por medio de un conducto de salida 10 (tubo caliente) y se hace pasar a un generador de vapor 11. En realidad, el reactor está provisto de cuatro generadores de vapor y bucles o circuitos de refrigeración idénticos al representado en la figura 3.

10 El reactor entero, incluida la envoltura de presión, está completamente rodeado de una pantalla protectora de hormigón 12 a través de la cual se hace circular aire refrigerante utilizando un ventilador 13 y unos canales de aire 14. Después de circular por el sistema de protección, el aire se hace pasar por un filtro 15 y se expulsa a la atmósfera a través de una chimenea 16. Un pozo de descarga de combustible 17, que sirve también de entrada de aire, comunica con un tunel de descarga 18. El tunel está provisto de un carretón 19 para el transporte de elementos combustibles gastados a un estanque de almacenamiento.

25 Con referencia ahora a las figuras 4 y 5, que son unas vistas en sección vertical y horizontal, respectivamente, del núcleo del reactor y del reflector que lo abraza, se ven dispuestas ocho capas cilíndricas (A y H) horizontales, verticalmente



246662

apiladas, de bloques de grafito. Las capas A y H, que consti-
tuyen los reflectores superior e inferior, respectivamente,
constan de bloques de grafito rectangulares. Las capas B y G
son capas de combustible y, por consiguiente, comprenden la
5 parte activa del reactor, consistiendo en una multiplicidad
de bloques de grafito apilados. La parte exterior de cada ca-
pa constituye el reflector lateral del reactor, que forma una
figura de veinticuatro lados. Se disponen veinticuatro lados
biselando o achaflanando las columnas periféricas del reflec-
tor lateral. Cada uno de los bloques de grafito, con la excep-
10 ción de los comprendidos en el reflector lateral, está provis-
to de un canal axial 20, un piloto centrado 21 en su extremo in-
ferior y un agujero retaladrado centrado 22 en su extremo supe-
rior, como se aprecia con más detalle en la figura 6. Cada blo-
15 que moderador puede estar hecho en dos porciones, como indica
la figura 6, o bien alternativamente puede hacerse de un solo
bloque de grafito, siendo distintas las operaciones de mecani-
zado en los dos casos. El piloto de cada bloque está adaptado
para ajustar en el agujero retaladrado del bloque que se en-
20 cuentra inmediatamente debajo de él, de modo que los bloques
quedan alineados al ser apilados verticalmente. En el núcleo
del reactor se apilan verticalmente ocho bloques (6 con combus-
tible más 2 reflectores), dando un canal vertical continuo.
Así se forman, de la manera indicada en las figuras 4 y 5,
25 1.597 canales. Siete aros de retención 23 se apoyan sobre una
multiplicidad de placas 24, que se apoyan a su vez en los blo-
ques reflectores de grafito, impidiendo de ese modo todo despla-
zamiento lateral de las ocho capas de bloques, unas respecto de
las otras.

30

Rodeando el reflector de grafito hay un telón de boro



185
246662

(no representado) que absorbe una elevada proporción de los neutrones térmicos que se escapan del núcleo del reactor, reduciendo así al mínimo los esfuerzos térmicos en el recipiente de presión y la radiación gamma de captura de neutrones que inciden en la pantalla de protección biológica. El telón está hecho de una multiplicidad de láminas de vidrio pyrex enfundadas en plancha de acero para impedir la dispersión de trozos de vidrio en el caso de que éste llegara a sufrir fractura, bien por causas mecánicas o como consecuencia de una prolongada irradiación neutrónica.

Además, hay canales verticales 25 de sección recta cuadrada, para varillas de control, dispuestos para recibir en ellos 61 varillas de control de plata forradas de acero inoxidable. Los canales cuadrados están distribuidos a través del reactor 10 según una celosía o retícula cuadrada con una separación de 101,6 cm. como se indica en la figura 5 y se forman biselando las esquinas adyacentes de cuatro columnas de bloques contiguas.

Haciendo referencia conjunta a la figura 6, que es una vista de un bloque de combustible con un elemento combustible colocado en el mismo, y a las figuras 7, 8 y 9, que son vistas de detalle de un elemento combustible, cada bloque de grafito taladrado del reactor está provisto de dos entrantes longitudinales de guía, 26 y 27, sensiblemente opuestos. Las ocho capas de bloques se apilan de modo que los entrantes guías que hay en los bloques, en cualquier capa de cualquier columna vertical, están alineados con los entrantes de guía que hay en los bloques de las demás capas de aquella columna, quedando así cada canal provisto de dos entrantes guías continuos, verticalmente dispuestos. Cada bloque de carga de combustible, tal como el



246662

bloque representado en la figura 6, está provisto además de un par de entrantes circunferenciales 28 y 29 que comunican con los entrantes longitudinales guidores 26 y 27 de la menra indicada. Estos entrantes tiene preferiblemente la configuración de una ranura helicoidal con pendiente hacia abajo.

La figura 7 representa un suspendedor de combustible adaptado para acarrear siete cápsulas de combustible. Cada suspendedor de combustible en el reactor tiene dos miembros salientes o correderas 30 y 31 adaptadas para cooperar en contacto deslizante con el interior de los entrantes guidores longitudinales 26, 27 y los entrantes circunferenciales 28, 29 antes descritos. En el interior de cada bloque de grafito, en la parte activa del reactor (capas B a G, excluido el reflector lateral), va dispuesto un elemento completo de combustible, que consta de un suspendedor (figura 7) un separador inferior (figura 8) y siete cápsulas de combustible (figura 9).

Cada suspendedor está provisto de siete agujeros 32, uno de ellos central y los otros seis dispuestos según los vértices de un exágono, y cada separador inferior tiene asimismo siete agujeros 33 dispuestos según un diseño semejante, de modo que un suspendedor y un separador inferior correspondiente admitirán siete cápsulas de combustible manteniéndolas separadas y paralelas, unas en relación con otras. Las cápsulas de combustible, de acero inoxidable, cada una de las cuales consta de un casquete inferior 34, un casquete superior 35 y un cuerpo tubular 36 soldado entre los casquetes extremos, llevan unos tacos 37 cilíndricos huecos de combustible de UO_2 y unos separadores extremos 38 de MgO . Para el montaje de cada cápsula de combustible entre un suspendedor y un separador de fondo se disponen dos tuercas, 39 y 40. La parte de varilla roscada 41 del casquete

18 FEB 1954
246662



extremo inferior es hueca y sirve de medio de evacuación y purga de la cápsula de combustible durante la fabricación. Los tacos de combustible de uranio 37 se fabrican a base de partículas de UO_2 comprimidas y sinterizadas. Los dos separadores extremos 38 (de los cuales solamente se representa uno en la figura 9) sirven simplemente para rellenar los casquetes extremos hemisféricos y mantener el combustible en el interior de la parte tubular de la cápsula de combustible. Pueden adecuadamente fabricarse a partir de magnesia de calidad refractaria comprimida y sinterizada hasta obtener una densidad de $2,2 \text{ g/cm}^3$. El canal vertical central se obtiene en el interior de cada cápsula de combustible en virtud del diseño cilíndrico hueco de los tacos de combustible, y proporciona espacio para la recogida y retención de los productos de fisión gaseosos.

En un funcionamiento prolongado del reactor pueden producirse dificultades por desprendimiento de fragmentos de UO_2 de las superficies interiores de los tacos huecos de combustible, y acumulación de los mismos en el fondo del canal de cada cápsula dando así lugar a recalentamientos locales. Esto puede impedirse dotando a los canales de las cápsulas de combustible de un tubo o una varilla porosa que comprende un material cerámico refractario tal como óxido de magnesio.

Volviendo a la figura 3, con el número 39 se designa la situación del piso de operaciones, desde el cual se carga el reactor.

Hay una multiplicidad de tubos de carga 9 que atraviesan la pantalla protectora y la envoltura de presión del reactor, comunicando así con el núcleo o parte activa de éste. Como el reactor tiene 1597 canales de combustible, harían falta 1597 conductos de carga si se utilizara un conducto de carga para servir solamente un canal, y se tendrían 1597 penetraciones, con todos sus incon

246662



venientes, de la envoltura de presión. Ahora bien, el núcleo del reactor está hecho, como se indica en la figura 5, de grupos cuadrados de veinticinco canales cada uno (habiendo, naturalmente, unos grupos periféricos en forma de cuadrados incompletos con menos canales). La intersección de dos cualesquiera de las líneas, tales como 40 y 41, da la situación del canal central de un grupo cuadrado de veinticinco canales. Uno de tales grupos cuadrados de veinticinco canales se representa en detalle en la figura 10, designándose con el número de referencia 43 el canal central de ese grupo.

Volviendo a la figura 11, que es una vista en detalle de un tubo de carga, cada tubo de carga 9 se extiende desde el piso de operaciones 39, a través del colector de salida 8, hasta una posición determinada en el interior del espacio 7 de la figura 3. El tubo está provisto por su extremidad superior de un tapón protector desmontable 44, y una válvula 45 movida por motor. En el interior de tubo de carga va situada una varilla de control 46, suspendida por un cable 47 que es accionado por un torno 48 movido por motor. Para cada una de las secciones o grupos de veinticinco canales, ya descritas, se dispone un tubo de carga, situado directamente encima del canal central de cada sección. (La figura 10 ilustra la situación del tubo de carga 9 con respecto al canal central 43 y a la varilla de control 46). Cada tubo de carga está adaptado asimismo para recibir un dispositivo cargador, denominado aquí conducto de carga, que se designa con el número 49 en la figura 11. El conducto de carga se extiende desde el piso de operaciones (el conducto de carga se representa parcialmente fracturado y desprendido en la figura 11 para permitir la ilustración de la válvula y del tapón protector) hasta una azo-



18 FEB 1973

246662

ta de carga 50 que descansa en la parte alta del reflector 2 y está centrada sobre el canal central de un grupo de veinticinco canales. El conducto de carga es colocado en el interior de un tubo de carga sólo temporalmente, durante la carga o descarga de los canales del grupo o sección que está servido por este tubo en particular. En la extremidad inferior del conducto de carga se dispone una prolongación de conducto de modo que puedan ser servidos los veinticuatro canales que rodean al canal central. La prolongación de conducto se sostiene paralelamente al conducto de carga por medio de un sistema de bielas móviles 25 articulado a dicha prolongación. Los brazos o bielas de enlace están articulados por sus otros extremos a dos correderas verticales, relativamente movibles, situadas (no representadas) en el interior del conducto principal de carga, de manera tal que un movimiento relativo vertical de las correderas produce un desplazamiento radial, esto es, horizontal, de la prolongación del conducto de carga. Cada corredera móvil es accionada por un tornillo de mando verticalmente dispuesto (no representado) que se extiende desde la parte inferior del conducto principal de carga hasta el nivel del piso de operaciones, donde es movido por un mecanismo usual de mando (no representado). El movimiento de las correderas en el sentido de reducir su desplazamiento relativo vertical, incrementa el desplazamiento radial de la prolongación de conducto; y el movimiento de las correderas en el sentido de aumentar su desplazamiento vertical relativo reduce el desplazamiento radial. Con un mínimo desplazamiento vertical relativo de las correderas, la prolongación queda completamente recogida en el conducto principal de carga.

Con referencia de nuevo a la figura 10, el canal central se supone colocado directamente debajo de un conducto de car-

246662¹⁸



ga. Los otros veinticuatro canales de esta particular formación cuadrada de veinticinco canales quedan situados en uno de cinco radios, alrededor del canal central y a un ángulo específico de separación con respecto al eje de la sección cuadrada. El canal 53, por ejemplo, queda colocado en el segundo radio (28,8 cm del canal central) a un ángulo de 45° con respecto a uno u otro de los ejes. Como puede verse, por tanto, cada canal puede ser localizado mediante uno de entre cinco desplazamientos radiales más un ángulo. El conducto de carga 49 está montado de modo rotatorio en el interior del tubo de carga 9 (figura 11) haciéndosele girar desde el piso de operaciones para orientar la prolongación del conducto de carga según el ángulo adecuado para el canal a atender (45° en el caso del canal 53), y moviéndose dicha prolongación en el desplazamiento radial necesario (28,8 cm en el caso del canal 53) mediante accionamiento de los tornillos de mando y de las correderas que antes se han citado.

Volviendo a la figura 3 en ella se representa una caja blindada de ocultación (féretro) 54 de elemento combustible, en posición sobre los pozos de descarga de combustible 17. El féretro está montado de modo movable sobre un sistema de vías de modo que puede colocarse sobre cualquiera de los tubos de carga. En el interior del féretro hay un torno, movido por motor, para retirar e introducir elementos combustibles en la parte activa del reactor, previéndose en el mismo el almacenamiento temporal de elementos combustibles. El féretro está blindado de modo que los elementos combustibles radiactivos gastados puedan descargarse del reactor; pero, si hay dos o más de tales dispositivos previstos, y uno de ellos se utiliza solamente para cargar elementos combustibles no usados en el reactor, no es preciso blindar éste. Al extremo libre del cable del torno hay una tenaza



246662

para elementos combustibles, que se representa en detalle en las figuras 12 y 13. La tenaza para elementos combustibles es capaz de agarrar el suspendedor de un elemento combustible reteniéndole hasta que el elemento combustible se encuentra en la posición vertical apropiada en el interior de un canal del reactor, y hacer girar el elemento combustible para orientar los extremos salientes del suspendedor de elementos combustibles hasta introducirlos en los entrantes circunferenciales previstos en las paredes del canal.

Con referencia ahora a las figuras 12 y 13, el conjunto de tenazas para elementos combustibles comprende una caja o envoltura no rotatoria 55 que lleva unas correderas 56 y 57 adaptadas para deslizarse por el interior de las ranuras 26,27 (figura 6) de una columna de bloques de moderador, y una caja o envoltura rotatoria 58 sujeta a la no rotatoria 55 por unos medios a rosca 59 libremente giratorios. Los medios a rosca 59 han de permitir la rotación de la caja 58 con respecto a la caja 55 aproximadamente en un arco de 60°, o al menos en todo el arco de los entrantes circunferenciales 28, 29 (figura 6) de los bloques de moderador. En la caja 58 va dispuesto de modo articulado un par de pinzas o bocas 60, adaptadas para ser abiertas por un primer solenoide rotatorio 61 que actúa por medio de unas levas 62. El solenoide 61 tiene un muelle que le predispone a mantener las pinzas 60 en posición normalmente cerrada.

La caja no rotatoria 55 lleva un segundo solenoide rotatorio 63 y un tercer solenoide rotatorio 64 que tiene unos árboles centrales fijos conectados mediante el acoplamiento 65. Los alojamientos de los solenoides 63 y 64 están adaptados para girar alrededor de los árboles fijos centrales, cuando los solenoides son puestos en acción, y sus movimientos rotatorios son acoplados por medio de un separador 66 libremente rotatorio que



246662

5 tiene unos alvéolos donde recibe unas espigas o patillas 67 que van en la caja de alojamiento del solenoide 63 y una espiga 68 que va en la caja de alojamiento del solenoide 64. El alojamiento del solenoide 64 lleva una espiga adicional 69 que se aloja en un alvéolo del órgano extremo adyacente de la caja 58, y sirve para comunicar un movimiento de rotación a la caja 58 y, con ello, a las bocas 60. Los dos solenoides 63, 64 pueden ponerse en acción mediante movimiento de rotación en sentidos opuestos, sirviendo uno de ellos para hacer girar los órganos salientes 30, 31 (figura 7) de un suspendedor de combustible metiéndolos en un par de entrantes circunferenciales 28, 29 (figura 6) y el otro para hacer girar los miembros salientes de un suspendedor sacándolos de dichos entrantes.

10
15 La envoltura o caja 58 lleva asimismo un conjunto buscador de interruptor de fin de carrera 70, adaptado para presionar contra la pared de un canal mientras se hace bajar el conjunto de tenazas en el interior de un canal, y servir de señal al operador o efectuar el accionamiento automático de los solenoides una vez localizado el entrante circunferencial adecuado.

20
25 La recarga del combustible se efectúa de la forma siguiente: el reactor se rebaja a energía cero, se enfría y se vacía de helio. Desde el piso de operaciones se saca el tapón protector del tubo de carga y se coloca en el mismo un conducto de carga. Sobre el conducto de carga se coloca el "féretro" o caja blindada de ocultación del elemento combustible; se retira la varilla de control de este grupo o sección particular de veinticinco canales y se hace bajar un conjunto de tenazas sujeto a un cable hasta introducirlo en el conducto de carga dejándolo dispuesto en la prolongación del conducto. La prolongación de
30 conducto se coloca sobre un canal de combustible determinado

246662



1953

5 haciendo girar el conducto de carga y desplazando en sentido radial la prolongación. Entonces se hace bajar la tenaza por el interior del canal escogido hasta que el interruptor de su buscador pone en acción el conjunto de tenazas y extrae un elemento combustible de su entrante circunferencial. Después se tira del elemento combustible hacia arriba y se le coloca en el interior de la prolongación de conducto, se vuelve dicha prolongación a su posición central y se retira el elemento combustible subiéndolo por el conducto de carga hasta el interior del férero. Dentro de éste, se suelta el elemento combustible de las tenazas y se guarda durante la repetición del proceso hasta que el canal escogido queda vacío y el bastidor de almacenamiento de descarga del férero se llena. Entonces se vuelve a cargar de combustible el canal, invirtiendo las fases del procedimiento arriba esbozado y utilizando elementos combustibles procedentes del bastidor de almacenamiento de carga que tiene el férero o caja de ocultación de elementos combustibles. Después se coloca el férero sobre el pozo de descarga y se hacen bajar los elementos combustibles gastados, que habían quedado en el bastidor de almacenamiento de descarga, hasta un carrerón a aparato similar que los lleva a un estanque de almacenamiento.

25 De este modo se cargan y descargan los veinticuatro canales excéntricamente dispuestos de cada sección o grupo de veinticinco canales. El canal central, que se dispone inmediatamente debajo de un tubo de carga, es cargado o descargado reteniendo la prolongación de conducto de carga en la posición central.

30 La tabla I que sigue, da las especificaciones de proyecto de esta realización particular de reactor:



TABLA I

246662

CARACTERISTICAS GENERALES:

5	Potencia térmica de salida del reactor, Kwt/h ...	0,60 x 10
	Potencia térmica de salida del reactor, MW	700
	Potencia eléctrica global de salida, MW	252
	Potencia eléctrica neta de salida, MW	225
	Rendimiento neto global, %	32,1

10

COMBUSTIBLE:

	Composición del combustible	UO ₂
	Enriquecimiento del combustible	2
15	Peso total de uranio, toneladas	150,8
	Índice de consunción, MWd/T	7350
	Densidad media de UO ₂ (95% teórico) g/cm ³	10,4
	Densidad mínima de UO ₂ (94% teórico) g/cm ³	10,25
	Coefficiente de temperatura del combustible por °C	4,7 x 10 ⁻⁵

20

ELEMENTO COMBUSTIBLE:

	Diám. ext. del taco de UO ₂ , mm.	19,5 x 5±0,13
	Diám. int. del taco de UO ₂ , mm.	6,2 ± 0,25
25	Longitud del taco de UO ₂ , mm.	12,7 ± 0,08
	Temperatura interna del taco de UO ₂ (max.) °C ...	1204
	Esfuerzo térmico del taco de UO ₂ (para cuerpo rígido ideal) kg cm ²	10500
	Peso de los tacos de UO ₂ por cápsula, kg	2,31
30	Número de tacos de UO ₂ por cápsula	75



1955

246662

	Material de la cápsula (acero inoxidable)	304 SS
	Diámetro exterior de la cápsula, mm.	20,4
	Espesor de pared de la cápsula, mm.	0,5
	Longitud de la cápsula, mm.	978
5	Superficie interna de la cápsula, cm ² por cm. li- neal	6,1
	Superficie interna de la cápsula, cm ² por cápsula	591
	Superficie interna de la cápsula, m ² por reactor.	3970
	Superficie externa de la cápsula, cm ² por cm. li- neal	6,4
10	Superficie externa de la cápsula, cm ² por cápsula	623
	Superficie externa de la cápsula, m ² por reactor.	4190
	Flujo térmico en superficie interna de la cápsula máximo, Kcal/h-cm ²	26
15	Flujo térmico en superficie interna de la cápsula medio, kcal/h-cm ²	15,2
	Temperatura media de la superficie de la cápsula, °C.	538
	Temperatura máxima de la superficie de la cápsula prevista en proyecto, en zonas recalentadas, °C..	648
20	Temperatura máxima admisible en la superficie de la cápsula, (incluidos puntos de recalentamiento local), °C.	816
	Sección recta de absorción a 2200 m/s de cápsulas y soportes, cm ² /m-U	65,6
25	Peso de 304 SS por cápsula, kg.	0,248
	Número de cápsulas por elemento	7
	Número de cápsulas por reactor	67.074
	Número de elementos por canal	6
	Número de elementos por reactor	9.582
30	Longitud nominal de elemento, cm.	101,6



246662

NUCLEO DEL REACTOR:

	Material	Grafito cl. tsf
	Altura nominal de núcleo, m.	6,10
5	Diámetro nominal de núcleo, m.	9,15
	Altura de grafito, m.	7,62
	Distancia entre esquinas de grafito, m.	10,7
	Peso de grafito mecanizado, toneladas	1122
	Densidad del grafito del núcleo, g/cm ³	1,65
10	Sección recta de absorción del grafito del núcleo, milibarns.	4,0
	Densidad del grafito del reflector, g/cm ³	1,65
	Sección recta de absorción del grafito del reflector, milibarns	4,0
15	Bloques de grafito, longitud, cm.	101,6
	Bloques de grafito, anchura, cm.	20,3
	Bloques de grafito, altura, cm.	20,3
	Volumen total de grafito, m ³	616,92
	Número de canales de combustible	1597
20	Número de tubos de carga de combustible	69
	Separación de los canales, cm.	20,3
	Tipo de separación (retícula o celosía)	cuadrada
	con diámetro de los canales de combustible, mm.	87,6 con 345
	82,6 con 400
25	77,5 con 852
	Coefficiente de temperatura del moderador, para	
	T _m = 400°C, por 2°C: (Máximo)	-14 x 10 ⁻⁵
	Coefficiente de temperatura del moderador, para	
	T _m = 400°C, por 2°C: (Mínimo)	- 4 x 10 ⁻⁵
30	Exceso total de reactividad, %	10
	Flujo térmico a 2200 m/s, cm ² -s	5 x 10 ¹²



246662

VARILLA DE CONTROL:

	Número de varillas de control	61
	Diámetro exterior, mm.	50,8
5	Diámetro interior, mm.	31,8
	Material	Plata
	Funda de varilla de control	Acero inox.
	Longitud de varilla, mm.	457
	Suspensión	Cable acero
10	inoxidable.
	Mando: Entrada y salida lentas	Motor de c.a.
	torno.
	Entrada rápida	Neumático
	Velocidad de entrada rápida, m/min.	2,15
15	Velocidad de entrada lenta, m/min.	0,215
	Velocidad de salida, m/min.	0,215
	Reactividad invertida en varillas, % $\delta k/k$	14,5
	Reactividad por varilla, %	0,24 (promedio)
	Número de varillas en servo de temperatura	4
20	Velocidad nominal de entrada, promedio $\Delta k/k/s$...	10^{-4}
	Velocidad rápida de entrada, promedio $\Delta k/k/s$...	10^{-3}
	Velocidad normal de salida, promedio $\Delta k/k/s$...	10^{-4}

PROTECCION:

25	Material de protección contra neutrones térmicos.	Vidrio al borosilicato
	
	Espesor de protección contra neutrones térmicos, mm.	12,7
30	Material de protección biológica	Hormigón



246662

	Espesor de protección biológica, metros	2,75
	Densidad de protección biológica, kg/dm ³	2,37
	Forma de la pantalla de protección biológica ..	Octogonal
5	Distancia de protección biológica entre planos, metros	23,15
	Altura de la pantalla de protección biológica, metros	20,4
	Peso total sobre la fundación, toneladas	23.400
	Refrigeración, forzada	Por aire

10

RECIPIENTE DE PRESION:

	Forma	Esférica
	Diámetro exterior, metros	15,2
15	Material	SA212-B
	Espesor, mm.	82,7
	Presión de trabajo, atmósferas manométricas ...	20,4
	Esfuerzo calculado, kg/mm ²	10,6
	Temperatura máxima, °C.	343
20	Volumen, m ³	1.800
	Peso de la estructura de apoyo del grafito, kg..	65.500
	Peso de la estructura de apoyo del recipiente, kg.	17.300
25	Peso bruto del recipiente, (incluidos apoyos de recipiente y del grafito, barreras térmicas, toberas y aislamiento), kg.	700.000

REFRIGERANTE:

30	Gas	Helio
----	-----------	-------



246662

1950

	Presión de trabajo, atmósferas absolutas	20,4
	Caudal total (normal) kg/segundo	441
	Temperatura de entrada al reactor, °C.	232
	Temperatura de salida del reactor, °C.	593
5	Número de tubos de entrada y salida	4 de cada
	Diámetro interior de tubería, cm.	152
	Velocidad media del refrigerante:	
	En tubo frío, m/s.	30,5
	En tubo caliente, m/s.	49,1
10	Volumen total ocupado por el helio, m ³	3040
	Pérdida de carga en el circuito, kg/cm ²	0,465
	Calor específico del helio, kcal/kg, °C.	1,24 (x)
	(x).- Valor utilizado en los cálculos.	

15 INYECTORES DE REFRIGERANTE:

	Tipo	Axil
	Número por reactor	4
	Número por generador de vapor	1
20	Rendimiento adiabático, %	80
	Potencia de compresión, HP (al freno)	5700
	Velocidad (constante), rpm.	3580
	Potencia para 4 inyectores, MW.	18,3
	Motor de accionamiento de inyector, HP (freno) ..	6000

25 GENERADOR DE VAPOR:

Características generales:

30	Tipo de generador	} de circuito abierto.-
	



246662

	Número por reactor	4
	Altura de revestimiento entre colectores, m. ..	12,2
	Altura de revestimiento incluidos colectores, m	18,3
	Diámetro exterior de revestimiento, m	6,1
5	Espesor de revestimiento, mm.	70
	Diámetro interior de entrada de gas, m.	1,52
	Diámetro interior de salida de gas, m.	1,52
	Diámetro interior de derivación de gas, m.	0,76
	<u>Tambores de salida de vapor:</u>	
10	Longitud, m.	6,55
	Diámetro exterior, m.	0,71
	Espesor de pared, mm.	47,7
	<u>Tambores de entrada de agua de alimentación:</u>	
	Longitud, m.	5,94
15	Diámetro exterior, m.	0,71
	Espesor de pared, mm.	25,4
	Temperatura de entrada de gas, °C.	538
	Temperatura de salida de gas, °C.	232
	Temperatura de entrada del agua de alimentación	
20	°C.	163
	Presión del agua de alimentación, atm. abs. ...	69,5
	Entalpía del agua de alimentación, kcal/kg. ...	165
	Temperatura de salida del vapor, °C.	510
25	Presión de salida del vapor, atmósferas absolu- tas	64,7
	Recalentamiento de salida del vapor, °C.	230
	Caudal total de vapor (normal), kg/hora	920000

30 Aun cuando la presente invención se ilustra aquí por medio de una descripción de una realización particular, se



246662

18 FEB 64

sobreentiende que es posible efectuar muchas modificaciones y desviaciones de esa realización sin salirse por ello del ámbito de nuestro invento.

5 Por ejemplo, el grado de enriquecimiento, la separación de celosía, los materiales de construcción, las dimensiones y las condiciones de funcionamiento dados en la Tabla I constituyen valores óptimos solamente para esta particular realización de reactor y se hallan, por tanto, sujetos a cambio. Por consiguiente, nuestra invención solo se ha de considerar limitada de la forma que se indica en las siguientes reivindicaciones.

10 Esta solicitud que corresponde a la presentada en E.U.A. el 31 de Marzo de 1.958, bajo el número 725.458, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto-Ley sobre Propiedad Industrial.

15

NOTA

20 Los puntos de Invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

25 12. - Un reactor neutrónico con carga de combustible refractario, que tiene una parte activa perfeccionada que comprende una importante masa de moderador neutrónico refractario sólido dotado de una multiplicidad de canales de refrigerante que lo atraviesen verticalmente, una multiplicidad de masas discontinuas portadoras de combustible fisionable, suspendidas en dichos canales y que contienen de aproximadamente 1 a aproximadamente 4% en peso de U^{235} , un refrigerante gaseoso adaptado para ser pasado continuamente a través de dichos canales de refrigerante, y medios para regular la reactividad de dicha parte

30



246662

activa.

2º. - Un reactor conforme a la reivindicación 1, en el que dichos canales están dispuestos según una retícula o celosía geométrica de una separación de retícula comprendida entre unos 12,7 y unos 30,5 cm.

3º. - Un reactor neutrónico con carga de combustible refractario que tiene una parte activa perfeccionada que comprende una importante masa de moderador neutrónico refractario sólido dotado de una multiplicidad de canales de refrigerante que lo atraviesan verticalmente, estando dichos canales dispuestos según una retícula o celosía geométrica de una separación de retícula comprendida entre unos 12,7 y unos 30,5 cm., una multiplicidad de masas discontinuas portadoras de combustible fisionable suspendidas en tensión en dichos canales, conteniendo cada uno de dichos canales una multiplicidad de dichas masas discontinuas mientras dichas masas discontinuas contienen de aproximadamente 1 a aproximadamente 4% en peso de U^{235} , un refrigerante gaseoso adaptado para ser pasado a través de dichos canales de refrigerante, y medios para regular la reactividad de dicha parte activa.

4º. - Un reactor conforme a la reivindicación 3, en el que cada una de dichas múltiples masas portadoras de combustible es de forma alargada y está suspendida verticalmente según la dirección de su eje mayor.

5º. - Un reactor conforme a la reivindicación 4, en el que el constituyente principal de dichas masas portadoras de combustible es UO_2 .

6º. - Un reactor conforme a la reivindicación 5, en el que dicho moderador es grafito.

7º. - Un reactor conforme a la reivindicación 6,



en el que el refrigerante es helio. **246662**

8º. - Un dispositivo de soporte de combustible para la parte activa de un reactor neutrónico que comprende una importante masa de moderador neutrónico sólido dotada de una multiplicidad de canales que lo atraviesan verticalmente, estando cada uno de dichos canales provisto de al menos dos entrantes guidores longitudinales repartidos por igual alrededor de la periferia de dicho canal, una multiplicidad de suspendedores de combustible, cada uno de los cuales está provisto de al menos dos miembros salientes adaptados para entrar y deslizarse por el interior de dichos entrantes longitudinales, y medios dispuestos en un lugar, al menos, a lo largo de cada uno de dichos canales para impedir que dichos suspendedores de combustible se deslicen en el interior de dichos entrantes, con lo cual las masas de combustible transportadas por dichos suspendedores se hallan sostenidas en dichos lugares en el interior de dichos canales.

9º. - Un dispositivo de soporte de combustible para la parte activa de un reactor neutrónico que comprende una importante masa de moderador neutrónico sólido dotada de una multiplicidad de canales que lo atraviesan verticalmente, estando cada uno de dichos canales provisto de al menos dos entrantes guidores longitudinales repartidos por igual alrededor de su periferia, hallándose además cada uno de dichos canales provisto, en un lugar, al menos, a lo largo de dichos canales, de al menos dos entrantes parcialmente circunferenciales, estando cada uno de dichos entrantes circunferenciales en comunicación con uno de dichos entrantes longitudinales; y una multiplicidad de suspendedores de combustible fisicónable, cada uno de los cuales va provisto de al menos dos miembros salientes adaptados

246662

18 FEB 1946



5 para entrar y deslizarse por el interior de dichos entrantes
guiadores longitudinales hasta dichos lugares en donde puede
hacerse girar a dichos suspendedores haciendo entrar o enca-
jar dichos miembros salientes en dichos entrantes circunferen-
ciales, con lo cual dichos suspendedores con el combustible
pueden quedar sostenidos en el interior de dichos canales.

10 102. - Un dispositivo de soporte conforme a la rei-
vindicación 9, en el que cada uno de dichos entrantes circun-
ferenciales presenta una inclinación en el sentido de separa-
ción con respecto al entrante longitudinal con el cual comuni-
ca.

112. - Un dispositivo de soporte conforme a la rei-
vindicación 10, en el que dicho moderador sólido es grafito.

122. - Un reactor neutrónico enfriado por gas.

15 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede,
representado en los dibujos que se acompañan y para los fines
que se han especificado.

20 Esta Memoria consta de treinta y seis hojas escritas
a máquina por una sola cara.

Madrid, 18 FEB 1946.

P.A.



246662

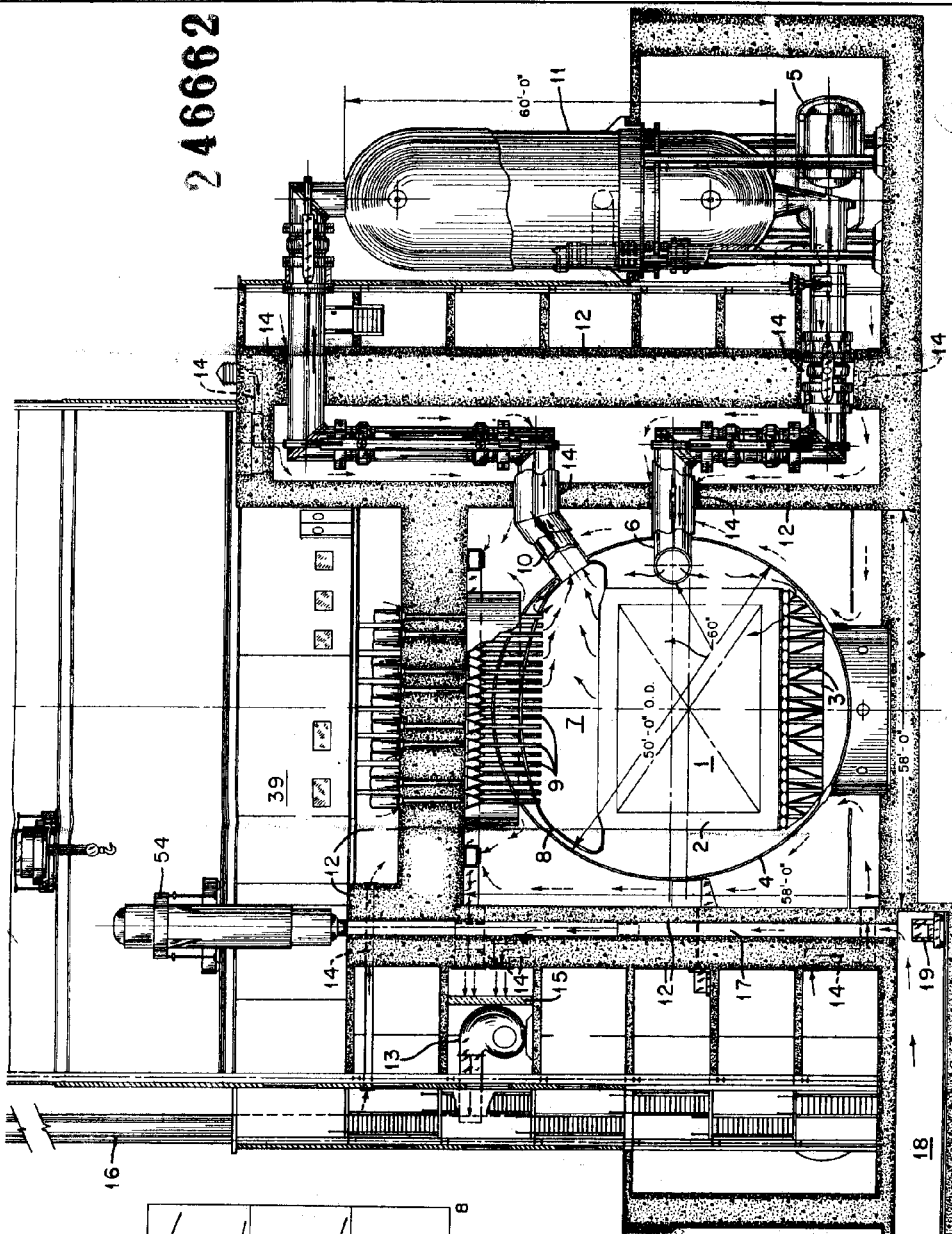


Fig. 3.

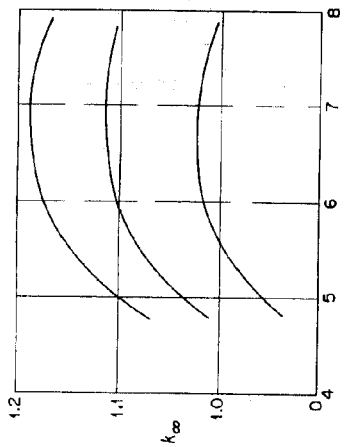


Fig. 1.

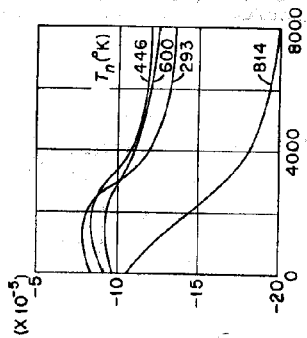


Fig. 2.

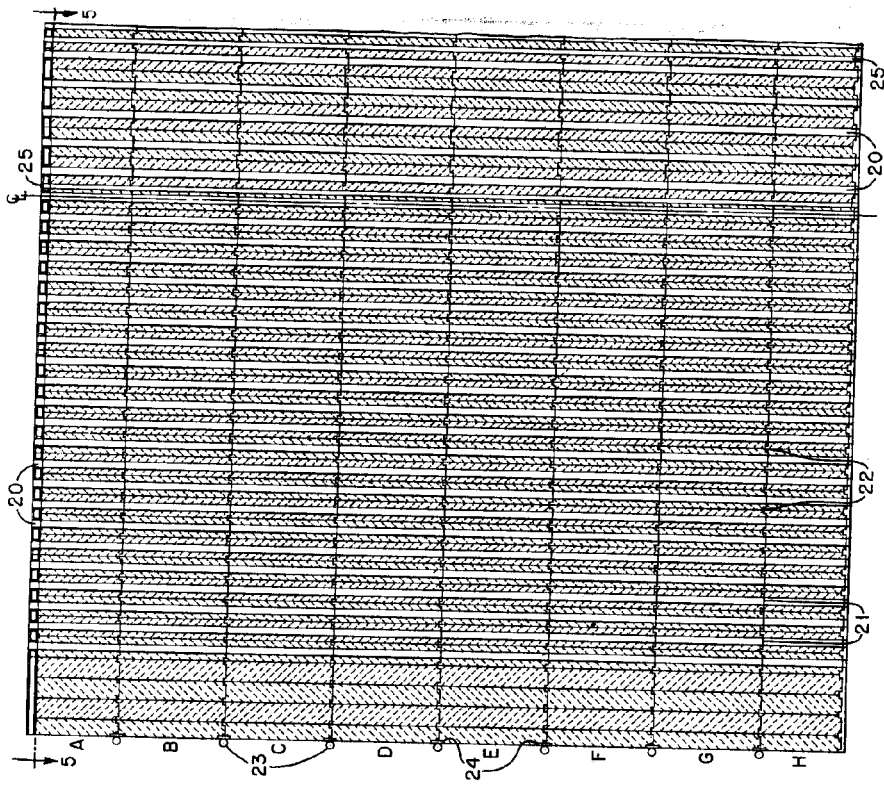


Fig. 4.

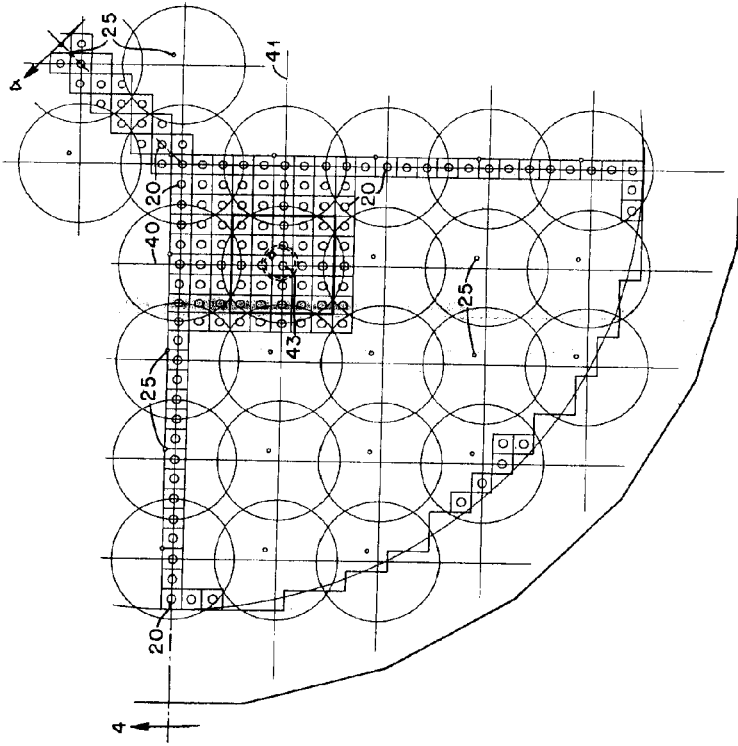
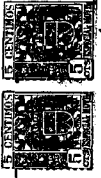


Fig. 5.





210062

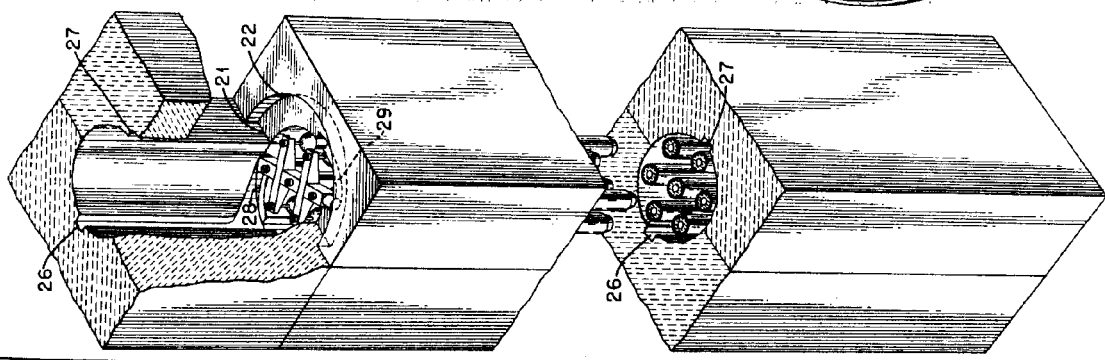


Fig. 6.

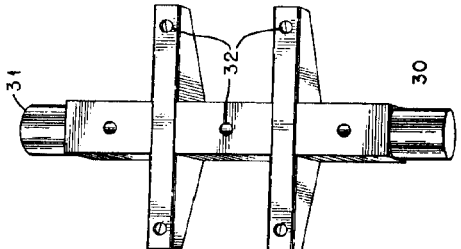


Fig. 7.

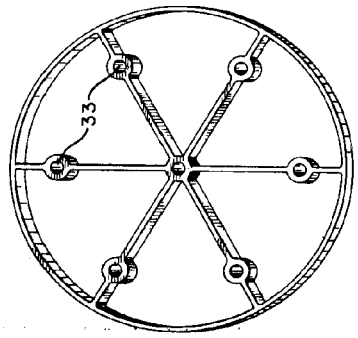


Fig. 8.

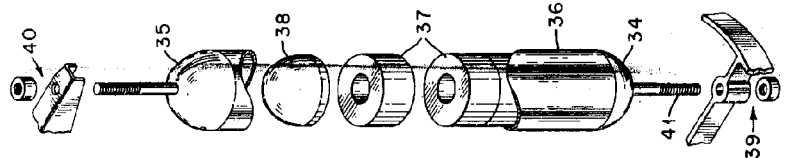


Fig. 9.

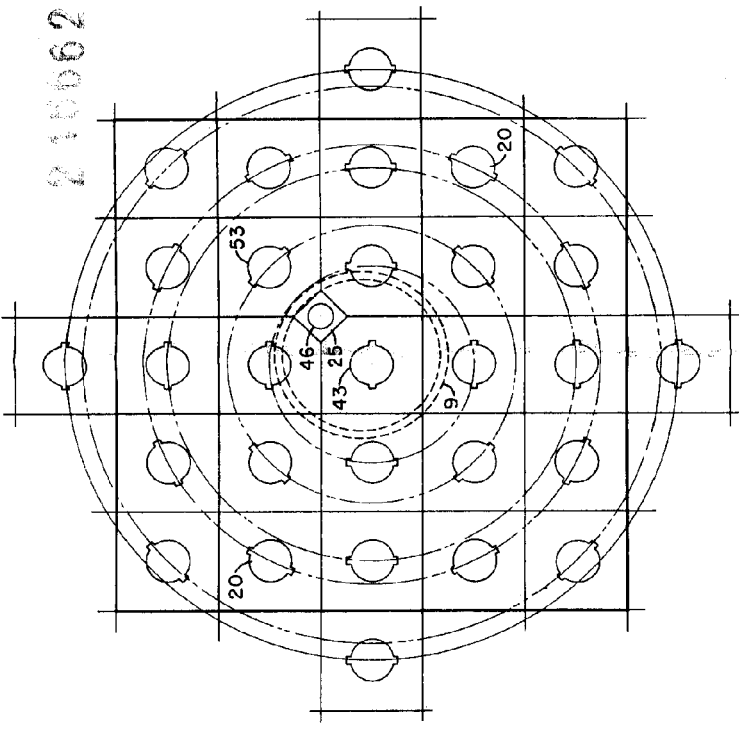


Fig. 10.

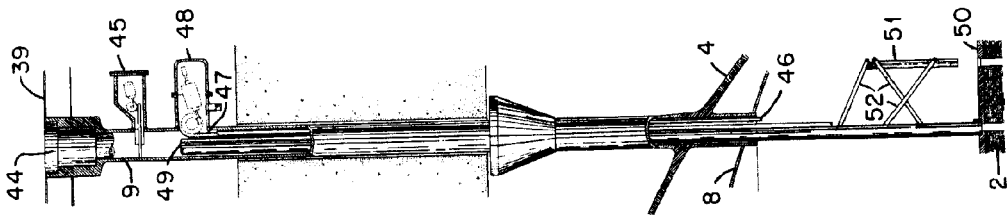


Fig. 11

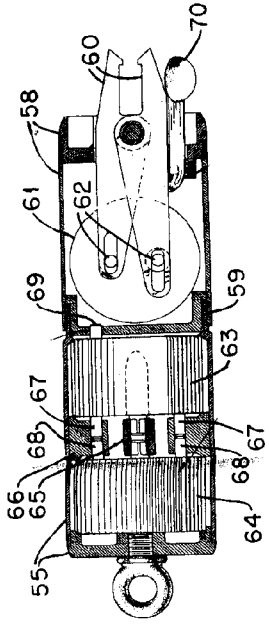


Fig. 12.

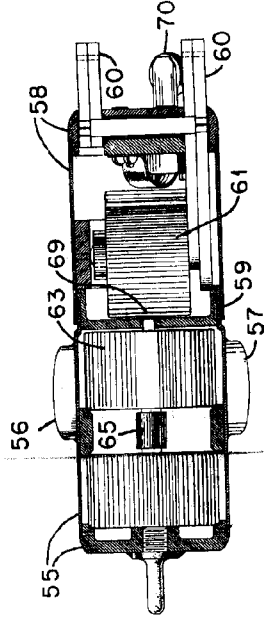


Fig. 13.

246662

hak