

340562



340562

## memoria descriptiva

CLASE DE REGISTRO

PATENTE DE INVENCION, por veinte años en España

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE

GENERAL ELECTRIC COMPANY  
- de nacionalidad norteamericana -

RESIDENCIA Y DOMICILIO

New York N. Y. 10016 (EE. UU.)  
159, Madison Avenue

OBJETO

" PROCEDIMIENTO PARA HACER FUNCIONAR UN REACTOR NUCLEAR "

PRIORIDAD:

Solicitud patente EE. UU. 550.207 del día 16 de Mayo de 1966.

INVENTORES:

Geza Leslie Gyorey; Russell Lee Crowther; Gerald Robert Parkos;  
George Allen Roupe, y Orville Andrew Thompson;  
todos de nacionalidad norteamericana.

13



- 1.-

340562

1 El presente invento se refiere ampliamente a una mejora en reactores de fisión nuclear y más particularmente a un procedimiento único para hacer funcionar tales reactores de fisión nuclear.

5 La liberación de grandes cantidades de energía nuclear por medio de reacciones de fisión nuclear ahora se conoce bastante bien. En general un átomo fisil (fisionable) tal como  $U^{23}$ ,  $U^{235}$ ,  $Pu^{239}$  ó  $Pu^{241}$  absorbe un neutrón en su núcleo y experimenta una desintegración nuclear. Esto produce como promedio dos productos de fisión de menos peso atómico, con mayor energía cinética y varios neutrones también de alta energía. Por ejemplo, la fisión  $U^{235}$  produce un producto ligero de fisión y un producto pesado de fisión con un número de masa atómica, que varían entre 80 y 110 y entre 125 y 155 respectivamente y con un promedio de 2,5 neutrones. La liberación de energía se acerca a 200 mev. (millones de electron-voltios) por fisión.

10 15 20 25 La energía cinética de los productos de fisión se disipa rápidamente como calor en el combustible nuclear. Si, en adición de la absorción parasítica y otras pérdidas de neutrones del sistema, por lo menos permanece un neutrón neto, que induce una subsiguiente fisión, la reacción de fisión se hace auto-sostenida y la generación de calor es continua. El calor es separado haciendo pasar un refrigerante por medio de relación de intercambio térmico con el combustible. La reacción puede continuarse, en tanto exista suficiente material fisil en el combustible para dominar



340562

1 los efectos de los productos de fisión y otros absorbedores de neutrones, tales como barras de control reguladoras de fisión, que también pueden estar presentes.

5 Con el fin de mantener tales reacciones de fisión a un régimen suficiente para generar cantidades útiles de energía térmica, los reactores nucleares al presente se diseñan, construyen y hacen funcionar, en que el material fisible (combustible nuclear) está contenido en los elementos de combustible, que pueden tener varias formas, tales como  
10 placas, tubos o barras. Por conveniencia estos elementos de combustible se mencionarán en lo que sigue como barras de combustible. Estas barras de combustible están usualmente previstas en sus superficies externas de un revestimiento resistente a la corrosión, no reactivo, que no contiene  
15 ningún material fisible o fértil. Las barras de combustible están agrupadas juntas a distancias fijas entre sí en un canal de flujo de refrigerante o región como haz de combustible y un número suficiente de estos haces de combustible están combinados para formar el alma del reactor nuclear  
20 capaz de la reacción de fisión auto-sostenida, mencionada arriba. Está previsto un sistema de control de reactividad, que consiste en una pluralidad de barras de control absorbentes de neutrones, dispuestas móvilmente en el alma del reactor para controlar la reactividad del combustible nuclear  
25 en el alma. Estas barras de control se retiran o insertan en el alma para absorber respectivamente un número menor o mayor de neutrones y para variar por ello la reactividad del

13



- 3.-

340562

1 combustible en el alma.

5 Para conseguir la deseada eficacia y objetivos de seguridad, el valor máximo de reactividad de las barras de control y los regímenes, con los que pueden insertarse o retirarse las barras de control se mantienen a valores tales, que ningún mal funcionamiento individual mecánico o eléctrico del sistema de control puede causar una transición de reactividad capaz de dañar el sistema del reactor o de causar un significativo fallo de combustible. El nivel de daño puede ser definido en términos de densidad de energía de combustible, por ejemplo, calorías/gramo de  $UO_2$ . La probabilidad de daño mecánico al sistema reactor aumenta según la densidad de punta de energía se acerque a 25 cal/gm ( $UO_2$  vaporización) y cae esencialmente a cero cuando la densidad de punta de la energía se acerca a 220 cal/gm (fusión de  $UO_2$ ). Aunque es poco probable, que un extenso daño al sistema pueda ocurrir con densidad de punta de energía de 425 cal/gm, es generalmente deseable hacer funcionar el reactor de tal manera que se evitan inserciones de reactividad (retiradas de barra de control) que den por resultado densidades de energía de punta, que excedan de alrededor de 200 cal/gm. La densidad de energía de punta del combustible, que ocurre durante tal inserción de reactividad, se determina primariamente por los dos parámetros (1) valor de la barra de control (efectividad de la absorción de neutrones  
20 de la barra de control) y (2) velocidad de la barra de control.  
25



340562

1 El presente invento comprende un procedimiento para hacer funcionar un reactor, por lo que el valor de reactividad de cualquier barra de control individual, que permanezca en el alma del reactor, se mantiene a un valor mínimo.

5 Este valor de reactividad de la barra de control es ampliamente dependiente de las posiciones relativas de las barras de control en el alma del reactor. Aunque el sistema de control de reactividad para reactores nucleares es de alta seguridad y la acción del operador no puede iniciar una serie

10 excursión nuclear, la acción del operador puede incrementar el valor de la barra de control formando indeseables características de barra de control. Tal característica es la colocación de las barras de control de un grupo dado, unas en relación con otras, de tal modo que una o más barras

15 en el grupo tenga un valor de reactividad desusadamente alto. Las características de barra de control, que tienen valores de barra individuales relativamente bajos resultan produciendo en el reactor una menor eficacia, haciéndole tener también un sistema menos seguro. Por lo tanto,

20 es deseable hacer funcionar un reactor de tal modo que las características de barra de control empleadas procure un valor mínimo de barra de control. Esto puede realizarse retirando o insertando barras de control de acuerdo con la secuencia preseleccionada del presente invento. Esto puede

25 conseguirse por selección de operador manual, por selección automática o prohibiendo el movimiento de barras, incorrectamente seleccionadas por el operador. Una máquina digital



340562

1 puede usarse para retirar o insertar las barras de control  
automáticamente en esta secuencia preseleccionada. Alternativa-  
2 tivamente una máquina digital puede hacer de monitor para  
las selecciones del operador para asegurar el cumplimiento  
5 de un procedimiento aceptado, que comprende las secuencias  
y características preseleccionadas. En esta última situa-  
ción, cuando las selecciones del operador se desvían del pro-  
cedimiento aceptado de tal manera que se desarrolle una con-  
figuración de valor de barra potencialmente alta, la máquina  
10 digital bloqueará el ulterior movimiento de la barra hasta  
que exista una selección de operador de acuerdo con el pro-  
cedimiento aceptado.

Las dos secuencias básicas del presente invento  
se mencionarán en lo que sigue como Secuencia A y Secuencia  
15 B. Cada una de estas secuencias da por resultado una caracte-  
rística de patrón en forma de tablero de ajedrez en que la  
Secuencia A tiene la barra de control central del alma del  
reactor insertada cuando el 50% de las barras de control han  
sido totalmente retiradas, y en que la Secuencia B tiene la  
20 barra de control central del alma del reactor retirada cuan-  
do el 50% de las barras de control han sido totalmente reti-  
radas. No es deseable hacer funcionar el reactor durante  
largos periodos de funcionamiento de energía con una caracte-  
rística dada de barra de control, puesto que esto daría  
25 por resultado un agotamiento no uniforme del combustible.  
Por lo tanto, variaciones periódicas, por ejemplo, cada dos  
meses, en las características de patrón pueden conseguir un



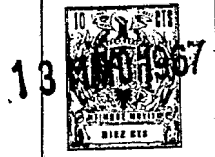
340562

1 agotamiento de combustible más uniforme a través del alma.  
Las dos secuencias básicas (A y B) y el resultante patrón  
en forma de tablero de ajedrez del presente invento están  
particularmente bien adaptadas a la variación de patrones,  
5 que comprende la conmutación de la posición de barras de  
control. Esta variación en las características de patrón  
se mencionará como "cambio de barra" y en general se reali-  
za en niveles de energía reducidos y puede comprender un  
intercambio de barras de control entre las dos secuencias  
10 básicas.

Cada una de las dos secuencias (A y B) está for-  
mada por la retirada secuencial de cuatro grupos básicos  
de barra de control, que se mencionarán como Grupo 1, Grupo  
2, Grupo 3 y Grupo 4. Estos grupos de barras de control se  
15 retiran en secuencia y todas las barras de control en cada  
grupo son completamente retiradas (con algunas excepciones  
infrecuentes) antes de proceder al siguiente grupo.

Las posiciones particulares de estos cuatro gru-  
pos básicos de barra control en el alma del reactor se de-  
20 rivan de dos redes geométricas, que se mencionarán como red  
I y red II. Cada una de estas redes se compone de una plu-  
ralidad de disposiciones cuadradas de 3 x 3 solapadas, de  
barras de control, y cada formación incluye así nueve ba-  
rras de control.

25 La red I comprende una pluralidad de formaciones  
3 x 3 constituidas en el alma del reactor, de tal modo que  
la barra de control, en cada una de las posiciones de esqui



340562

1  
5  
10  
15  
20  
25

na de cada formación, es común con la barra de control en la posición de esquina de una formación de 3 x 3 diagonalmente adyacente.

La red II comprende una pluralidad de formaciones de 3 x 3 constituidas en el alma del reactor, de tal modo que, pares adyacentes de barras de control en las posiciones de esquina de cada formación, son comunes con pares adyacentes de barra de control en las posiciones de esquina de formaciones adyacentes de la red I.

El grupo I consiste, en todas las barras de control, en las posiciones del centro de las formaciones de 3 x 3 de la red I. El grupo 2 consiste en todas las barras de control en las posiciones del control de las formaciones de 3 x 3 de la red II. El grupo 3 consiste en todas las barras de control de esquina situadas a lo largo de diagonales seleccionadas en las formaciones de 3 x 3 de una de las redes I o II. Estas diagonales, cuando se prolongan más allá de sus formaciones, o bien son comunes o bien son paralelas a las otras diagonales seleccionadas. El grupo 4 consiste en las restantes barras de control de esquinas en las formaciones de 3 x 3 de la misma red. Estas barras de control de esquina restantes están situadas a lo largo de diagonales, que tienen una relación perpendicular respecto a las diagonales seleccionadas.

La secuencia de retirada o de inserción puede ser de los Grupos 1, 2, 3 y 4 ó de los Grupos 4, 3, 2 y 1. En adición, las secuencias del Grupo 1 y 2 pueden cambiarse



# 340562

1 entre sí y las secuencias del grupo 3 y 4 pueden intercambiarse. Esto procura entonces un total de 8 posibles secuencias de retirada y ocho posibles secuencias de inserción. Sin embargo, no puede asegurarse el patrón de característica de valor mínimo de barra si hay un intercambio de los grupos 5 1 y 3, 1 y 4, 2 y 3 ó 2 y 4. Después de que todas las barras de control de los grupos 1, 2, 3, y 4 han sido retiradas totalmente del alma, las barras que permanecen insertas en el alma del reactor forman un patrón en forma de tablero de ajedrez. En adición, en este punto del patrón de tablero de ajedrez el 50% de las barras de control permanecen en el alma, lo que se mencionará como el punto de 50% de densidad de la barra de control. Las barras de control en el alma del reactor, que forman este patrón de tablero de ajedrez, tienen un valor de barra de control aproximadamente 15 promediado y, por lo tanto, prácticamente mínimo. En adición la secuencia de retirada, que conduce a este patrón de tablero de ajedrez se consiguió de una manera, que aseguró el mínimo valor práctico de barra de las barras de control, 20 que permanecían en el alma en cada paso de la secuencia de retirada.

Otro aspecto del presente invento comprende la subdivisión de cada uno de los grupos anteriormente discutidos en varios subgrupos, que pueden estar divididos sobre 25 una base de tanto por ciento de retirada de barra de control, donde cada subgrupo incluye todas las barras de control en el grupo, con el que está asociado. Para reducir

13



- 9. -

340562

1  
al mínimo el valor de barra, es deseable que la secuencia  
de retirada de cada subgrupo esté completa antes de proce-  
der al siguiente subgrupo. En adición, es deseable comple-  
tar todos los subgrupos dentro de un grupo, antes de proce-  
5 der al grupo siguiente. Este procedimiento reduce todavía  
más el valor de barra de control mientras se retiran las  
barras de control de cada grupo.

En adición a lo que precede, se ha encontrado que  
la formación de tablero de ajedrez está adaptada de un modo  
10 único a la operación del reactor. Esto es porque procura  
un patrón del que puede obtenerse una salida uniforme de  
energía de todos los haces de combustible en el alma duran-  
te el funcionamiento del reactor. Al completar la retirada  
de los Grupos 1 a 4, el punto de densidad de 50% de barra  
15 de control ha sido conseguido con el deseado patrón de tablero  
de ajedrez. Al comienzo del ciclo de combustible el ni-  
vel de energía del reactor deberá estar por encima de la  
condición estable caliente cuando se ha alcanzado el punto  
de densidad de 50% de barra de control. La secuencia de  
20 retirada de barra más allá del patrón de tablero de ajedrez,  
necesaria para conseguir el deseado patrón de funcionamiento  
puede conseguirse mejor mediante una secuencia de retirada  
simétrica. Esta secuencia de retirada simétrica se comien-  
za preferentemente en el contorno del alma del reactor, de  
25 modo que se retira totalmente el ciclo periférico de barras.  
Después se retiran varias de las barras centrales para lle-  
var el reactor a plena potencia. Se retirarán barras de



1967

340562

- 10.-

1 control centrales adicionales con el aumento del tiempo de  
exposición del combustible.

5 Se ha encontrado que el hacer funcionar un reactor  
de acuerdo con el presente invento, da por resultado un má-  
ximo valor de barra ( $\Delta k$ ) durante el funcionamiento normal  
de alrededor de 0,025 a 0,035. Para un reactor, que no em-  
plée este invento, es posible que el máximo valor de barra  
10 pudiera ser del orden de 0,050 a 0,60. Por lo tanto, el  
uso del patrón de control de acuerdo con el presente inven-  
to puede esperarse que consiga tanto como una reducción del  
55% en el máximo valor de barra de control.

15 El objeto, que se considera en el invento, se ex-  
presa y reivindica distintamente en la porción concluyente  
de la memoria descriptiva. El invento, sin embargo, tanto  
en su organización, como en su funcionamiento, conjuntamen-  
te con ulteriores objetos y ventajas del mismo, puede enten-  
derse mejor haciendo referencia a la siguiente descripción  
tomada en conjunto con los dibujos anexos, en los que:

20 La figura 1 es un diagrama esquemático de flujo de  
una instalación típica de energía de reactor nuclear, mos-  
trando el recipiente del reactor en sección transversal par-  
cial y que se hace funcionar de acuerdo con el presente in-  
vento;

25 La figura 2 es una vista en sección transversal  
horizontal del recipiente del reactor y del alma, según la  
sección 2 - 2 de la figura 1.

La figura 3 es un diagrama esquemático ilustrando



12/19/67

- 11. -

340562

1 un alma de reactor típica, que puede hacerse funcionar de acuerdo con el presente invento;

la figura 4 ilustra una formación 2 x 2 teniendo las dos barras de control, sobre una diagonal, insertas, y  
5 las dos barras de control, sobre la otra diagonal, retiradas;

la figura 5 ilustra la formación básica de 3 x 3, de las que se derivan los patrones de barra de control y secuencias del presente invento;

10 las figuras 6A hasta 6E ilustran todas las formaciones posibles de partida 3 x 3 para el patrón de tablero de ajedrez de salida de barra central (secuencia B de la figura 19A);

15 las figuras 7A hasta 7D ilustran todas las posibles formaciones de partida 3 x 3 para el patrón de tablero de ajedrez de entrada de barra central (secuencia A de la figura 19);

la figura 8 ilustra la posición de las formaciones de 3 x 3 en la red I y las barras de control, que deben retirarse o insertarse en el grupo 1;

20 la figura 9 ilustra la posición de las formaciones de 3 x 3 en la red II y las barras de control, que deben retirarse o insertarse en el grupo 2;

25 las figuras 10 y 11 respectivamente representan un juego (grupo 3A y grupo 4A) de patrones de retirada o inserción de barra de control, donde la red I de la figura 8 es el patrón de referencia;

las figuras 12 y 13 respectivamente representan



340562

1 otro juego (grupo 3B y grupo 4B) de patrones de retirada o inserción de barra de control, donde la red I de la figura 8 es el patrón de referencia;

5 las figuras 14 y 15 respectivamente representan un juego (grupo 3C y Grupo 4C) de patrones de retirada o de inserción de barra de control, donde la red II de la figura 9 es el patrón de referencia;

10 las figuras 16 y 17 respectivamente representan otro juego (Grupo 3D y Grupo 4D) de patrones de retirada de barra de control, donde la red II de la figura 9 es el patrón de referencia;

la figura 18 ilustra subgrupos típicos, en los que puede subdividirse un grupo;

15 la figura 19 ilustra el patrón de tablero de ajedrez de la Secuencia A en la densidad de 50% de barra de control, en que la barra de control central del alma del reactor está totalmente inserta;

20 la figura 19A ilustra el patrón de tablero de ajedrez de la Secuencia B a la densidad de 50% de barra de control, en que está totalmente retirada la barra de control central del alma del reactor;

25 la figura 20 ilustra los patrones de funcionamiento de energía de la Secuencia A, derivados del patrón de tablero de ajedrez de la secuencia A de la figura 19;

la figura 21 ilustra los patrones de funcionamiento de energía de la Secuencia B derivados del patrón de ta-



340562

1 blero de ajedrez de la Secuencia B de la figura 19B;

5 las figuras 22 y 23 ilustran dos patrones alternativos de barra de control de funcionamiento de energía, que se derivan del patrón de funcionamiento de energía de la secuencia A de la figura 20 y se mencionan respectivamente como Secuencia A - 1 y Secuencia A - 2;

10 las figuras 24 y 25 ilustran dos patrones alternativos de funcionamiento de energía de barra de control, que están derivados del patrón de funcionamiento de energía de la Secuencia B de la figura 21 y respectivamente se mencionan como Secuencia B - 1 y Secuencia B - 2;

15 En la figura 1 se ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo típico de una instalación de energía de reactor nuclear, que puede hacerse funcionar de acuerdo con el presente invento. Debe entenderse que lo enseñado en el presente invento puede ser utilizado con muchos tipos diferentes de instalaciones de energía de reactor nuclear, tales como tipos de moderador refrigerador de agua no hirviente, los tipos de agua pesada y moderados por grafito, tipos moderados orgánicos o tipos que emplean sodio u otros fluidos como refrigerantes moderadores. Sin embargo, aquí se describe como utilizado en reactor de agua hirviendo, puesto que se ha encontrado particularmente útil con este tipo de instalación.

25 El sistema de reactor descrito en la figura 1, incluye el recipiente 10 de presión de reactor provisto de cabeza 12 desmontable, que está asegurado por medio de bri-



1967

- 14.-

340562

1 das 14 y 16.- Dispuesto dentro del recipiente de presión  
10 está un alma 18 de reacción nuclear en cadena, que inclu  
ye una pluralidad de haces 20 de combustible nuclear coloca  
dos verticalmente. Cada haz de combustible consiste en una  
5 pluralidad de barras de combustible extendidas longitudinal  
mente, que se coloca en relación espaciada por medio de ar  
maduras superiores e inferiores, que tienen aberturas para  
permitir el flujo del refrigerante moderador. Cada haz es  
tá provisto de un canal de flujo de extremo abierto que ro  
10 dea las barras de combustible.

Una pluralidad de mecanismo 22 de impulsión de  
barra de control, están cerrados herméticamente y conecta  
dos a la cabeza inferior 23 del recipiente del reactor por  
soldadura o análogo. Una pluralidad de tubos 24 de guía de  
15 barra de control, extendidos longitudinalmente, tienen sus  
extremos inferiores asegurados y están vertical y lateral  
mente soportados sobre la superficie interna de una cabeza  
inferior 23 por soldadura o semejante. Los extremos supe  
riores de los tubos 24 de guía de barra de control, están  
20 lateralmente soportados por la placa 26 de rejilla de fondo.  
El extremo superior de cada tubo de guía de barra de control  
está provisto de cuatro casquillos (no mostrados) y de una  
abertura en forma de cruz (no mostrada). Cuatro haces 20  
de combustible están soportados por cada tubo 24 de guía de  
25 barra de control, estando montada la armadura inferior de  
cada haz en uno de los cuatro casquillos. Cada tubo de guía  
de barra de control está provisto de aberturas 28, situadas



# 340562

1  
cerca del extremo superior, que comunican con la cámara 30 de suministro y con los casquillos y las armaduras inferiores de los haces de combustible asociados.

5 Las barras de control 32 (mostradas en líneas de puntos) controlan el nivel general de energía, así como la distribución de energía local del reactor. Una barra de control en forma de cruz está alojada en cada tubo de guía de barra de control y está adaptada para extenderse a través de la abertura en forma de cruz y para ser movida verticalmente entre los cuatro haces 20 de combustible asociados, reposando sobre el tubo de guía. Barras de control 32 están conectadas operativamente a mecanismos 22 de impulsión de barra de control por medio de árboles 33 de impulsión de barra de control. Las posiciones de las barras de control en el alma del reactor están establecidas por el funcionamiento de los mecanismos individuales de impulsión. Los mecanismos 22 individuales de impulsión son accionados hidráulicamente por fluido suministrado a través de conductos 34. El flujo de fluido se regula por el dispositivo de control 35, cuya  
10  
15  
20  
25 disposición particular mecánica y eléctrica es bien conocida para los técnicos en la materia. El dispositivo de control 35 puede ser usado para seleccionar los patrones y secuencias de barras de control de acuerdo con las enseñanzas del presente invento, que se describirán en detalle a continuación.

Una cubierta 36 está montada coaxilmente dentro del recipiente para procurar un anillo 37 descendente entre la cubierta y la pared del recipiente. Agua de recirculación



1907

- 16.-

340562

1

es removida continuamente desde el fondo del anillo descendente 37 por la bomba 38 y se introduce a un régimen controlable en la cámara de suministro 30. La bomba 38 es movida por el motor 39, cuya velocidad es controlada por el dispositivo de control 40, cuyo funcionamiento puede estar de acuerdo con lo expuesto en la patente de EE. UU. Nº 3.042.600 de R.D. Brooks, expedida el 3 de julio de 1962.

5

10

En el funcionamiento de un típico reactor de agua hirviendo, una mezcla de vapor-agua, generada en el alma 18, se descarga en el pleno 27, desde donde la mezcla fluye hacia arriba a los separadores de vapor 41. Aquí el vapor es separado de la mayoría del agua. El vapor separado fluye hacia arriba hasta el secador de vapor 42, montado sobre el miembro 44 anular de soporte, que elimina el agua restante.

15

El vapor seco, que abandona el secador, se transmite a la turbina 46 que mueve el generador eléctrico 48. El agua descargada de los separadores 41 y del secador 42 fluye hacia abajo y radialmente hacia fuera a través de la parte superior del pleno 27 y entre los separadores hacia el anillo descendente 37. La línea interrumpida 50 ilustra el nivel del agua.

20

25

El vapor de escape de la turbina 46 es condensado y recogido en el pozo 52 condensador. El condensado de vapor es extraído del pozo por la bomba 54 y se bombea como agua de alimentación al economizador anular 56, mezclando así el agua de alimentación con el agua que fluye desde los separadores 41 y secador de vapor 42. Así, la recirculación



340562

1

de la corriente de agua es ascendente desde la cámara de suministro 30, sucesivamente a través de los haces 20 de combustible, del pleno 27, separadores de vapor 41, cámara superior 58, conducto descendente 37 y retornando a la admisión de la bomba 38 de recirculación. Se apreciará que el bombeo de recirculación también puede ser ejecutado por bombas de chorro colocadas en el conducto descendente 37.

5

El agua, que fluye de la cámara 30 de suministro, se divide en dos corrientes paralelas.

10

La primera corriente, consistente en alrededor de 90% del flujo total desde la cámara 30 de suministro, pasa sucesivamente a través de las aberturas 28 de la cima de los tubos 24 de guía de barra de control, las armaduras inferiores de los haces de combustible, penetrando y pasando a través de los canales de flujo de los haces de combustible, a través de las armaduras superiores de los haces de combustible y dentro del pleno 27. Dentro de los canales de flujo, la corriente de agua sirve de refrigerante moderador para las barras de combustible y en el proceso se vaporiza parcialmente para formar una mezcla de vapor-agua.

15

20

La segunda corriente, comunmente mencionada como flujo de fuga derivado y consistente en el restante 10% del flujo de agua desde la cámara 30 de suministro, pasa a través de aberturas 59 anulares, formadas entre las superficies exteriores en los extremos superiores de los tubos 24 de guía de barra de control y las aberturas asociadas en la placa 26 de reja de fondo. Este agua fluye hacia arriba a

25



1967

340562

- 18.-

1

través de los espacios formados entre la parte exterior de los canales de flujo del haz de combustible nuclear y las barras 32 de control y descarga dentro del pleno 27 a través de espacios formados entre los extremos superiores de los canales de haz de combustible. Este agua sirve para refrigerar las barras de control y los canales de haz de combustible para evitar la formación de vapor en esta región. Este agua también contribuye al efecto de moderador de neutrón de agua, que fluye dentro de los canales de flujo. La calidad de la mezcla de vapor-agua resultante de combinar las corrientes primera y segunda en el pleno 27 es típicamente de alrededor de 10%.

5

10

15

20

25

La figura 2 es una vista en sección transversal del recipiente 10 de presión del reactor, tomada a través del alma al nivel 2-2 mostrado en la figura 1. El recipiente 10 del reactor es mostrado rodeando el alma 18 y la cubierta 36. Los haces 20 de combustible están agrupados entre sí en grupos de cuatro, con espacios (N) relativamente estrechos entre ellos para facilitar la inserción y extracción de haz de combustible y procurar zonas para instrumentación. Están formados espacios (W) considerablemente más amplios entre los haces de combustible de cada grupo para recibir barras de control 32, en forma de cruz, que están dispuestas de modo oscilante entre los mismos. Así, dos caras de cada haz de combustible tienen superficies adyacentes de hoja de barra de control y dos caras no las tienen. Los espacios (N) y (W) entre el combustible forman el espa-



1967

340562

1

cio, a través del cual fluye la fuga de derivación del alma (la segunda corriente de agua) y así están llenos de agua. A fines de ilustración, el alma mostrada en las figuras 1 y 2 incluyen menos elementos de combustible y barras de control que los que se utilizarían en un reactor típico.

5

10

En la figura 3 se ilustra esquemáticamente un alma típica de reactor, que puede hacerse funcionar de acuerdo con el presente invento. Este alma incluye 137 barras de control 32 y 548 haces de combustible 20 (para mayor sencillez, los haces de combustible se ilustran en solamente una celda). El contorno exterior del alma está constituido para aproximarse a un círculo. El alma del reactor tiene una barra 32' de control central, que se utilizará como punto de resistencia para subsiguientes discusiones. Sin embargo, debe observarse, que puede usarse como punto de referencia cualquier otra barra de control. En la figura 3 también se ilustra la formación 61 básica de 3 x 3, que se muestra en el centro del alma del reactor sólo por conveniencia, de lo cual se deriva el sistema de control del presente invento.

15

20

25

Para hacer reaccionar un reactor apropiadamente, la secuencia de retirada de barra de control tiene que producir últimamente un deseable patrón de barra de control para operación de energía. En general, un deseable patrón de barra de control de funcionamiento de energía es uno que mantenga una distribución de energía sobre el alma, relativamente uniforme. Los patrones de operación de energía, que



1967

- 20.-

340562

1 se han encontrado particularmente útiles, se ilustran en las figuras 20 a 25. Estos patrones de operación de energía pueden desarrollarse desde el patrón de tablero de ajedrez de densidad de 50% de barra de control, del presente invento que se muestra en las figuras 19 y 19A. Este patrón de tablero de ajedrez se establece cuando todas las formaciones 63 de 2 x 2 (véanse figuras 3 y 4) tienen sus barras de control sobre una diagonal, insertas, y sobre la otra diagonal, retiradas.

5  
10 En una formación infinita, este patrón de barra de control de tablero de ajedrez mantendría el valor de barra de control de todas las barras insertas al promedio y, por lo tanto, al valor mínimo, con la magnitud de los valores individuales de barra de control siendo independientes solamente sobre los parámetros de combustible, tales como el factor de multiplicación infinito del combustible incontrolable ( $k^{uc}$ ), zona de migración de neutrones ( $M^2$ ) y fuerza del sistema de control móvil ( $\Delta k/k$ ). En una formación finita, tal como la ilustrada en la figura 3, los valores de barra, cerca del contorno exterior del alma, pueden ser más bajos que el promedio, debido a su menor flujo de neutrones como resultado de fuga de neutrones. Si éste fuera el caso, aparecería en la formación de tablero de ajedrez, con 50% de densidad de barra de control que no produciría el valor mínimo posible del valor de barra de control.

15  
20  
25 Retirando más barras de control sobre el contorno exterior del alma es posible incrementar el flujo en el contorno del



340562

1 alma, lo que tiene el efecto de establecer la condición en  
que cada barra de control de nuevo tiene el valor medio (y  
por lo tanto el mínimo). Sin embargo, esto no es necesario,  
5 puesto que el flujo en un reactor nuclear no es uniforme a  
través de todo el alma y usualmente el combustible sobre el  
contorno tiene una mayor multiplicación de exceso de neutro-  
nes incontrolados, lo que puede deberse a la caída de exposi-  
ción o a la distribución de tóxico combustible. Esto tende-  
rá a compensar el arriba mencionado efecto de fuga de alma,  
10 en un alma finita y forzará el valor de la barra del valor  
máximo de barra para que esté cerca del valor medio (mínimo).  
Por lo tanto, se observará que el patrón de tablero de aje-  
drez, del que se derivan los patrones operativos de las fi-  
guras 20 a 25, está únicamente adecuado para conseguir el  
15 valor mínimo de barra de control a través del alma entera  
incluyendo el contorno exterior.

Como se ha indicado anteriormente, existen muchas  
diferentes secuencias de retirada de barra de control que  
podrían utilizarse para llegar a los patrones de tablero de  
20 ajedrez mostrados en las figuras 19 y 19A. El presente in-  
vento se ocupa de la secuencia única de retirada de barra  
de control, que se usa para llegar a estas configuraciones  
de tablero de ajedrez. Para conseguir este objetivo es ne-  
cesario que el valor de las barras de control, que permane-  
cen en el alma en cada paso de la secuencia de retirada,  
25 esté tan cerca como sea posible de un valor medio (o valor  
mínimo). Esto se ha conseguido utilizando la formación bá-



340562

1 sica de 3 x 3 descrita en la figura 5. La formación de 3 x  
3 hace posible tener patrones únicos de retirada, tales que  
el primero y segundo grupos (Grupo 1 y Grupo 2, de las figu-  
ras 8 y 9, respectivamente) de barras retiradas, no tenga  
5 retirados sus vecinos más próximos ( $N_2$ ) o sus vecinos que  
les siguen en proximidad ( $N_3$ ). Deberá observarse que las  
barras de control, situadas en las posiciones del centro  
( $N_1$ ) de las formaciones de 3 x 3 de las redes I y II se re-  
tirarán del Grupo 1 y Grupo 2 como se describirá posterior-  
10 mente respecto a las figuras 8 y 9.  $N_1$  de la formación de  
3 x 3 de la figura 5 se refiere a la barra de control del  
centro de la formación de 3 x 3, pero no necesariamente a  
la barra del control del centro del alma del reactor, como  
se describirá respecto a las figuras 6A hasta 6E y 7A hasta  
15 7D. Las barras retiradas en los grupos 3<sup>a</sup> y 4<sup>a</sup> (Grupo 3 y  
Grupo 4 de las figuras 10 a 17) son las vecinas siguientes  
a las más próximas ( $N_3$ ) mientras que los vecinos más próxi-  
mos ( $N_2$ ) no se retiran hasta después de haber conseguido el  
punto de densidad de 50% de barra de control. Durante el  
20 funcionamiento de energía del reactor se ha encontrado de-  
seable hacer funcionar el reactor a partir de patrones, en  
que la barra central está inserta (secuencia A de la figura  
19) o en que la barra central es retirada (Secuencia B, de  
la figura 19A). Como se ha observado anteriormente, la ba-  
25 rra del centro del alma del reactor se usa como una referen-  
cia sólo desde el punto de vista de la conveniencia; sin em-  
bargo, la siguiente descripción de patrones de barras de con



340562

1 trol y Secuencias se derivará de esta referencia y de las formaciones de 3 x 3 .

5 Las figuras 6A hasta 6E y 7A hasta 7D ilustran todas las formaciones posibles de partida de 3 x 3. La posición particular de la formación de partida respecto a la barra del centro del alma del reactor, establecerá las posiciones de la red I y del grupo 1 (véase figura 8) en el alma del reactor. Las posiciones de la red II y del Grupo 2 (véase figura 9) se derivan de la red I.

10 En las figuras 6A hasta 6E se ilustran todas las formaciones de partida de 3 x 3 posibles para el patrón de tablero de ajedrez de salida de barra central (Secuencia B). En la disposición de la figura 6A, la barra central del alma del reactor se quitaría durante la supresión de las barras de control del Grupo 1, y en las formaciones de partida de las figuras 6B hasta 6E la barra del centro del alma del reactor se retirará, bien sea durante la operación del grupo 3 ó bien del grupo 4. En las figuras 7A hasta 7D se ilustran todas las formaciones posibles de partida de 3 x 3 que pueden usarse para conseguir el padrón de tablero de ajedrez de entrada de barra central (Secuencia A). Esto se consigue seleccionando la formación de 3 x 3 en el alma del reactor, de tal modo que la barra del centro del alma del reactor esté colocada en cualesquiera de las posiciones de vecindad más próxima ( $N_2$ ). Con esta selección de la red I ó de las formaciones de 3 x 3 del Grupo 1 la barra de control del centro nunca es retirada en el procedimiento de conseguir

15

20

25



340562

1 el patrón de tablero de ajedrez y durante la operación de energía.

Haciendo ahora referencia al funcionamiento del reactor de acuerdo con el presente invento, el siguiente resumen se cita a modo de introducción.

5 Cada una de las dos Secuencias (A y B) de las figuras 19 y 19A se forman por la retirada en Secuencia de cuatro grupos básicos de barra de control que se mencionará como Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3 y Grupo 4 de las figuras 8 a 17. Estos grupos de barras de control se retirarán en Secuencia y todas las barras de control en cada grupo son completamente (con algunas excepciones infrecuentes) retiradas antes de proceder al grupo siguiente.

15 Las posiciones particulares de estos cuatro grupos básicos de barra de control en el alma del reactor se derivan de dos redes geométricas, que se mencionarán como red I y red II. Por conveniencia, la red I y el Grupo 1 se muestran juntos en la figura 8, y la red II y el Grupo 2 se muestran juntos en la figura 9. Cada una de estas redes está compuesta de una pluralidad de formaciones cuadradas de 3 x 3 solapadas de barras de control, y cada formación incluye así nueve barras de control.

20 Como se ilustra en la figura 8, la red I, comprende de una pluralidad de formaciones de 3 x 3 formadas en el alma del reactor de tal modo que la barra de control, en cada una de las posiciones de esquina de cada formación, es común con la barra de control en la posición de esquina



340562

1

de una formación de 3 x 3 diagonalmente adyacente.

5

Como se ilustra en la figura 9, la red II comprende una pluralidad de formaciones de 3 x 3 formadas en el al ma del reactor de tal modo que pares adyacentes de barras de control, en las posiciones de esquina de cada formación, son comunes con pares adyacentes de barras de control en las posiciones de esquina de formaciones adyacentes de la red I.

10

Como se ilustra en la figura 8, el Grupo I consis te en todas las barras de control en las posiciones del centro de las formaciones de 3 x 3 de la red I y se identifi can con el número de referencia 1. Como se ilustra en la figura 9, el Grupo II consiste en todas las barras de control en las posiciones del centro de las formaciones de 3 x 3 de la red II y se identifican por el número de referencia 2. Como se ilustra en las figuras 10, 12, 14 y 16, todas las del Grupo 3 consisten en barras del control de esquina colocadas a lo largo de diagonales seleccionadas en las for maciones de 3 x 3 ó bien de la red I ó de la red II y se identifican por el número de referencia 3. Estas diagonales, cuando se extienden más allá de sus formaciones, ó bien son comunes o paralelas a las otras diagonales seleccionadas. Como se ilustra en las figuras 11, 13, 15 y 17, el Grupo 4 consiste en las restantes barras de control de esquina en las formaciones de 3 x 3 de la misma red y se iden tifican por el número de referencia 4. Estas restantes barras de control de esquina están situadas a lo largo de

15

20

25



1967

- 26.-

340562

1 diagonales, que tienen una relación perpendicular con las diagonales selectas.

5 Haciendo referencia a la figura 8 debe entenderse que la red I ilustrada de formaciones de 3 x 3, se repite a través de toda el alma del reactor, y esta repetición se indica por las formaciones de 3 x 3 mostradas por líneas de puntos. A causa de la disposición de las formaciones de la figura 8 que son genéricas para el presente invento, estas formaciones de 3 x 3 no están definidas respecto a una

10 referencia fija tal como la barra de control del centro del alma del reactor. Deberá observarse que la formación 61 de 3 x 3 de la figura 8 podría ser cualesquiera de las formaciones de partida mostradas en la figura 6A hasta 6E (barra del centro introducida), o cualesquiera de las formaciones

15 de partida mostradas en las figuras 7A hasta 7D (barra del centro fuera). En adición, deberá observarse que, cambiando la barra de control de referencia a la barra de control 65 de la figura 3, por ejemplo, entonces la formación de 3 x 3 de la figura 8, tendría que tener la barra de control

20 65 como barra del centro de aquella formación, y la formación 61 de 3 x 3 de la figura 3 tendría la barra de control del centro del alma del reactor, como su barra de centro, lo que correspondería a las formaciones de partida mostradas en la figura 6A.

25 Como se ha mencionado anteriormente, en el Grupo 1 de la figura 8 la retirada de las barras de control desde el alma está limitada a la barra del centro de cada una



367

- 27.-

340562

1 de las formaciones de 3 x 3 y todas las barras del centro  
de las formaciones de 3 x 3 en el alma del reactor tienen  
que retirarse antes de proceder al siguiente grupo (Grupo  
2). Según esto, el operador del reactor o la máquina auto-  
5 mática, según el caso, tiene que ocasionar la retirada de  
las barras del centro del Grupo 1. Seleccionando esta Se-  
cuencia de retirada puede observarse que no ha habido una  
retirada de una barra de control más próxima ( $N_2$ ) o de una  
barra de control siguiente a la más próxima ( $N_3$ ) en ninguna  
10 de las formaciones de 3 x 3 de la red I.

El Grupo I de barras de control está dispuesto de  
tal modo que el efecto real sobre el valor máximo de barra  
debido a la secuencia particular de retirada dentro del Gru-  
po 1 es solamente de importancia de segundo orden. Sin em-  
15 bargo si se desea, el Grupo 1, así como otros grupos descri-  
tos a continuación, pueden subdividirse de tal modo que se  
consiga la retirada de las barras del Grupo 1 situadas cen-  
tralmente, en primer lugar y en último lugar las barras del  
grupo 1 situadas periféricamente. Esta secuencia de reti-  
20 rada desde dentro hacia fuera puede ser deseable si la ins-  
trumentación de puesta en marcha está situada dentro del  
alma, puesto que los instrumentos serán más sensibles a las  
variaciones de reactividad si las barras del centro son sa-  
cadas primeramente. También puede ser deseable retirar las  
25 barras centrales del grupo 1 primero, puesto que la densidad  
de la cortina de tóxico en la vecindad de los haces perifé-  
ricos está frecuentemente reducida, lo que, durante la con-



1967

- 28.-

340562

1  
5  
dición fría del reactor puede compensar excesivamente las fugas del alma y pueden dar por resultado un exceso de factor de multiplicación en los haces periféricos. Otras subdivisiones de estos grupos pueden hacerse como sea necesario. Sin embargo, todas las agrupaciones subdivididas de un grupo dado tienen que completarse antes de proseguir al grupo siguiente.

10  
15  
20  
25  
En la figura 9 se ilustra el grupo siguiente de barras de control que deben ser retiradas del alma del reactor. Este grupo (Grupo 2) de barras de control se selecciona de tal modo que las formaciones de 3 x 3 de la red II no incluyan una barra retirada ni en la posición de barra de control más próxima ( $N_2$ ) ni en la posición siguiente a la más próxima ( $N_3$ ). También se observará que esta red de formaciones de 3 x 3 está seleccionada de tal modo que las dos esquinas comunes a un lado de cada formación de 3 x 3, sean comunes a las dos esquinas de las formaciones de 3 x 3 de la red I de la figura 8. Esto es, las barras de control superiores siguientes a la más próxima ( $N_3$ ) de las formaciones de 3 x 3 de la red I son comunes a las barras de control inferiores 13 siguientes a las más próximas ( $N_3$ ) de las formaciones de 3 x 3 de la red II como se ilustra en las figuras 8 y 9. Las formaciones de 3 x 3 de la red II también dan por resultado una red, en que la barra de control de esquina de cada formación es común a la barra de control de esquina de una formación adyacente, como era el caso en las formaciones de la red I. Después de haberse establecido las



340562

1

formaciones de 3 x 3 de la red II, la barra del centro de cada formación se retira entonces, lo que da por resultado el patrón ilustrado en la figura 9. Estas barras centrales del Grupo 2 se indican por el número de referencia 2 en la figura 9 y por el número de referencia 1 en la figura 9 se ilustran las barras de control retiradas del Grupo 1, como se ha descrito anteriormente.

En este punto de la puesta en marcha del reactor, existe un incremento en la reactividad del reactor nuclear, sin embargo está por debajo de la necesaria para que el reactor se haga crítico. Durante este período de funcionamiento es importante que todas las barras de control del Grupo 1 se retiren primeramente, después todas las barras de control del Grupo 2 deberán retirarse y que no se retire ninguna otra barra de control. El incumplimiento de esta secuencia puede dar por resultado un alto valor de barra, lo que puede dar por resultado excursiones nucleares o situaciones de preparación, que más tarde pueden dar por resultado una excursión nuclear.

Después de haberse retirado todas las barras de control de los grupos 1 y 2, las barras de control de los Grupos 3 y 4 pueden ser retiradas, comenzando, o bien con la red I como patrón de referencia o bien con la red II como patrón de referencia. Estos patrones de partida alternativos para el Grupo 3 (que deben ser seguidos por el Grupo 4) permiten al operador del reactor una mayor flexibilidad de operación. En las figuras 10, 11, 12 y 13 se ilustran dos

25



1967

- 30.-

340562

1 juegos de secuencias de retirada de barra de control del Grupo 3 y Grupo 4, que pueden hacerse usando la red I como patrón de referencia. En las figuras 14, 15, 16 y 18 se ilustran otros dos juegos de secuencias de retirada de barra de control del grupo 3 y del Grupo 4, que pueden hacerse usando la red II como patrón de referencia.

5 El primer juego de secuencias de retirada de barra se menciona como Grupos 3A y 4A de las figuras 10 y 11 y el segundo juego se cita como Grupos 3B y 4B de las figuras 12 y 13. En la figura 10 se ilustra el patrón de retirada del Grupo 3A que se deriva de la red I de la figura 8 y constituye uno de los dos grupos en el arriba mencionado primer juego. En el grupo 3A, las barras de control que deben retirarse, son las dos barras de esquina, situadas a lo largo de una diagonal seleccionada de cada una de las formaciones de 3 x 3, donde todas las diagonales seleccionadas se extienden en la misma dirección. En la figura 10 puede observarse, que estas barras son las barras de control interior derecha y superior izquierda de cada una de las formaciones de 3 x 3. La figura 10 también ilustra la posición de todas las barras de control que han sido retiradas de las formaciones de 3 x 3 y deberá observarse que el valor mínimo de barra está procurado, puesto que las barras de esquina del Grupo 3A son las vecinas siguientes a la próxima ( $N_3$ ) tanto de las barras del control Grupo 1 como del Grupo 2.

En la figura 11 se ilustra el patrón de retirada



340562

1

del Grupo 4A, que inmediatamente sigue a la retirada de las barras de control del Grupo 3A y constituye el otro grupo del primer juego. En la figura 11 se ha observado que las barras de control del Grupo 4A están situadas en la esquina inferior izquierda y superior derecha de las formaciones de 3 x 3 de los Grupos 1 y 3A y son los vecinos siguientes más próximos ( $N_3$ ) del Grupo 1 de barras de control. Después de la retirada de todas las barras de control del Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3A y Grupo 4A, existirá una densidad de barra de control de 50% y un patrón de tablero de ajedrez resultante de barras de control, como se describe en las figuras 11 y 19. Deberá observarse particularmente que se consigue el mínimo de valor de barra, puesto que ninguna barra individual de control en la formación de tablero de ajedrez tiene retirado su vecino más próximo ( $N_2$ ).

5

10

15

20

25

En la figura 12 se ilustra el patrón de retirada del Grupo 3B, que se deriva de la red I de la figura 4 y constituye uno de los dos Grupos del arriba mencionado segundo juego. En el Grupo 3B las barras de control, que deben retirarse son las dos barras de esquina colocadas a lo largo de una diagonal seleccionada de cada una de las formaciones de 3 x 3, en que todas las diagonales seleccionadas se extienden en la misma dirección, pero son perpendiculares a las diagonales del grupo 3A de la figura 10. De la figura 12 puede observarse que estas barras son las barras de control inferior izquierda y superior derecha de cada formación de 3 x 3, en lugar de las barras de control inferior



13 MAR 1967

- 32.-

340562

1  
rior derecha y superior izquierda, como en el grupo 3A de  
la figura 10. Como en el caso del Grupo 3A, la retirada  
del grupo 4A de barras de control da por resultado un valor  
mínimo de barra, puesto que las barras de esquina del Grupo  
5 4A son las vecinas siguientes a las más próximas ( $N_3$ ) tanto  
al Grupo 1 como al Grupo 2 de barras de control.

En la figura 13 se ilustra el patrón de retirada  
del grupo 4B, que sigue inmediatamente a la retirada de las  
barras de control del Grupo 3A y constituye el otro Grupo  
10 del segundo juego. En la figura 13 puede observarse, que  
las barras de control del Grupo 4B están colocadas en los  
ángulos inferior derecho y superior izquierdo de las forma-  
ciones de 3 x 3 de los grupos 1 y 4A y son los vecinos si-  
guientes a los más próximos ( $N_3$ ) del Grupo 1 de barras de  
15 control. Después de la retirada de todas las barras de con-  
trol de los Grupos 1, Grupo 2, Grupo 3B y Grupo 4B existirá  
una densidad de barra de control de 50% y un patrón de ta-  
blero de ajedrez resultante de barra de control, como se  
describe en las figuras 12 y 19. A su vez, deberá observar  
20 se particularmente, que se consigue el mínimo de valor de  
barra, puesto que ninguna barra de control individual en la  
disposición de tablero de ajedrez tiene retirado su vecino  
más próximo ( $N_2$ ).

De la discusión arriba citada resultará aparente  
25 que el patrón del tablero de ajedrez puede conseguirse a  
partir de la formación de 3 x 3 de la red I en cualesquiera  
de dos juegos de secuencias de grupo. Estas son (1) Grupo

13 MAY 1967



- 33.-

340562

1

1, Grupo 2, Grupo 3A y Grupo 4A, y (2) Grupo 1, Grupo 2 y Grupo 3B y Grupo 4B. También es posible llegar al mismo patrón de tablero de ajedrez desde formaciones de 3 x 3 de la red II en lugar de las formaciones de 3 x 3 de la red I.

5

Esto se consigue por cualesquiera de dos cursos.

10

El primer curso consiste en retirar grupos de acuerdo con la secuencia siguiente: Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3C (figura 14) y Grupo 4C (figura 15). En la figura 14 puede observarse que en el Grupo 3C las barras de control inferior derecha y superior izquierda están retirados de las formaciones de 3 x 3 de la red II y en la figura 16 puede observarse que en el Grupo 4C en las barras de control inferior izquierda y superior derecha están retiradas de las formaciones de la red II. En la figura 15 también puede observarse que el patrón resultante es el de un tablero de ajedrez, que tiene la misma configuración final que los patrones de tablero de ajedrez mostrados en la figura 11.

15

20

El segundo curso consiste en retirar barras de control de acuerdo con la secuencia siguiente. Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3D (figura 16) y Grupo 4D (figura 17). En esta secuencia, las barras del grupo 3D están seleccionadas de las esquinas inferior izquierda y superior derecha de las formaciones de 3 x 3 de la red II como se observa en la figura 16. Las barras del grupo 4D están seleccionadas de las esquinas inferior derecha y superior izquierda de las formaciones de 3 x 3 de la red II como se ilustra en la figura 17. También deberá observarse que el patrón de tablero de ajedrez resul-

25



340562

1  
tante de esta secuencia de retirada es el mismo de las se-  
cuencias anteriormente descritas.

Lo que sigue es un resumen de las secuencias de  
grupo, que pueden usarse para llegar al deseado patrón de  
5 tablero de ajedrez.

(I) Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3A (del Grupo 1)  
Grupo 4A (de los Grupos 1 y 3A)

(2) Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3B (del Grupo 1),  
Grupo 4B (de los Grupos 1 y 3B)

10 (3) Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3C (del Grupo 2) Gru-  
po 4B (de los Grupos 2 y 3C)

(4) Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3D (del Grupo 2) y  
Grupo 4D (de los Grupos 2 y 3D)

15 Las secuencias arriba descritas son las secuencias  
básicas requeridas para mantener el valor mínimo de barra  
de las barras de control en el alma del reactor. Sin embar-  
go, deberá entenderse que estas mismas secuencias pueden  
ser descritas de otras maneras. Por ejemplo, la secuencia  
A de la figura 19 fué definida como Grupo 1, Grupo 2, Grupo  
20 3A ó 3C y, Grupo 4A y 4C. De la figura 19 puede observarse  
que la formación de partida de 3 x 3 fué la mostrada en la  
figura 7C para la situación de la barra del centro introdu-  
cida. Deberá observarse que, si la formación de partida de  
3 x 3 ha sido seleccionada, como la mostrada en la figura  
25 7D, entonces las barras de control, identificadas como Gru-  
po 4 en la figura 19, serían las barras inicialmente retira-  
das y, por lo tanto, podrían volverse a definir como barras



340562

1

del Grupo 1. Por ello, la secuencia de retirada puede defini-  
 nirse de nuevo por este ejemplo seleccionado como Grupo 4,  
 Grupo 3, Grupo 2 y Grupo 1. Este mismo análisis puede ha-  
 cerse si se habían supuesto las figuras 7A y 7B como las  
 formaciones de partida donde las respectivas secuencias de  
 retirada hubieran sido Grupo 2, Grupo 1, Grupo 3 y Grupo 4,  
 y Grupo 3, Grupo 4, Grupo 1 y Grupo 2. De manera análoga,  
 este análisis equivalente puede hacerse respecto a la Se-  
 cuencia B (barra del centro fuera) de la figura 20 y con  
 formaciones de partida desde 6A hasta 6E, donde la forma-  
 ción de partida 6A corresponde a la figura 19A. La tabla  
 siguiente es un resumen de todas las combinaciones posibles  
 de secuencias permitidas de retirada e inserción:

5

10

SECUENCIAS PERMITIDAS DE RETIRADA E INSERCIÓN.  
 = = = = =

15

Grupo	Grupo	Grupo	Grupo
1	2	3	4
1	2	4	3
2	1	3	4
2	1	4	1
4	3	2	1
4	3	1	2
3	4	2	1
3	4	1	2

20

25

Deberá observarse particularmente que los Grupos  
 1 y 2 pueden intercambiarse y que los Grupos 3 y 4 pueden  
 intercambiarse también. Sin embargo, los Grupos 1 ó 2 no  
 pueden intercambiarse como los Grupos 3, ó 4 ya que ésto es-



340562

- 36.-

1  
tablecería patrones de elevado valor de barra. Por ejemplo,  
la Secuencia de grupos 1, 3, 2 y 4 sería indeseable por las  
siguientes razones: El valor de las barras del Grupo 3  
(cuando están retiradas en el segundo paso) sería mayor que  
5 el valor de las barras del Grupo 2 (cuando se retiran en el  
segundo paso), puesto que las barras del Grupo 3 están mu-  
cho más cerca de las barras del Grupo 1 (una en cada lado)  
de lo que están las barras del Grupo 2 (máxima posición dis-  
tante posible de las barras del Grupo 1). Por lo tanto,  
10 cuando las barras del Grupo 1 están retiradas, los haces de  
combustible adyacentes a las barras retiradas del Grupo 1,  
generarán neutrones, muchos de los cuales tienen una longi-  
tud de recorrido de un pié en la dirección radial, lo que  
generará un flujo más alto en la vecindad de las barras del  
15 Grupo 3, que en la vecindad de las barras del Grupo 2. En  
efecto, las barras del Grupo 2 reciben el mínimo posible de  
neutrones del haz de combustible adyacente a las barras del  
Grupo 1 ya que se alejan más. Las barras del Grupo 4 ten-  
drían el mismo alto valor de barra que las barras del Grupo  
20 3 si se retirasen inmediatamente después de las barras del  
Grupo 1. Obsérvese también que la barra de control más pró-  
xima ( $N_2$ ) no es retirada hasta después de haberse formado  
el patrón de tablero de ajedrez. Además, las barras del  
Grupo 3 y Grupo 4 están espaciadas a la distancia máxima po-  
25 sible de las barras del Grupo 1 y del Grupo 2 que fueron  
anteriormente retiradas. Por lo tanto, puede observarse  
que cualesquiera de las secuencias de retirada arriba descri



340562

1

tas procura el valor mínimo de barra de control, manteniendo un patrón uniformemente disperso a través del alma del reactor.

5

Los patrones de retirada de barra de control, discutidos hasta ahora, han sido limitados a la retirada completa o a la inserción completa de cualquier barra de control seleccionada. Por ejemplo, cualquier barra de control seleccionada dentro del Grupo 1, o bien estuvo totalmente retirada o totalmente inserta y cada una de las barras dentro de aquel Grupo o bien estuvieron totalmente retiradas o totalmente insertas. Existen situaciones, en que el valor de barra de control puede reducirse ulteriormente subdividiendo cada uno de los grupos anteriormente discutidos, en varios subgrupos. Estos subgrupos pueden ser divididos sobre la base de un tanto por ciento de retirada de barra de control. Por ejemplo, la retirada axial de cualquier barra de control dada puede ser subdividida en cinco diferentes subgrupos, como se ilustra en la figura 18, donde cada subgrupo representa el 20% de la longitud total de la retirada de barra de control. En la figura 18 la barra de control 32 es mostrada en la posición plenamente inserta, así como en varias posiciones de retirada de tanto por ciento, como se muestra por líneas de puntos que se identifican por Grupo 1 - subgrupos 1 a 5 -. Con el fin de reducir al mínimo el valor de barra, es deseable que la secuencia de retirada de cada subgrupo se complete antes de proceder al siguiente subgrupo. Por ejemplo, todas las barras de control del Grupo

10

15

20

25



340562

1  
po 1 deberían quitarse a la posición de 20% de retirada del  
subgrupo 1 antes de que aquellas barras se retiren a la po-  
sición de 40% del subgrupo 2. Por lo tanto las barras del  
Grupo 1 se retiran primero de acuerdo con el subgrupo 1,  
5 después de acuerdo con el subgrupo 2, después de acuerdo con  
el subgrupo 3, después según el subgrupo 4 y finalmente de  
acuerdo con el subgrupo 5. Después de completar el Grupo 1  
- subgrupo 5 - el paso siguiente es proseguir hasta el Gru-  
po 2, lo que puede disponerse también en subgrupos como lo  
10 fué el Grupo 1. El procedimiento que debe seguirse, si el  
grupo 2 es dividido en subgrupos, es el mismo que se ha de-  
finido respecto al Grupo 1. Después de haberse completado  
el Grupo 2 (junto con cualesquiera subgrupos, que pudieran  
estar incluidos) las barras del Grupo 3 se retiran (lo que  
15 también puede incluir subgrupos) y después finalmente las  
barras del Grupo 4 se retiran (lo que también puede incluir  
subgrupos). La retirada del Grupo 4 y de todos los subgru-  
pos da por resultado el patrón del tablero de ajedrez ante-  
riormente descrito. Como se ha indicado anteriormente, la  
20 división en subgrupos, mostrada en la figura 18 es solo ilus-  
trativa, y diferentes números de subgrupos pueden seleccio-  
narse dependiendo de las características del alma del reac-  
tor y del grado requerido de reducción al mínimo del valor  
de la barra necesario. La razón de que son útiles los sub-  
25 grupos para reducir al mínimo el valor de barra es que las  
barras restantes en el alma del reactor se acercarán más  
próximamente al promedio y por ello al valor mínimo del va-



1967

340562

- 39.-

1

lor de barra cuando se emplean pequeños incrementos de retirada de barra.

5

En las figuras 19 y 19A se ilustran los dos patrones posibles de tablero de ajedrez de densidad de 50% de barra de control, que pueden hacerse de acuerdo con el presente invento. El patrón mostrado en la figura 19 se menciona

10

como Secuencia A y tiene la barra central de control en la posición totalmente inserta. El patrón ilustrado en la figura 19A se menciona como Secuencia B y tiene la barra central en la posición totalmente retirada. La Secuencia A se

15

consigue seleccionando inicialmente una de las formaciones de partida, ilustradas en las figuras 6A hasta 6E y prosiguiendo después con los Grupos 1 a 4, que dan por resultado el patrón final de tablero de ajedrez. Los números mostrados en el alma de la figura 19 ilustran la situación de los

20

Grupos particulares de barra de control retirados del alma del reactor. De la anterior discusión puede observarse que las secuencias usadas para llegar al patrón de tablero de ajedrez de la figura 19 fueron la retirada secuencial del Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3A ó Grupo 3C, y finalmente Grupo

25

4A ó Grupo 4C. Otras Secuencias de Grupo podrían usarse como se ha descrito anteriormente. La Secuencia B (barra del centro fuera) se consigue seleccionando inicialmente una de las formaciones de partida ilustradas en las figuras 7A hasta 7B y prosiguiendo con los Grupos 1 a 4, lo que da por resultado el patrón final de tablero de ajedrez mostrado en la figura 19A. Los números mostrados en el alma de la figura



340562

1  
19A ilustran los grupos particulares de barra de control re-  
tiradas del alma del reactor. Las Secuencias utilizadas pa-  
ra llegar al patrón de tablero de ajedrez de la figura 19A  
fueron la retirada secuencial del Grupo 1, Grupo 2, Grupo  
5 3B ó 3D y finalmente Grupo 4B ó 4D. Otras secuencias A y B  
son particularmente útiles durante las operaciones de "cam-  
bio de barra" que se ejecutan durante el funcionamiento del  
reactor y típicamente en intervalos de alrededor de dos me-  
ses.

10 Para un nuevo núcleo o alma se conseguirá la con-  
dición de prestación en caliente (esencialmente salida cero  
de energía) cuando alrededor de 45% a 55% de las barras de  
control están retiradas. Para poner el reactor en funciona-  
miento de energía, ahora es necesario retirar barras de con-  
15 trol adicionales. Con una nueva alma, 100% de la salida  
promediada de energía se conseguirá cuando alrededor del 70%  
de las barras de control han sido retiradas. En un reactor  
de agua hirviendo, cuando cada barra es retirada, ocurre  
ebullición adicional, que reduce el moderador y lleva el al-  
20 ma al equilibrio a un nuevo nivel de energía. Durante las  
primeras semanas del funcionamiento del reactor existe una  
rápida formación de intoxicación de xenon y samarium en el  
combustible de modo que es necesario retirar un 5% adicional  
de barras de control, dando por resultado alrededor de 65%  
25 de retirada al 100% de energía promediada. A continuación  
de la formación de xenon y samarium, se forma el isótopo fu-  
sionable Pu-239 por U-238 produciendo la captura de neutro-



340562

1 nes Np-239, que rápidamente decae en Pu-239. Esta forma-  
ción de Pu-239 efectivamente dará por resultado un incremen-  
to en el  $k_{\infty}$  del reactor y, por lo tanto, requerirá la in-  
serción de posiblemente 1% de las barras de control durante  
5 los próximos pocos meses de funcionamiento. Después de es-  
te periodo existirá casi un aumento lineal en el  $k_{\infty}$  o reac-  
tividad del combustible, de modo que será necesario retirar  
gradualmente las barras de control restantes en el reactor  
para mantener el mismo al 100% de energía promediada. Con  
10 un alma nueva, un reactor se hace funcionar típicamente du-  
rante 1,5 - 2 años sin repostar combustible. Durante este  
periodo existirá cambio periódico de barras de control para  
mantener uniforme la exposición de combustible y cortes pe-  
riódicos por otras razones tales como la redistribución de  
15 haces de combustible y conservación. Al final del primer  
ciclo, alrededor de 98% de las barras de control habrá sido  
retirado a 100% de energía promediada. El restante 2% es  
necesario para conseguir apropiadas características de alma,  
tales como distribuciones uniformes de energía, que impide  
20 excesivo calentamiento. Después el reactor se cierra para  
repostar combustible. Cuando está cerrado, una carga par-  
cial de nuevo combustible se inserta en el reactor de tal  
modo que entonces funcione durante un periodo típico de un  
año. Después de esto continuará la recarga parcial anual.  
25 Durante todas las operaciones de puesta en marcha, cierre  
y cambio de barras, el presente invento se emplea de las  
maneras arriba descritas.



340562

1  
5  
10  
15  
20  
25

La secuencia de retirada preferida más allá del punto de densidad de 50% para las Secuencias A y B de las figuras 19 y 19A se ilustran respectivamente en los patrones de funcionamiento de energía de las figuras 20 y 21. Los patrones de funcionamiento de energía de las figuras 20 y 21 se mencionan respectivamente como Secuencia A y Secuencia B puesto que respectivamente se derivan de los patrones de densidad de 50% de Secuencia A y Secuencia B de las figuras 19 y 19A. En las figuras 20 y 21 los pequeños círculos denotan barras de control retiradas que corresponden a los números de referencia 1 a 4 de las figuras 19 y 19A respectivamente. Los números de referencia 5 y 6 de las figuras 20 y 21 señalan las barras de control del Grupo 5 y del Grupo 6 que deberán retirarse de la manera descrita a continuación.

En la figura 20 se ilustra los patrones de funcionamiento de energía de la Secuencia A, donde la barra central permanece inserta y, durante las operaciones de energía, las barras de control son retiradas secuencialmente de acuerdo con los Grupos 5 y 6. Las barras de control periféricas del Grupo 5 son retiradas inicialmente, porque esto procura características más uniformes de aplanamiento de energía del alma del reactor, puesto que esta retirada de barra de control periférica compensa la fuga de neutrones en las regiones periféricas. Después de haberse retirado todas las barras del Grupo 5, se retiran selectivamente las barras del Grupo 6 durante el funcionamiento del



340562

1

reactor de la manera descrita a continuación.

La figura 21 ilustra los patrones de funcionamiento de energía de la Secuencia B, donde la barra del centro se retira y las barras de control se retiran secuencialmente de acuerdo con los Grupos 5 y 6. Las barras de control periféricas del Grupo 5 se retiran inicialmente por las razones mencionadas respecto a la Secuencia A. Deberá observarse que el valor de todas las barras en el reactor está a un mínimo y, por lo tanto, cualquier secuencia particular de retirada del grupo 5 es permisible desde el punto de vista del valor de barra. Después de haberse retirado las barras del Grupo 5, se retiran selectivamente las barras del Grupo 6 durante el funcionamiento del reactor de la manera descrita a continuación.

15

En las figuras 22 a 25 se ilustran los patrones de retirada del Grupo 6 que pueden utilizarse durante el funcionamiento de energía. En estas figuras los signos de referencia "S" representan una inserción de barra de control de poco calado, que pueden definirse como una inserción de no más de  $1/3$  dentro del alma y el signo de referencia "D" representa barras de control, que tienen una inserción profunda en el alma del reactor, que puede definirse como una inserción de  $2/3$  ó más dentro del alma del reactor. Todas las celdas restantes de estas figuras tienen retiradas las barras de control. Deberá observarse, que la Secuencia de retirada de estas barras de control puede ser en aproximadamente anillos concéntricos. Por lo tanto, dentro de una

25



13

- 44.-

340562

1 región generalmente circular en el centro del alma, las barras de control están situadas para mantener la densidad de energía tan constante como sea posible. Esto se consigue manteniendo los patrones simétricos y tan uniformes como sea posible dentro de la región central circular.

5 Las figuras 22 y 23 ilustran dos patrones de barra de control de funcionamiento de energía alternativos, que se derivan de la Secuencia A de la figura 20 (barra de control central inserta) y se señalan respectivamente como

10 Secuencia A-1 y Secuencia A-2. El patrón de funcionamiento de la figura 22 consiste en retirar secuencialmente la barra del centro dejando el primer anillo interno de barras de control en su lugar, retirando el segundo anillo de barras de control, dejando en su sitio el tercer anillo o anillo exterior de barras de control. En la figura 23 la barra

15 de control del centro se deja inserta y en secuencia, se retiran el anillo primero o interno de barras de control, el segundo anillo de barras de control permanece inserto, el tercer anillo de barras de control se retira y el anillo

20 cuarto o exterior de barras de control permanece inserto. De las figuras 22 y 23 puede observarse, que se derivan patrones de retirada de barra de control del patrón de tablero de ajedrez y se seleccionan, de tal modo, que el cambio de barra se efectúe fácilmente durante el funcionamiento de

25 energía. Esto es por razón de que los anillos del centro y cuarto de barras de control están colocados opuestamente y pueden intercambiarse fácilmente. Debería observarse que,



340562

1

aún cuando se retire la barra del centro, como en la Secuencia A-1 de la figura 22, ambas secuencias A-1 y A-2 de las figuras 22 y 23 se derivan de la Secuencia A, que era un patrón de tablero de ajedrez de 50% de densidad teniendo inserta la barra del centro. También es posible el cambio de barra entre la Secuencia A y la Secuencia B.

5

10

15

Las figuras 24 y 25 ilustran dos patrones de barra de control de funcionamiento de energía alternativos, que se derivan de la Secuencia B de la figura 21 (barra del centro retirada) y se mencionan respectivamente como Secuencia B-1 y Secuencia B-2. Esta Secuencia B-1 de patrón de funcionamiento de la figura 24 tiene inserto el anillo interno de barras de control, el segundo anillo retirado, el tercer anillo inserto y el cuarto anillo o anillo exterior retirado. La Secuencia B-2 de patrón de funcionamiento de la figura 25 tiene el anillo primero o interno de barras de control retirado, el segundo anillo de barras de control inserto, el tercer anillo de barras de control retirado y el cuarto anillo de barra de control inserto.

20

25

Hay situaciones, en que no es necesario seguir los patrones de barras de control arriba descritos y las secuencias de retirada o de inserción. En general, esto ocurre cuando (1) el nivel de energía del núcleo excede de un determinado valor mínimo, o (2) cuando se ha retirado una gran fracción de barras de control.

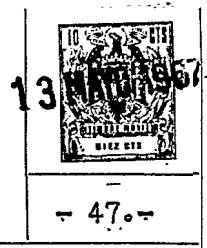
La primera de estas condiciones es ampliamente una función del diseño del reactor. Como consecuencia el nivel



340562

1 de energía, en el que no es necesario emplear control de patrón, puede variar considerablemente. Por ejemplo, si no se usan limitadores de velocidad sobre las barras de control, puede ser deseable usar control de patrón hasta 100% de energía promediada con el fin de asegurar el mínimo valor de barras. Sin embargo, si se usan limitadores de velocidad, entonces puede ser deseable emplear control de patrón solamente hasta aproximadamente 10% de energía promediada. Esto es porque la densidad de punta de energía del combustible es una función, tanto del valor de barra, como de la velocidad potencial de las barras de control.

5  
10  
15  
20  
25 La segunda de estas condiciones es una función del estado de reactividad del combustible en el alma del reactor. Esta condición ocurre, cuando el combustible ha recibido alta exposición y, por lo tanto, tiene un bajo valor de reactividad y un correspondiente bajo valor de barra. Otro ejemplo es cuando el reactor se está haciendo funcionar con un gran contenido de vacío de vapor, pero habiendo recibido el combustible exposición relativamente baja. En esta situación, los vacíos de vapor reducen la actividad del alma y, por lo tanto, hacen innecesario emplear el patrón de control. En cada uno de estos ejemplos las medidas de la condición particular puede hacerse por el número de barras de control, que han sido retiradas. Esto es que después del 75% de barras de control retiradas entonces es necesario usar control de patrón puesto que la reactividad y el valor de barra resultante son bajos. En el primero de



340562

1

estos ejemplos puede haber un bajo nivel de energía, pero una retirada de 55% indicaría alta exposición y una correspondiente baja reactividad. Conversamente, en el segundo de estos ejemplos con un alma de baja exposición, una retirada de barra de 55% indicaría un alto contenido de vacío de vapor y correspondiente baja reactividad.

5

Debe entenderse que el presente invento no debe ser limitado a ningún mecanismo particular para accionar las barras de control de la manera hasta ahora descritas.

10

No se ha descrito ningún sistema mecánico o eléctrico específico para retirar o insertar o bloquear o controlar las barras, puesto que estos mecanismos son bien conocidos para los expertos en la materia. Además, deberá entenderse que el presente invento puede ser practicado por selección manual de barras de control por el operador del reactor de

15

acuerdo con los procedimientos arriba descritos, por selección automática con una máquina digital programada de acuerdo con los procedimientos arriba descritos, o por una máquina programada digital o de otro tipo de memoria que pro-

20

hiba el movimiento de barras, que son manualmente seleccionadas, pero se desvían de los procedimientos arriba descritos.

25

Como se ha indicado anteriormente, los grupos arriba descritos pueden subdividirse ulteriormente, por ejemplo el Grupo 1 puede subdividirse en dos subgrupos, en que el primer subgrupo comprendería la retirada de las barras de control periféricas del Grupo 1, y el segundo sub-



340562

1

grupo comprendería entonces la retirada de las restantes  
barras de control del centro del Grupo 1. La regla general  
es que todas las barras de control en un grupo, sin tener  
en cuenta el número de subgrupos formados, pueden retirarse  
5 antes de proseguir al grupo siguiente. No obstante, también  
deberá entenderse, que pueden haber situaciones, aunque se  
encuentren raramente, en que puede ser deseable desviarse  
de esta regla general y deliberadamente pueden dejarse o in-  
sertarse una o varias de las barras de control de una mane-  
10 ra que no confirma las secuencias descritas. Por ejemplo,  
por razones de experimento, o medición de instrumentos o  
características desusadas de los haces de combustible o ba-  
rras de control o mal funcionamiento del mecanismo impulsor  
de barra de control o causas semejantes puede ser deseable  
15 dejar, por ejemplo, dos barras de control, del Grupo 1 in-  
sertas y proceder después a la retirada de las barras de  
control del Grupo 2.

10

15

-----

20

N O T A . -

=====

La presente patente de invención, comprende las  
siguientes reivindicaciones:

25

1.- Procedimiento para hacer funcionar un reactor  
nuclear comprendiendo medios para manipular barras de con-

13



340562

1

trol en el alma de dicho reactor de acuerdo con un método predeterminado que mantiene valor bajo de barra de control, caracterizado por los pasos de (1) retirar un primer grupo de barras de control desde dicha alma de reactor, (2) retirar un segundo grupo de barras de control desde dicha alma de reactor, (3) retirar un tercer grupo de barras de control de dicha alma de reactor y (4) retirar un cuarto grupo de barras de control de dicha alma de reactor, formando por ello un patrón de tablero de ajedrez, de barras de control en dicha alma de reactor.

5

10

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el número de barras de control en cada uno de dichos grupos es aproximadamente el mismo.

15

3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque no se retiran dos barras de control más próximas.

20

25

4.- Procedimiento según la reivindicación 1, en que dicho reactor tiene una pluralidad de elementos de combustible conteniendo material fisiónable, dispuestos para experimentar una reacción del tipo de fisión autosostenida, estando dispuestos dichos elementos de combustible en un enrejado fijo como un alma, con una pluralidad de barras de control dispuestas oscilablemente en dicha alma, con medios para mover selectiva y oscilablemente dichas barras de control en la citada alma, incluyendo la misma una pluralidad de formaciones de 3 x 3 de barras de control, en que cada formación



367

- 50.-

340562

1

de 3 x 3 consiste en tres filas de tres barras de control cada una y tiene una barra de control en el centro, cuatro barras de control de esquina y cuatro barras de control laterales, teniendo cada una de dichas barras de control una pluralidad de elementos de combustible asociados con las

5

mismas, caracterizado por los pasos de (1) formar una primera red de formaciones de 3 x 3 en el alma del reactor, de tal modo que la barra de control, en cada una de las cuatro esquinas de cada formación, es común con la barra de

10

control en la posición de esquina de una formación adyacente de 3 x 3, (2) formar una segunda red de formaciones de 3 x 3 en el alma del reactor de tal modo que, pares adyacentes de barra de control, en las posiciones de esquina de cada formación de dicha segunda red, son comunes con pares adyacentes de barras de control en las posiciones de esquina de formaciones adyacentes de dicha primera red (3) accio

15

nar sustancialmente todas las barras de control del centro de las formaciones de 3 x 3 de dicha primera red, (4) accio nar sustancialmente todas las barras de control del centro de las formaciones de 3 x 3 de dicha segunda red, (5) accio

20

nar dos de las barras de esquina a lo largo de una de las diagonales de sustancialmente todas las formaciones de 3 x 3, bien sea de la primera red o de la segunda red, (6) accionar las restantes dos barras de esquina a lo largo de la otra diagonal de sustancialmente todas las formaciones

25



340562

1

de 3 x 3, bien sea de la primera red, o de la segunda red.

5

5.-Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque una de las formaciones de 3 x 3 de dicha primera red incluye la barra de control del centro del alma del reactor, bien sea en el centro de la formación de 3 x 3. ó en una de las esquinas de la formación de 3 x 3.

10

6.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque una de las formaciones de 3 x 3 de dicha primera red incluye la barra de control del centro del alma del reactor en una de las cuatro posiciones laterales de cada formación de 3 x 3.

15

7.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque una de las formaciones de 3 x 3 de dicha primera red incluye la barra de control del centro del alma del reactor, bien sea en el centro de la formación de 3 x 3. ó en una de las posiciones de esquina de las formaciones de 3 x 3, formando por ello un patrón de tablero de ajedrez, con la barra de control del centro del alma del reactor fuera, e intercambiando las posiciones de estas barras de control con aquellas que permanecen en el alma.

20

25

8.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque una de las formaciones de 3 x 3 de dicha primera red incluye la barra de control del centro del alma del reactor en una de las posiciones laterales de las



- 52:-

340562

1  
formaciones de 3 x 3, formando por ello un patrón de table  
ro de ajedrez, con la barra de control del centro del alma del reactor dentro, e intercambiando las posiciones de estas barras de control con aquellas que permanecen en el  
5 alma.

9.- Procedimiento para hacer funcionar un reactor nuclear.

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva y se ilustra con los dibujos que a la  
10 misma se acompañan.

Consta la citada memoria de cincuenta y dos hojas foliadas, escritas a máquina por una sola de sus caras.

15 Madrid, a 13 MAYO 1967

CARLOS ROEB  
P. P.

20

25

340562



1967

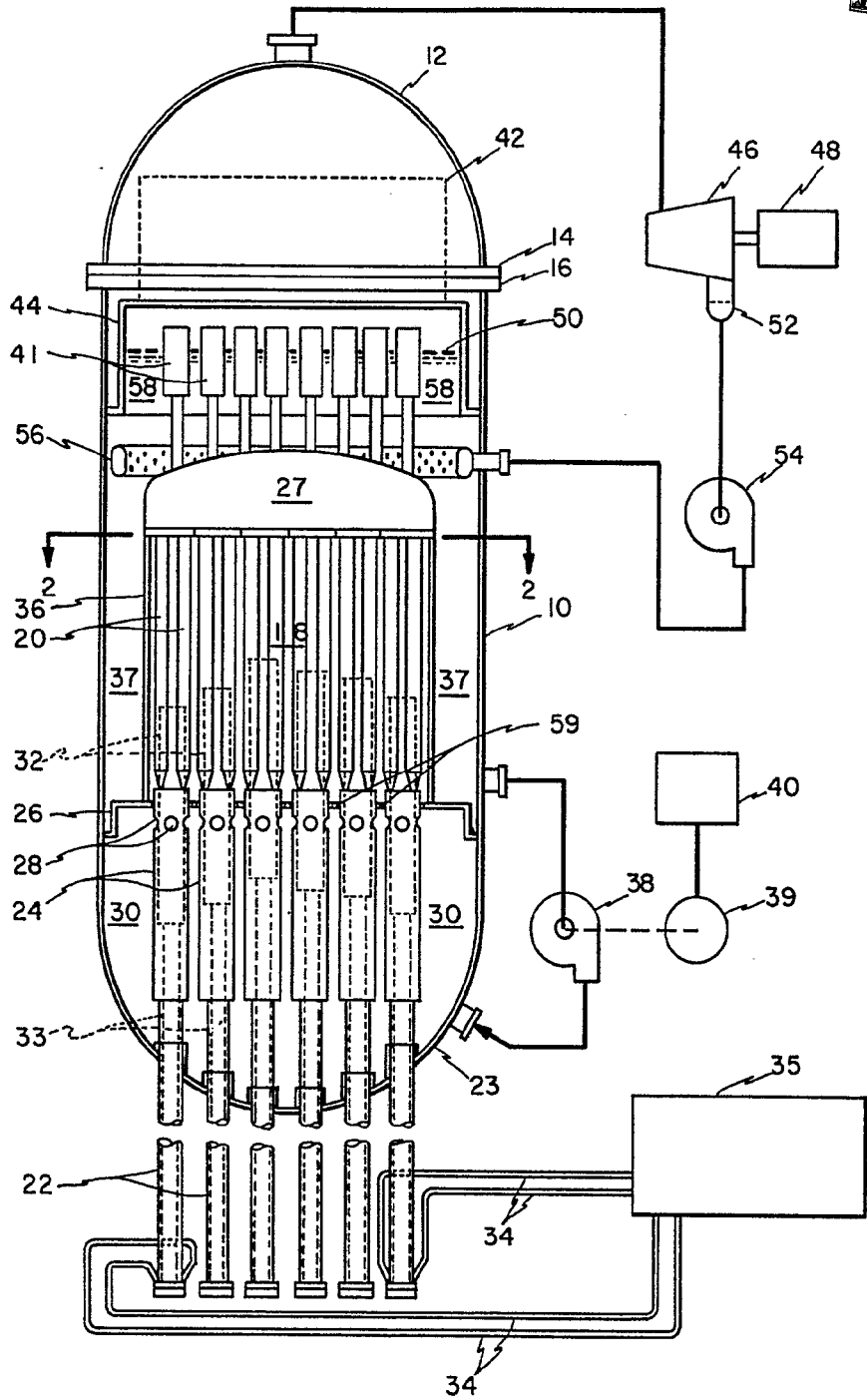


Fig 1

ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB  
R. P.

340562

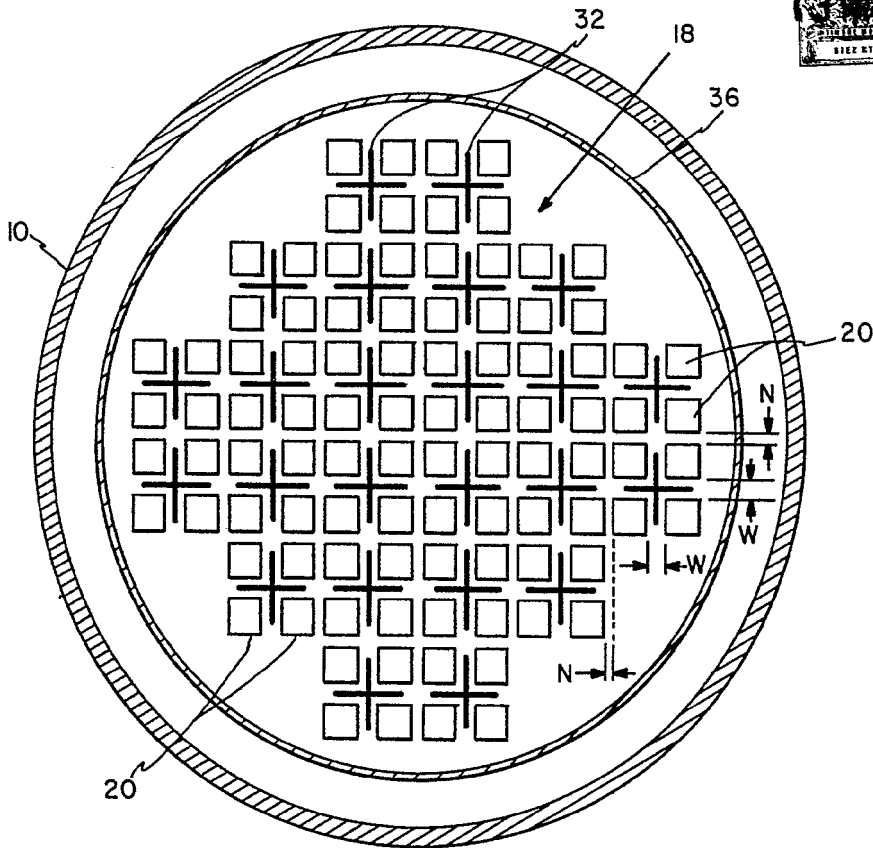


Fig 2

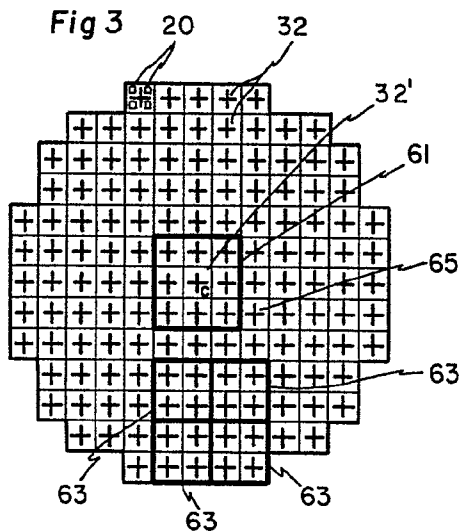


Fig 3

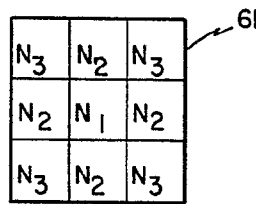


Fig 5



Fig 4

ESCALA VARIABLE

CARLOS BOEB  
P.P.

340562

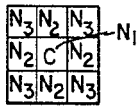


Fig 6A

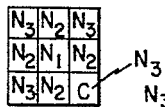


Fig 6B

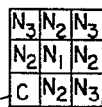


Fig 6C

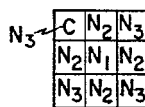


Fig 6D

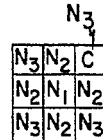


Fig 6E

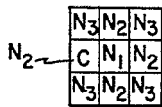


Fig 7A

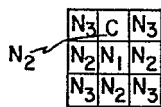


Fig 7B

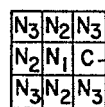


Fig 7C

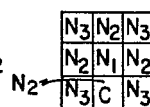


Fig 7D

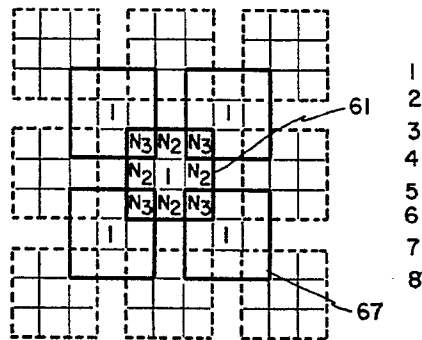


Fig 8

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

I  
I

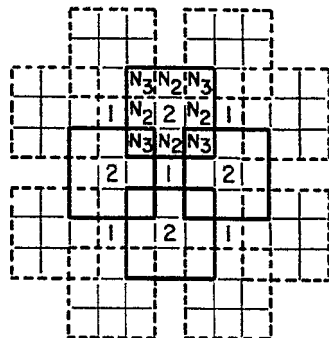


Fig 9

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

II  
2

ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB  
P. P.

340562

13

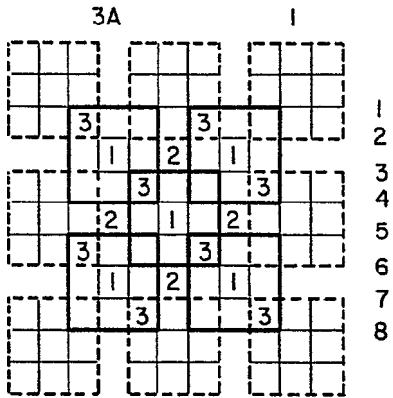


Fig 10

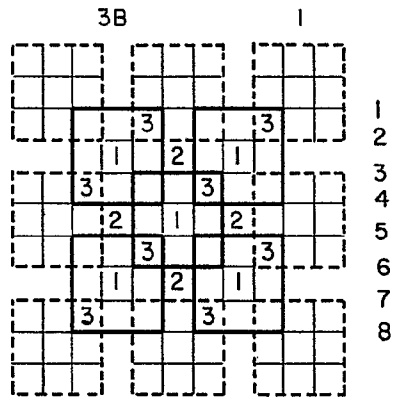


Fig 12

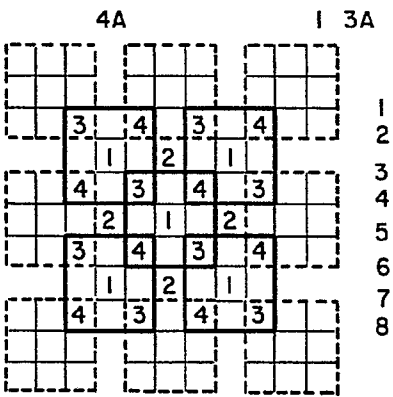


Fig 11

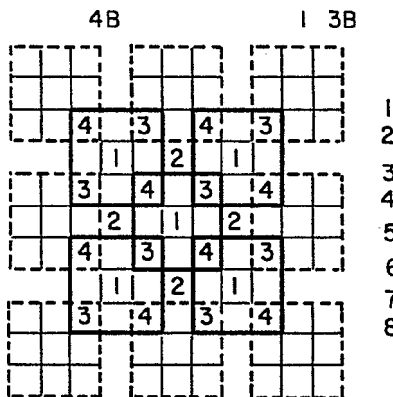


Fig 13

COPIA VARIABLE

CARLOS ROEB  
P.P.

340562

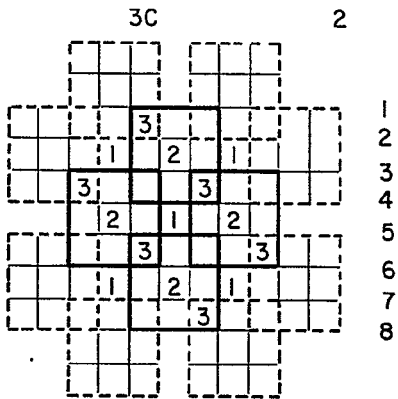


Fig 14

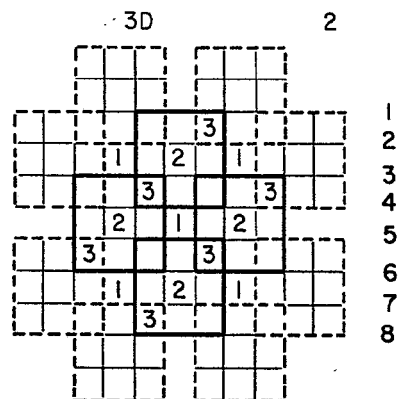


Fig 16

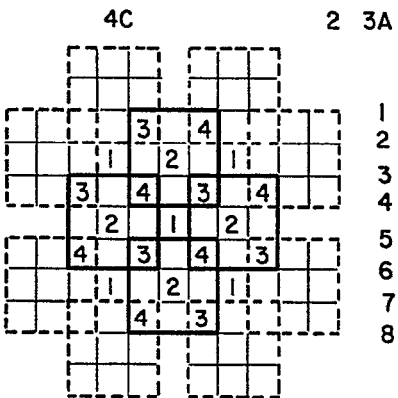


Fig 15

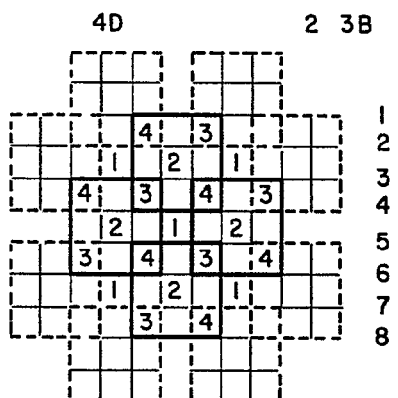


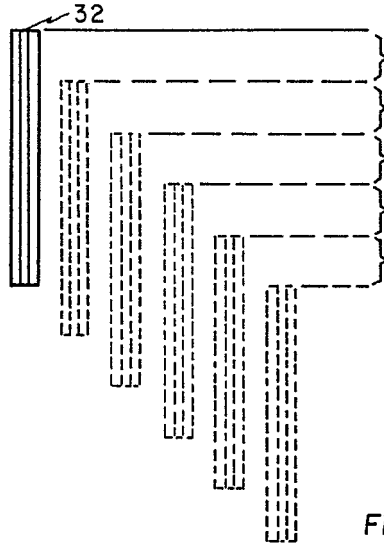
Fig 17

ESPECIALLY VARIABLE

CARLOS ROBB  
P.P.

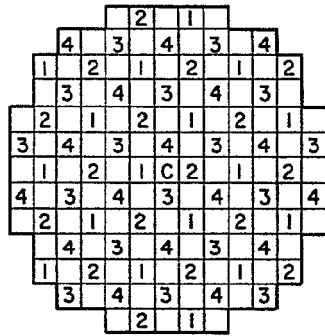
340562

13M



- | 1
- | 2
- | 3
- | 4
- | 5

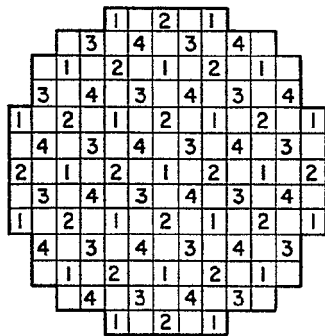
Fig 18



A

- 1
- 2
- 3A 3C
- 4A 4C

Fig 19



B

- 1
- 2
- 3B 3D
- 4B 4D

Fig 19A

LOREN BARRALE

CARLOS ROEB  
P.P.

340562



A

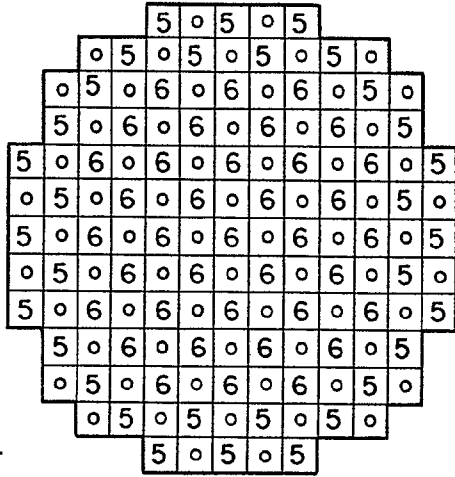


Fig 20

B

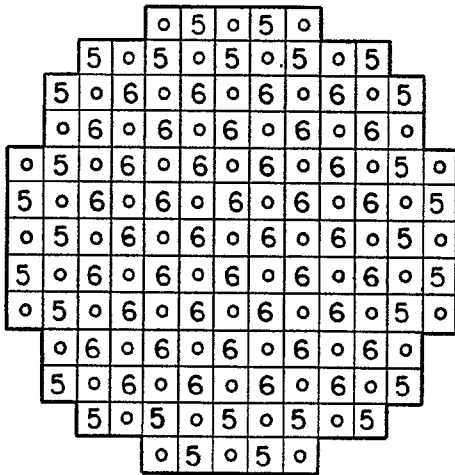


Fig 21

BOULEVARD

CARLOS ROSS  
P.P.

340562



A-1

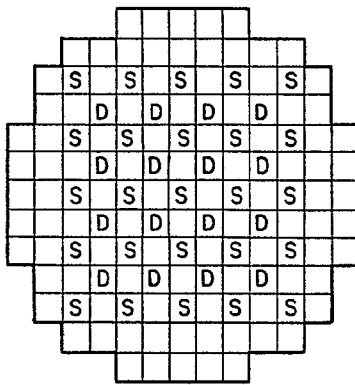


Fig 22

A-2

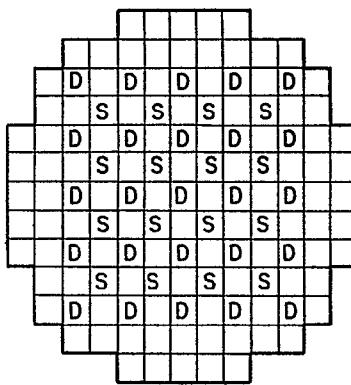


Fig 23

B-1

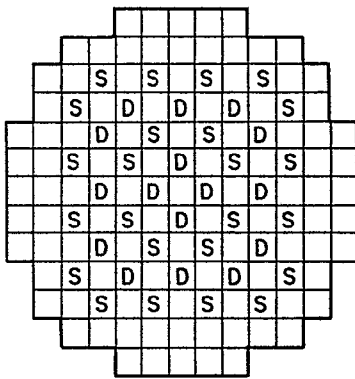


Fig 24

B-2

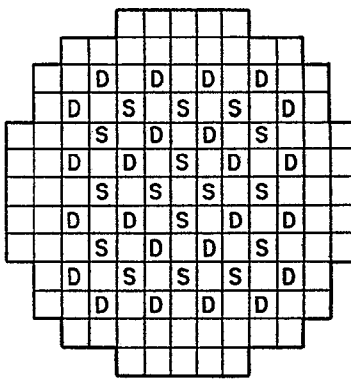


Fig 25

BOJAS INVENTOR  
BOJAS INVENTOR

BARCELONA  
P.P.