

12 SE



3 4 4 9 7 3.

memoria descriptiva

CLASE DE
REGISTRO

PATENTE DE INVENCION, por veinte años en España

NOMBRE Y
NACIONA-
LIDAD DEL
SOLICITANTE

GENERAL ELECTRIC COMPANY
- sociedad EE. UU. -

RESIDENCIA
Y DOMICILIO

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

OBJETO

" DISPOSICION DE HAZ DE COMBUSTIBLE "

PRIORIDAD:

Solicitud patente U S A Serial N° 581.524 del día 23 de Septiem-
bre de 1966.

INVENTORES:

D. James Lloyd Lass, y D. Dominic Ambrose Venier;
ambos de nacionalidad norteamericana.

12 SEP 1945



344973

- 1.-

1

El presente invento se refiere ampliamente a una mejora en reactores de fisión nuclear y más particularmente a un haz de combustible para el uso con tales reactores de fisión nuclear.

5

10

15

La liberación de grandes cantidades de energía por medio de reacciones de fisión nuclear ahora es bastante bien conocida. En general, un átomo fisil (fisionable) tal como U^{233} , U^{235} , Pu^{239} , Pu^{241} absorbe un neutrón en su núcleo y experimenta una desintegración nuclear. Esto produce, como promedio, dos productos de fisión de peso atómico inferior con gran energía cinética, y varios neutrones también de alta energía. Por ejemplo, la fisión de U^{235} produce un producto ligero de fisión y un producto pesado de fisión con números de masa atómica, que varían entre 80 y 110 y entre 125 y 155 respectivamente, y una media de 2,5 electrones. La liberación de energía se acerca a 200 mev. (millones de electrón voltios) por fisión.

20

25

La energía cinética de los productos de fisión se disipa rápidamente como calor en el combustible nuclear. Si después de esta generación de calor existe por lo menos un neutrón neto restante que induce una subsiguiente fisión, la reacción de fisión se hace auto-sostenida y la generación de calor es continua. El calor se elimina haciendo pasar un refrigerante por medio de relación de intercambio de calor con el combustible. La reacción puede ser continuada, en tanto exista suficiente material fisil en el combustible para vencer los efectos de los productos de fisión y otros

30

12 SET



344973

- 2.-

1 absorberentes 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 termal, los reactores nucleares al presente se diseñan, construyen y hacen funcionar de modo que en ellos el material fisil (combustible nuclear) está contenido en los elementos de combustible, que pueden tener varias formas, tales como placas, tubos o barras. Por conveniencia 10 estos elementos de combustible se mencionarán a continuación como barras de combustible. Estas barras de combustible usualmente están provistas de un revestimiento resistente a la corrosión, no reactivo sobre sus superficies externas, el cual no contiene ningún material fisil o fertil. 15 Las barras de combustible están agrupadas entre sí a distancias fijas mutuas en un canal o región de flujo de refrigerante, como un haz de combustible, y un número suficiente de estos haces de combustible se combina para formar el núcleo del reactor nuclear, capaz de la reacción arriba mencionada de fisión auto-sostenida. El núcleo está usualmente encerrado dentro de un recipiente reactor.

20 Al diseñar las instalaciones de energía de reactor nuclear se hace considerable esfuerzo para reducir el tamaño del recipiente reactor, puesto que esto dará por resultado generalmente importantes ahorros de costes. Esta reducción de tamaño del recipiente se hace generalmente posible reduciendo el tamaño de los componentes encerrados 25

30

12 SEP



344973

- 3.-

dentro del recipiente reactor. Son componentes típicos, que producen reducción de tamaño, aquellos que componen el núcleo del reactor, tales como el número y la longitud de los haces de combustible. El presente invento se refiere en primer lugar a reducir la longitud del núcleo del reactor, reduciendo la longitud del haz de combustible, o, más específicamente, la longitud de la placa inferior de arriostramiento, que es una parte integrante del haz de combustible. Puesto que la placa inferior de arriostramiento soporta al haz de combustible y también procura la entrada para el flujo del moderador-refrigerante al haz de combustible, tiene que aplicarse considerable cuidado para que tal reducción de tamaño no interfiera con el flujo apropiado o con otras funciones. Por lo tanto, es importante que la placa interior de arriostramiento procure suficiente fuerza de soporte y tenga una configuración de flujo, que asegure adecuadas características de flujo para el funcionamiento del haz de combustible en el reactor. Se ha encontrado que una placa inferior de arriostramiento, teniendo un excesivo ángulo de entrada de flujo (el ángulo incluido entre el eje longitudinal del haz y la pared del pasaje de flujo) da por resultado la separación del flujo de fluido desde las paredes y la formación de oquedades en el refrigerante moderador. Puesto que estas oquedades tienen un coeficiente de transmisión de calor considerablemente más bajo que el refrigerante moderador, se manifiesta un sobrecalentamiento resultante, de las barras de esquina, en la región inferior del haz de combustible.

1

5

10

15

20

25

30



344973

1

Brevemente, el presente invento comprende un haz
de combustible, que incluye una pluralidad de barras de com-
bustible paralelas, espaciadas aparte, dispuestas en una
5 formación sustancialmente cuadrada rodeada por un canal de
flujo teniendo una sección transversal sustancialmente cua-
drada. Están previstas placas de arriostramiento superiores
e inferiores para asegurar las barras de combustible en apro-
piada relación espaciada y, en el caso de la placa de arrios-
10 tramiento inferior, para soportar el peso del haz de combus-
tible. La placa de arriostramiento inferior consiste en
varias partes, que incluyen una sección plana de placa, una
sección tubular de pared y secciones de pared de transición.
La sección de placa plana está dispuesta transversalmente
15 al eje longitudinal del haz. Esta sección tiene una plura-
lidad de receptáculos para recibir los extremos inferiores
de las barras de combustible y una pluralidad de aberturas
para permitir el paso del fluido refrigerante moderador.
La sección de pared tubular tiene una sección transversal
20 sustancialmente cuadrada y está asegurada en su salida y en
el contorno de las secciones de placa. La sección de pared
de transición está conectada en su extremo de salida al ex-
tremo de salida de la sección de pared tubular y hace la
transición estructural desde la sección transversal sustan-
25 cialmente cuadrada de la sección de pared tubular a una sec-
ción transversal sustancialmente circular de la abertura en
la admisión del flujo de fluido. Ahora se ha encontrado
que el máximo valor para el ángulo de entrada de flujo es

30

12 SET



344973

- 5.-

1 de 50° y que ángulos, no mayores de aquel valor, son esencia
les para evitar problemas de flujo como los arriba menciona-
dos.

5 El camino de flujo del refrigerante moderador en
la placa de arriostramiento inferior pasa sucesivamente a
través de la sección de pared de transición divergente, la
sección de pared tubular y después a través de las aberturas
10 en la sección de placa plana. Desde estas aberturas de sec-
ción de placa el fluido entra en el haz de combustible, flu-
ye dentro del canal de combustible entre las barras de com-
bustible adyacentes, y sale a través de la placa de arrios-
tramiento superior.

15 Procurando un haz de combustible teniendo una pla-
ca de arriostramiento inferior del tipo descrito, es posible
acortar sustancialmente la placa de arriostramiento, conse-
guir un soporte seguro del haz de combustible durante todas
las condiciones del funcionamiento del reactor, y evitar la
separación del flujo de fluido de las paredes del paso de
20 flujo. Evitando la separación de flujo, se procura un ade-
cuado flujo del refrigerante moderador a todas las barras de
combustible, incluyendo las barras de combustible de esquina
del haz de combustible. En adición a lo precedente, la pla-
ca de arriostramiento inferior de este invento, está provis-
25 ta de un único miembro de nariz, que protege al haz de com-
bustible mientras se inserta dentro del núcleo de reactor.
Otras características únicas de este haz de combustible re-
sultarán aparentes de la siguiente descripción.

30

12 SET.



344973

- 6.-

1

El objeto, que se considera como invento, se expresa particularmente y se reivindica distintamente en la porción concluyente de la memoria. El invento, sin embargo, tanto respecto a su organización, como operación, junto con 5
ulteriores objetos y ventajas del mismo, puede comprenderse mejor haciendo referencia a la siguiente descripción tomada en conjunto con los dibujos adjuntos, en que:

La figura 1 es un diagrama esquemático de flujo de una instalación de energía típica de reactor nuclear, mostrando 10
el recipiente del reactor en sección transversal parcial, y en que el haz de combustible del presente invento puede ser empleado;

la figura 2 es una vista isométrica, en sección transversal parcial, de un haz de combustible, que incorpora 15
la placa de arriostamiento inferior, hecha de acuerdo con el presente invento;

la figura 3 es una vista superior aumentada de la placa de arriostamiento inferior, tomada en la sección 20
3 - 3 de la figura 2;

la figura 4 es una vista en sección de la placa de arriostamiento inferior tomada en la sección 4 - 4 de la figura 3;

la figura 5 es una vista aumentada del extremo del fondo de la placa de arriostamiento inferior; 25

la figura 6 es una vista en sección de la placa de arriostamiento inferior, tomada en la sección 6 - 6 de la figura 3;

30

12 SET 1962



344973

- 7.-

1

la figura 7 es una vista en sección esquemática de la placa de arriostramiento inferior, ilustrando el máximo ángulo de flujo permisible;

5

la figura 7A es una vista terminal de la placa de arriostramiento inferior tomada en la sección 7A-7A de la figura 7;

10

la figura 8 es una vista en sección esquemática de la placa de arriostramiento inferior, ilustrando un ángulo de flujo, que excede del que es aceptable para funcionamiento satisfactorio;

15

la figura 8A es una vista terminal de la placa de arriostramiento inferior tomada en la sección 8A - 8A de la figura 8;

la figura 9 es una sección esquemática de la placa de arriostramiento inferior, ilustrando el ángulo de flujo mínimo permisible de la placa de arriostramiento inferior, que es aceptable para operaciones del reactor; y

20

la figura 9A es una vista terminal de la placa de arriostramiento inferior tomada en la sección 9A - 9A de la figura 9.

25

En la figura 1 se ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo de una típica instalación de energía de reactor nuclear, en que el haz de combustible del presente invento puede ser empleado. Debe entenderse que las enseñanzas del presente invento pueden ser usadas con muchos diferentes tipos de instalaciones de energía de reactor nuclear, tales como los tipos de refrigerante moderador de agua no hirviente, los tipos moderados de agua pesada y grafito, los tipos

30

12 SET



- 8.-

344973

1 moderados orgánicos o tipos que emplean sodio u otros flui-
dos como refrigerantes moderadores. Sin embargo, aquí se
describe como usado en un reactor de agua hirviente, puesto
5 que se ha encontrado particularmente útil con este tipo de
instalación.

El sistema de reactor, descrito en la figura 1,
incluye un recipiente 10 de presión de reactor provisto de
cabezal desmontable 12, que está asegurado por medio de bri-
10 das 14 y 16. Dispuesto dentro del recipiente de presión 10
se encuentra un núcleo 18 de reacción nuclear en cadena,
que incluye una pluralidad de haces de combustible nuclear
20, colocados verticalmente. Cada haz de combustible con-
siste en una pluralidad de barras de combustible, extendi-
15 das longitudinalmente, que están colocadas en relación espa-
ciada por medio de placas de arriostamiento superior e in-
ferior, que tienen aberturas para permitir el flujo del re-
frigerante. Cada haz está provisto de un canal de flujo
con extremo abierto, que rodea las barras de combustible.

20 Una pluralidad de guardacabos 22 de impulsión de
barra de control están cerrados herméticamente y conectados
al cabezal 23 del fondo del recipiente del reactor por sol-
dadura o semejante. Una pluralidad de tubos guidores 24
de barra de control, extendidos longitudinalmente, tienen
25 sus extremos inferiores asegurados y están soportados verti-
cal y lateralmente por los extremos superiores de guardaca-
bos impulsores 22. Los extremos superiores de tubos guido-
res 24 de barra de control están lateralmente soportados
por la placa 26 de rejilla de fondo. El extremo superior

30

12 SET.



344973

- 9.-

1 de cada tubo de guía de barra de control está provisto de
cuatro casquillos (no mostrados) y una abertura cruciforme
(no mostrada). Cuatro haces de combustible 20 están sopor-
5 tados por cada tubo guiador 24 de barra de control, estando
montada la placa de arriostamiento inferior 25 de cada haz,
en uno de los cuatro casquillos. Cada tubo guiador de ba-
rra de control está provisto de aberturas 28, colocadas cer-
ca del extremo superior, que comunican con la cámara de su-
10 ministro 30 a través de los casquillos y de las placas de
arriostamiento inferior de los haces de combustible asocia-
dos.

Las barras de control 32 (mostradas en líneas pun-
teadas) controlan el nivel de energía general, así como la
15 distribución local de energía del reactor. Una barra de
control cruciforme está situada en cada tubo de guía de ba-
rra de control y está adaptada para extenderse a través de
la abertura cruciforme y para ser movida verticalmente entre
los cuatro haces de combustible 20, que descansan sobre el
20 tubo guiador. Las barras de control se mueven penetrando
y saliendo del núcleo del reactor por árboles impulsores 33
para barra de control (también mostrado en líneas punteadas)
que se extienden dentro de respectivos guardacabos impulso-
res 22 para barra de control. Los árboles impulsores de
25 barra de control son selectivamente accionados por mecanis-
mos individuales de impulsión (no mostrados), que controlan
las posiciones de las barras de control en el núcleo del
reactor. Una descripción detallada de un mecanismo impulsor,

30

12 SET



- 10.-

344973

1 que puede ser usado para impulsar las arriba mencionadas ba-
rras de control, se expone en la patente de Estados Unidos
Nº 3.020.887 por Robert R. Hobson y otros, expedida el 13
de Febrero de 1962.

5 Una cubierta 34 está montada coaxilmente dentro
del recipiente, que rodea al núcleo 18 del reactor para pro-
curar un anillo descendente 36 entre la cubierta y la pared
del recipiente. Agua de recirculación como refrigerante mo-
derador se extrae continuamente desde el fondo del anillo
10 descendente 36 por la bomba 38 y se introduce en la cámara
de suministro 30.

15 En el funcionamiento de un típico reactor de agua
hirviente, una mezcla de vapor-agua, generada en el núcleo
18, es descargada dentro del pleno 27, desde donde la mezcla
fluye hacia arriba dentro de separadores de vapor 40. Aquí
el vapor es separado de la mayoría del agua. El vapor sepa-
rado fluye subiendo al secador de vapor 42, montado sobre
un miembro de soporte anular 44, que extrae el agua restante.
20 El vapor seco, que abandona el secador, es transmitido des-
pués a la turbina 46, que impulsa al generador eléctrico 48.
El agua descargada de los separadores 40 y del secador 42
fluye descendiendo y radialmente hacia fuera, a través de la
cima del pleno 27 y entre los separadores hacia el anillo
25 descendente 36. La línea 50 interrumpida ilustra el nivel
del agua.

30 El vapor de escape de la turbina 46 se condensa y
recoge en el pozo condensador 52. El condensado de vapor es
extraído del pozo caliente por la bomba 54 y se bombea como



12 SEP 1953

344973

- 11. -

1
5
10
agua de alimentación al rociador anular 56 mezclando así el
agua de alimentación con el agua, que fluye desde los sepa-
radores 40 y secadores de vapor 42. Así el flujo del agua
de recirculación es ascendente desde la cámara de suministro
30, sucesivamente a través de haces de combustible 20,
pleno 27, separadores de vapor 40, cámara superior 58, con-
ducto descendente 36 y volviendo a la admisión de la bomba
de recirculación 38. Se observará que el bombeo de recircu-
lación también puede ejecutarse por bombas de chorro coloca-
das en el conducto descendente 36.

El agua, que fluye desde la cámara de suministro
30 está dividida en dos corrientes paralelas.

15
20
25
La primera corriente, consistente en alrededor de
.90% del flujo total desde la cámara de suministro 30, pasa
sucesivamente a través de aberturas 28 en la cima de los
tubos guidores 24 de barra de control, placa de arriostra-
miento inferior 25 de los haces de combustible, entrando y
a través de los canales de flujo de los haces de combustible,
a través de las placas de arriostramiento superiores de los
haces de combustible y dentro del pleno 27. Dentro de los
canales de flujo, la corriente de agua sirve como un refri-
gerante moderador para las barras de combustible y en el pro-
ceso se vaporiza parcialmente para formar una mezcla de va-
por-agua.

30
La segunda corriente, comunmente mencionada como
flujo de fuga de paso derivado y consistente en el restante
10% del flujo de agua desde la cámara de suministro 30, pasa



344973

1 a través de aberturas anulares 59, formadas entre las superficies exteriores de los extremos superiores de los tubos
guiadores 24 para barra de control, y las aberturas asociadas en la placa 26 de rejilla de fondo. Este agua fluye
5 hacia arriba a través de los espacios formados entre el exterior de los canales de flujo de haz de combustible nuclear y las barras de control 32 y se 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 canales de haz de combustible para evitar la formación de vapor en esta región. Este agua también contribuye al efecto de moderador de neutrón, del agua que fluye dentro de los canales de flujo. La calidad de la mezcla de vapor-agua, resultante de combinar la primera y segunda corrientes en el pleno 27, es típicamente alrededor de 10%.

15 En la figura 2 se ilustra el haz de combustible, que emplea la placa de arriostramiento inferior 25 del presente invento. El haz de combustible 20 generalmente consiste en el canal 22 tubular de extremos abiertos, barras de combustible 64, placa de arriostramiento inferior 25, placa de arriostramiento superior 68 y dispositivos espaciadores 70 para elementos de combustible. Las barras de combustible 64 se extienden pasando, y además de estar aseguradas en sus extremos a las placas de arriostramiento superiores e inferiores, están soportadas en relación espaciada en la región intermedia de sus longitudes por una pluralidad



12 SET

344973

- 13.-

1 de dispositivos espaciadores 70 para elementos de combusti-
ble, que descansan contra la superficie interior del canal
5 tubular 62. Estos dispositivos espaciadores de barra de
combustible están separados entre sí por una distancia pre-
determinada a lo largo del haz, por ejemplo, un pie y medio
y están conectados a una o varias de las barras de combusti-
ble para impedir el movimiento longitudinal. Esta conexión
puede conseguirse por varios medios, tales como la sujeción
10 de dispositivos bloqueadores a una o varias de las barras
de combustible a estas mismas distancias predeterminadas.

Cada barra de combustible 64 comprende un tubo alar-
gado conteniendo un material de combustible fisible, tal como
15 dióxido de uranio enriquecido (UO_2). El material de combus-
tible está típicamente en la forma de píldoras de alta den-
sidad colocadas extremo contra extremo en el tubo; sin em-
bargo, pueden estar en la forma de una masa compactada de
polvo o partículas de alta densidad. Cada extremo del tubo
está cerrado herméticamente para evitar que el refrigerante
20 se ponga en contacto con el material de combustible y para
evitar que los productos de fisión escapen de la barra de
combustible.

Los extremos inferiores de las barras de combusti-
ble están soportados por la placa de arriostamiento inferior
25 y se alinean con los receptáculos 72, que están formados
en la placa de arriostamiento. Aberturas 74 están formadas
en la placa de arriostamiento inferior y están colocadas
adyacentes a estos receptáculos y se comunican directamente
30

12 SET



344973

- 14.-

1

con la abertura 76 de admisión de flujo inferior. El extremo inferior del canal tubular 62 se ajusta hacia abajo alrededor del extremo superior de la placa de arriostramiento.

5

El extremo inferior de la placa de arriostramiento está estrechado e incluye un asiento cónico 78, como se describe mejor en la figura 4, y cuando está montado en el reactor, descansa sobre uno de los casquillos alojados en la cima de

10

un tubo guiador 24 de barra de control de la figura 1. El extremo inferior de la placa de arriostramiento también está provisto del miembro de nariz 80, que consiste en tres secciones curvadas, que se extienden desde posiciones espaciadas aparte en 120° desde el borde de la abertura 76 y tienen una conexión común en sus posiciones más bajas.

15

Este miembro de nariz procura protección y comodidad de inserción del haz de combustible dentro del núcleo del reactor.

20

En las figuras 3 a 6, se ilustran los detalles de la placa de arriostramiento inferior del presente invento. Los principales componentes de esta placa de arriostramiento, comprenden la sección de placa 82 sustancialmente plana, que está conectada a la sección de pared tubular 84 que se une a la sección de pared de transición 86 (que incluye el asiento cónico 78) que se une a la sección de soporte cilíndrico 90, desde la que se extiende el miembro de nariz 80.

25

El camino de flujo del refrigerante moderador a través de la placa de arriostramiento inferior es como sigue. Primero, el fluido entra en la placa de arriostramiento a través de aberturas formadas entre secciones curvadas 102 del miembro de nariz 80. Después el fluido pasa a través de la sec

30



12 SET. 1960

- 15.-

344973

1 ción de soporte cilíndrica 90. Después el fluido pasa a tra
vés de la sección 86 de pared de transición, que tiene un
5 área creciente de sección transversal en la dirección de
flujo. La sección de pared 86 tiene una sección transver-
sal circular en la región de entrada de fluido y se ensancha
hacia fuera a una sección transversal cuadrada, en la región,
en que se une a la sección de pared 84. El fluido pasa en-
tonces a través de la sección de pared 84, que tiene un
10 área uniforme de sección transversal cuadrada a través de
su longitud. Finalmente, el fluido pasa a través de las
aberturas 74 de la sección de placa 82 y dentro del canal
de flujo cuadrado 62 del haz del combustible, como se mues-
tra generalmente en la figura 2.

15 Haciendo referencia a las figuras 3 y 4, la sección
de placa 82 tiene un contorno sustancialmente cuadrado y su-
perficie superiores e inferiores sustancialmente planas.
La sección de placa 82 soporta las barras de combustible por
receptáculos 72, que están formados en miembros de soporte
20 94 y también procura el paso de refrigerante moderador a
través de aberturas 74. Aquellos miembros de soporte 94,
que están situados en el contorno de la sección de placa 82,
están soportados y están formando parte integrante con el
extremo superior de la sección de pared 84. Los miembros
25 de soporte 94, que están colocados en el interior de la se-
cción de placa 82, están interconectados y forman parte inte-
grante con una pluralidad de nervios 96, que están coloca-
dos a intervalos de 90° aproximadamente en el exterior de

30



344973

1 la superficie de los miembros 94. Los receptáculos 72 es-
tán formados en miembros de soporte 94, cada uno de los cua-
les tiene un borde 97 anular biselado, contra el cual des-
5 cansa el extremo inferior de la barra de combustible. Aber-
turas 74, que están colocadas en el contorno de la sección
de placa 82, están formadas entre la superficie exterior
de los miembros de soporte 94, nervios 96 y sección de pa-
red 84. Aberturas 74, que están colocadas en la región in-
10 terior de la placa 82, están formadas entre la superficie
exterior del miembro de soporte 94 y los nervios 96. El
receptáculo central 72' tiene una sección transversal sus-
tancialmente cuadrada y recibe un pasador de soporte cuadra-
do colocado en el fondo de la barra de combustible central.
15 La barra de combustible central está provista de dispositi-
vos de bloqueo, que están asegurados a espaciadores 70 para
el haz de combustible de la figura 2 en apropiadas posicio-
nes axialmente espaciadas. Cuando el pasador cuadrado de la
barra de combustible central se inserta dentro del receptá-
20 culo cuadrado, se impide que gire la barra de combustible
central y los espaciadores 70, por lo tanto, permanecerán
en posiciones axialmente fijadas. Una pluralidad de recep-
táculos 72'' se provéen de roscas para recibir barras de
combustible roscadas, de modo que las placas de arriostra-
25 miento superiores e inferiores puedan ser mecánicamente in-
terconectadas.

Haciendo referencia a las figuras 3 y 4, la sec-
ción de pared 84 se muestra teniendo una sección transversal
sustancialmente cuadrada y cuatro hombros 98 en las regiones

30

12 SET.



- 17.-

344973

1 exteriores inferiores de cada uno de sus lados. Como se
ilustra en las figuras 2 y 4, el canal 62 resbala encima de
la superficie exterior de la sección de pared 84 y, cuando
5 monta y acciona dentro del reactor, el diseño y caracterís-
ticas de expansión de los diferentes elementos, que compo-
nen el haz de combustible, se eligen de modo que el borde
de fondo del canal no entre en contacto con los hombros 98.
Los hombros 98 procuran un tope de emergencia para el canal
10 72 en el caso de que los apéndices 100, que están colocados
a través de esquinas superiores opuestas del canal 62, fa-
llen y el canal resbale en la dirección descendente. Debe-
rá observarse que la longitud A (véase figura 4) representa
la mínima longitud de solapamiento entre el fondo del canal
15 62 y la cima de la sección de pared 84. Esta longitud mí-
nima es necesaria para restringir el flujo de fuga desde el
interior del haz de combustible a la cámara de suministro
30 del recipiente reactor. Preferentemente esta longitud
es de alrededor de 2,54 cm cuando la holgura periférica en-
tre la superficie interior del canal 62 y la superficie ex-
20 terior de la sección de pared 84 es de alrededor de 0,0254
cm. Cuando el reactor es accionado de una condición cerra-
da hacia abajo o fría (70°F) (Deg. C = 5/9 Dep. F-32) a una
condición operativa o caliente (550°F) el canal 62 se alar-
25 gará por alrededor de 4 décimas de pulgada más que las ba-
rras de combustible, como se indica por la longitud B y las
líneas punteadas de la figura 4. La longitud C de holgura
es de alrededor de 3/8 de una pulgada y se dispone de tal
modo que la acumulación de tolerancias del haz de combusti-



344973

1 ble no dé por resultado el que el borde del fondo del canal
entre en contacto con el hombro 98 de la placa de arriostro-
miento inferior. La superficie exterior de la sección de
5 pared 84 tiene una sección transversal sustancialmente cua-
drada a través de su longitud para acomodar el canal 62.
En adición la superficie interior de la sección de pared 84
tiene una sección sustancialmente cuadrada para procurar un
paso de flujo para todos los elementos de combustible, que
10 están situados en una configuración sustancialmente cuadrada
como se describe mejor en las figuras 2 y 3.

La sección de pared de transición 86 tiene un gro-
sor sustancialmente uniforme, como se ilustra en las figuras
4 y 6 y se estrecha hacia abajo haciendo la transición entre
15 la sección transversal cuadrada del extremo inferior de la
sección de pared 84 a la sección transversal circular del
extremo superior de la sección de soporte 90. Como se dis-
cutirá más abajo con mayor detalle, es crítico el grado de
conicidad permisible.

20 Un asiento cónico 78 es formado cerca del extremo
inferior de sección de pared de transición 86 y procura so-
porte vertical y lateral para el haz de combustible cuando
está montado sobre el casquillo, situado en el extremo supe-
rior del tubo guador 24 de barra de control del reactor mos-
25 trado en la figura 1.

La sección de soporte cilíndrica 90 se extiende
desde el extremo inferior de la sección de pared 86. La sec-
ción de soporte 90 no afecta a la longitud efectiva del haz



12 SET

+ 19.-

344973

1

de combustible, cuando se monta en el reactor, puesto que se inserta dentro de casquillos formados en el extremo superior del tubo guiador 24 de barra de control, de la figura 1. La sección de soporte 90 funciona principalmente como un soporte lateral para el haz de combustible en el caso de vibraciones sustanciales o fuerzas laterales, ejercidas contra el haz de combustible durante el funcionamiento del reactor. Estos miembros curvados 102, como se muestra mejor en las figuras 4 a 6, se extienden desde el extremo inferior de la sección de soporte 90 y se unen en un punto común, formando por ello el miembro de nariz 80. El miembro de nariz 80 sirve como una guía, cuando el haz de combustible es inserto dentro del reactor y como una guarda para proteger el haz de combustible cuando descansa sobre su extremo.

5

10

15

20

25

30

En las figuras 7 a 9 se ilustran esquemáticamente tres diferentes ángulos de entrada de flujo de placa de arriostamiento inferior, que controlan las características de flujo del refrigerante moderador que se transmite a través de la placa de arriostamiento inferior a las barras de combustible en el haz de combustible del reactor nuclear. En las figuras 7 y 7A se ilustran respectivamente una vista seccional diagonal y una vista superior de la placa de arriostamiento inferior del presente invento. En las figuras 8 y 8A se ilustran respectivamente una vista seccional diagonal y una vista superior de una placa de arriostamiento inferior, teniendo un ángulo, que excede del máximo ángulo permisible de canal de flujo. En las figuras 9 y 9A



12 SEP

344973

- 20.-

1 se ilustra respectivamente una vista seccional diagonal y una vista superior de una placa de arriostramiento inferior, teniendo un ángulo, que tiene el mínimo ángulo aceptable de canal de flujo, para operaciones económicas.

5 El ángulo O_1 de la placa de arriostramiento, mostrada en la figura 7, es de alrededor de 50° y representa aproximadamente el ángulo máximo permisible de entrada de flujo. De las figuras 7 y 7A puede observarse que no existe separación de flujo desde las regiones de esquina de las paredes 86 de la placa de arriostramiento inferior, cuando la velocidad del refrigerante moderador es de alrededor de 15 pies por segundo (1 pie = 12 pulgadas) en la sección de soporte 90. Esta es aproximadamente la velocidad máxima, que se encuentra en la operación de un reactor nuclear típico. Por lo tanto, todas las barras de combustible, incluyendo las barras de esquina, reciben un adecuado flujo de refrigerante moderador. En adición, el ángulo O_1 de la figura 7 reduce sustancialmente la altura axial (l_1) de la sección 86 de la placa de arriostramiento inferior y por ello reduce la altura total (L_1) de la placa de arriostramiento inferior. Además, se ha encontrado que no se establecen sollicitaciones excesivas en la placa de arriostramiento, cuando se emplea un ángulo de flujo (O_1) de alrededor de 50° y, por lo tanto, se consigue un soporte adecuado y seguro del haz de combustible durante la carga de los haces de combustible y durante todas las condiciones del funcionamiento del reactor. El ángulo O_4 mostrado en la figura 6, es de alrededor de 40° y ha demostrado ser satisfactorio para operacio

30

12 SET



344973

- 21.-

1 nes típicas de reacción.

5 En la figura 8 se ilustra esquemáticamente una placa de arriostamiento inferior empleando un ángulo de entrada (O_2) de canal de flujo de alrededor de 70° . En las figuras 8 y 8A puede observarse que existe una separación de flujo de fluido y una formación de oquedades ocurren cerca de las paredes 86' de la placa de arriostamiento inferior, cuando la velocidad de entrada del refrigerante moderador es la misma que en el ejemplo mostrado en la figura 10 7. Un gran ángulo de entrada (O_2) también resulta dando distribución inadecuada de refrigerante moderado en la región inferior del haz de combustible, puesto que el refrigerante tiende a fluir principalmente hacia la región central de la sección de placa plana 82. Por ello, las barras de esquina reciben menos refrigerante que las barras centrales, lo que puede dar por resultado un calentamiento excesivo de las barras de esquina. Esta separación de flujo da por resultado la formación de oquedades 104 en el refrigerante moderador, que tienen un coeficiente de transmisión de calor considerablemente más bajo que el refrigerante moderador de fase completamente líquida y causa el recalentamiento de las barras de combustible de esquina en la región inferior del haz de combustible. Estas son condiciones indeseables, puesto que el sobrecalentamiento de las barras de combustible puede dar por resultado la rápida deterioración del revestimiento de las barras de combustible, o bajo circunstancias extremas, la fusión del revestimiento de la barra de combustible. Además, el sobrecalentamiento del extremo inferior

1

5

10

15

20

25

30



344973

1 de la barra de combustible es indeseable, puesto que esto
puede dar por resultado grandes diferencias de temperatura
entre el extremo inferior del revestimiento de la barra de
5 de combustible y el tapón de extremo inferior de la barra
de combustible, que pudiera causar el fallo de la soldadu-
ra, que conecta el tapón terminal al revestimiento.

En la figura 9 se ilustra esquemáticamente una
placa de arriostamiento inferior empleando un ángulo de
10 entrada (θ_3) de canal de flujo de alrededor de 20° . En
las figuras 9 y 9A puede observarse que no hay separación
de flujo desde las paredes $86''$ de la placa de arriostra-
miento inferior, cuando la velocidad de admisión del refri-
gerante moderador es la misma que en el ejemplo mostrado en
15 la figura 7. Por lo tanto, todas las barras de combustible,
incluyendo las barras de esquina, reciben adecuados flujos
de refrigerante moderador. Sin embargo, puede observarse
en la figura 7, que la altura axil (l_3) de la sección $86''$
de la placa de arriostamiento inferior es sustancialmente
20 mayor que la altura axil (l_3) de la sección 86 de la fi-
gura 7, y por lo tanto, la altura general (L_3) de la placa
de arriostamiento de la figura 9 resulta excesiva.

En vista de lo precedente puede verse que el pre-
sente invento procura un haz de combustible para un reactor
25 nuclear, que tiene mínima longitud, suficiente resistencia
y evita aberraciones de flujo de refrigerante moderador,
que inhiben la apropiada ejecución de transferencia de ca-
lor del reactor nuclear. Deberá entenderse que pueden in-

12 SET



344973

- 23.-

1

troducirse muchos cambios de diseño en el haz de combustible
 anteriormente descrito, tales como variaciones en longitud,
 anchura, grosor y en la forma de los elementos particulares,
 a condición de que tales modificaciones sean compatibles
 con los objetivos hasta ahora descritos.

5

N O T A . -
 = = = = =

10

La presente patente de invención, comprende las
 siguientes reivindicaciones:

15

1.- Disposición de haz de combustible para uso en
 un reactor nuclear, caracterizada porque comprende una plu-
 ralidad de barras de combustible dispuestas en una distribu-
 ción sustancialmente cuadrada, teniendo un canal con sección
 sustancialmente cuadrada rodeando a dichas barras de combus-
 tible, los extremos de las barras de combustible en un extre-
 mo de dicho haz de combustible soportados por una primera
 placa de arriostamiento, los extremos de las barras de com-
 bustible en el otro extremo de dicho haz, soportados por
 una segunda placa de arriostamiento, teniendo dicha segunda
 placa de arriostamiento una sección de placa sustancialmen-
 te plana, teniendo dicha sección de placa una pluralidad de
 receptáculos para soportar dichas barras de combustible y
 una pluralidad de aberturas para permitir el paso de fluido,
 una primera sección de pared de área seccional transversal

20

25

30



344973

1 sustancialmente cuadrada, conectada al contorno de dicha
sección de placa, una segunda sección de pared conectada
a dicha primera sección de pared, estrechándose dicha segun
5 da sección de pared desde una sección transversal sustancial
mente cuadrada, teniendo cuatro ángulos adyacentes a dicha
primera sección de pared, a una sección transversal sustan-
cialmente circular, siendo el máximo ángulo de estrechamien
to de dicha segunda sección de pared no mayor que alrededor
10 de 50°.

15 2.- Disposición según la reivindicación 1, carac-
terizada porque el ángulo de estrechamiento, que se extien-
de desde las cuatro esquinas de dicha segunda sección de
pared está en el límite desde alrededor de 20° hasta alre-
dedor de 50°.

20 3.- Disposición según la reivindicación 1, carac-
terizada porque una tercera sección de pared de sección
transversal, sustancialmente circular, está conectada al
extremo de dicha segunda sección de pared, siendo dicha ter
cera sección de pared una sección transversal sustancial-
mente circular.

25 4.- Disposición según la reivindicación 3, carac-
terizada porque un miembro de prominencia está formado por
un extremo de cada uno de tres miembros curvados, que se
extienden desde dicha tercera sección de pared y estando
interconectados en un punto común los otros extremos de la
misma.

30

12 S



344973

- 25.-

1

5.- Disposición según la reivindicación 4, caracterizada porque dicha segunda sección de pared incluye un asiento cónico formado en la región exterior y cerca del extremo de sección transversal circular de la misma.

5

6.- Disposición de haz de combustible.

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva y se ilustra con los planos que se adjuntan, y cuya memoria consta de veinticinco hojas foliadas, escritas a máquina por una sola de sus caras.

10

Madrid, a 9 de Septiembre de 1967.

CARLOS ROEB

15

20

25

ESPAÑA PATENTES

CARLOS ROEB
P.

30

344973 12S¹²

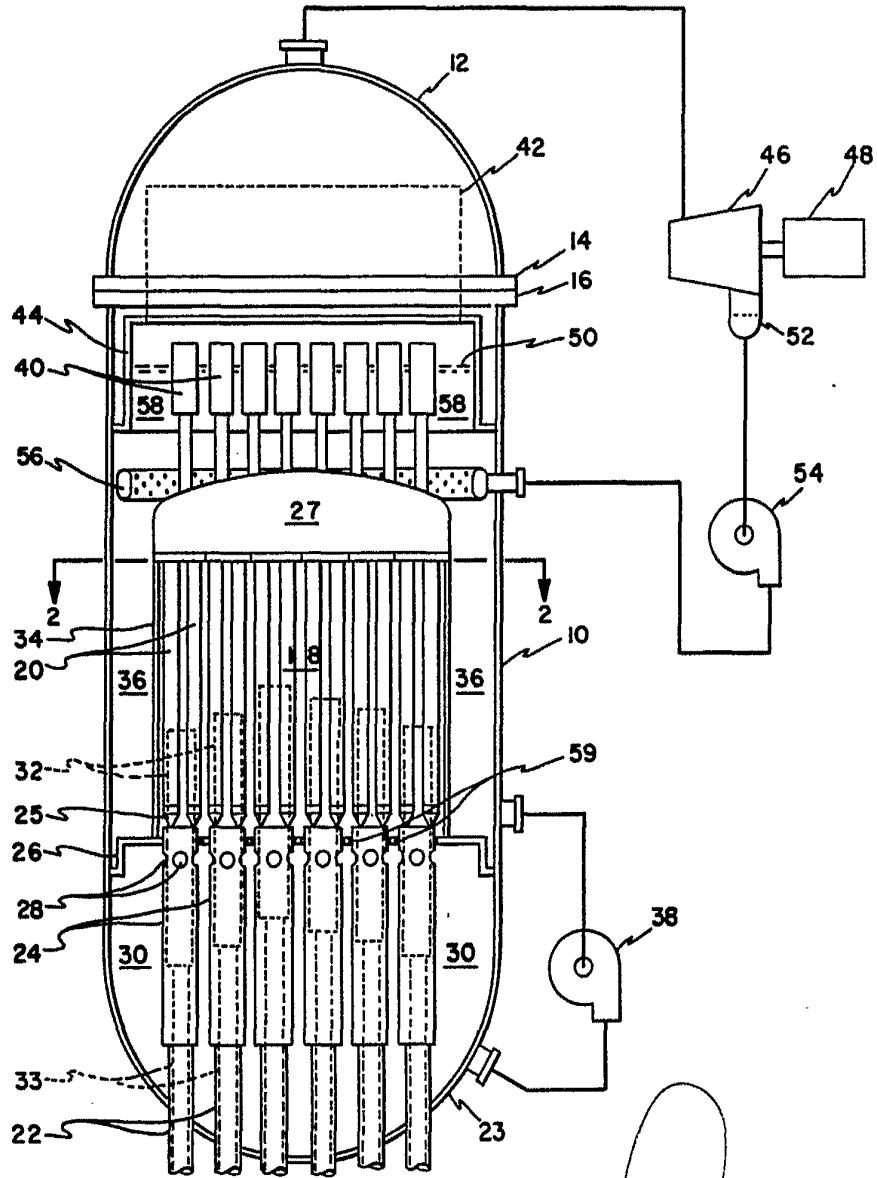


Fig. 1

ESCALA VARIABLE
CARLOS ROED
ESCALA VARIABLE
CARLOS ROED
P.º

344973

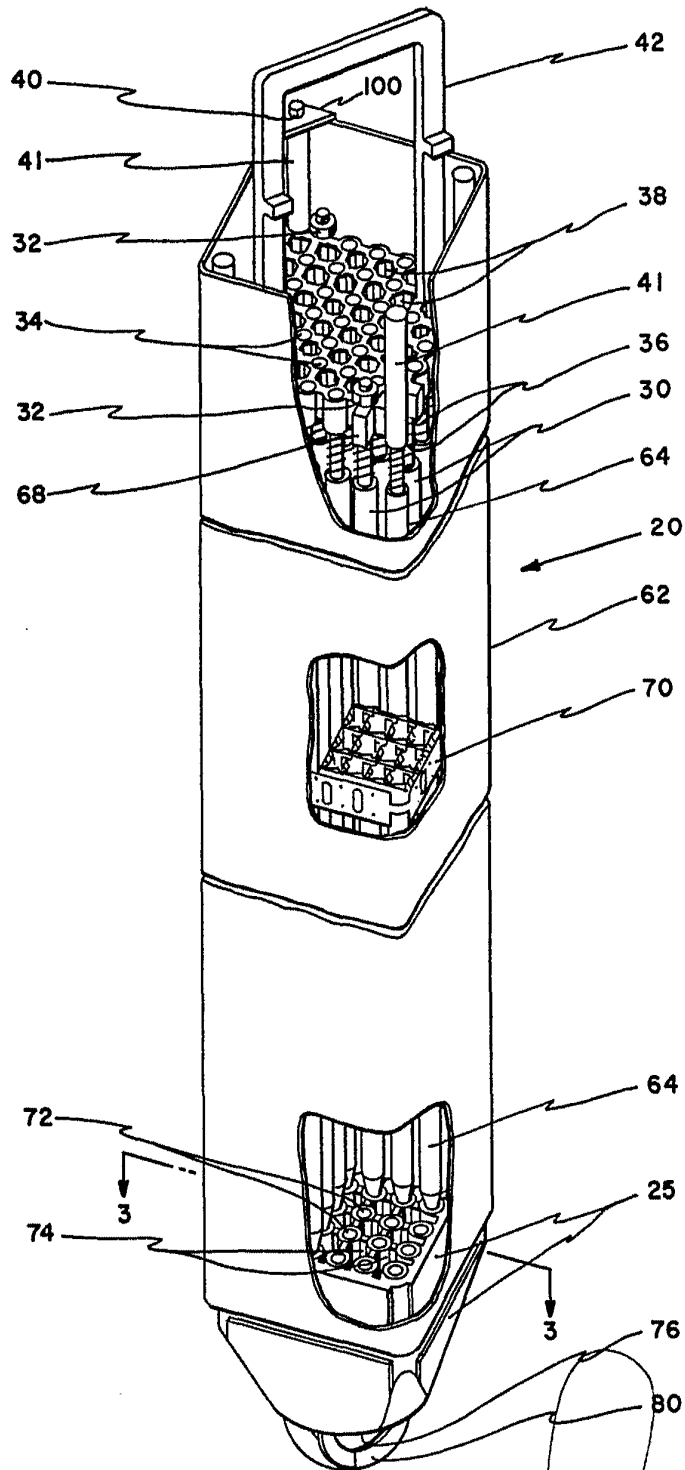


Fig. 2

ESCALA VARIABLE
CARTONES
P.P.

344973

12 SE

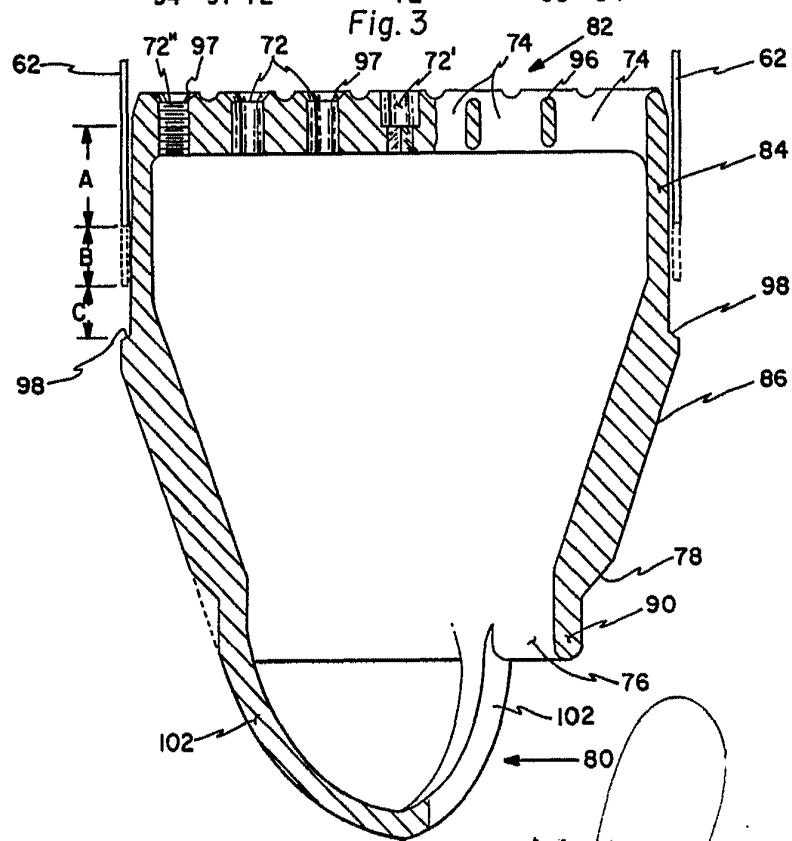
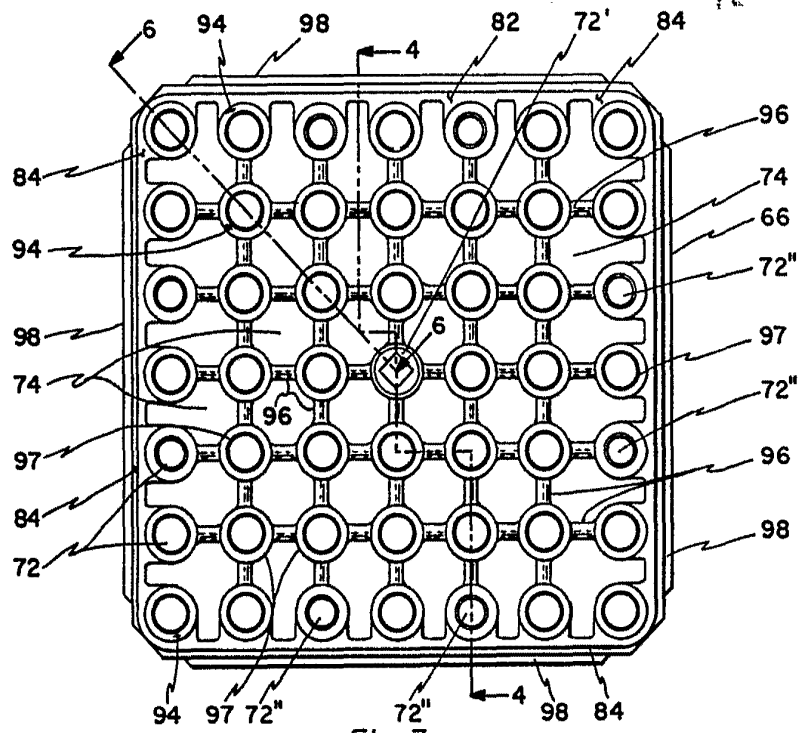


Fig. 4

ESCALA VARIABLE
ESCALA VARIABLE
CARLOS ROEB
P. B.

344973 12: 57

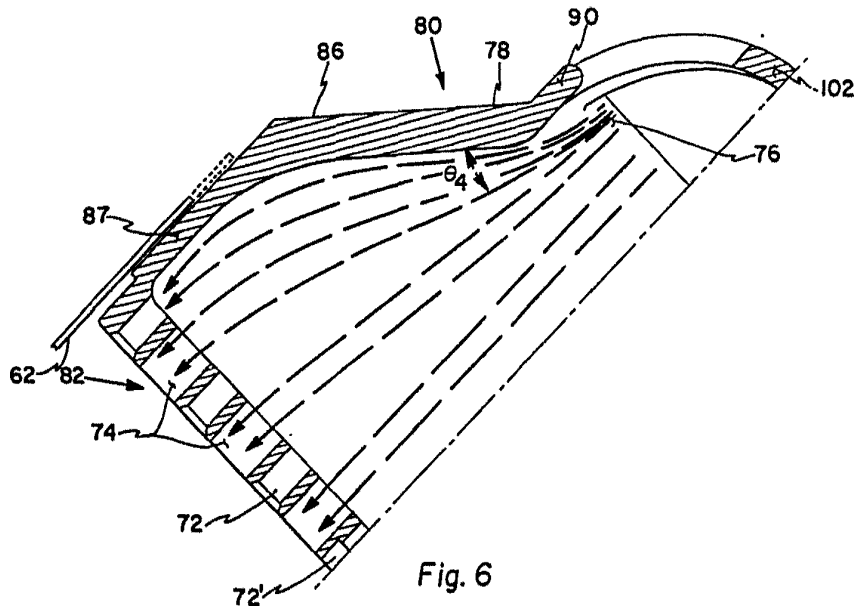


Fig. 6

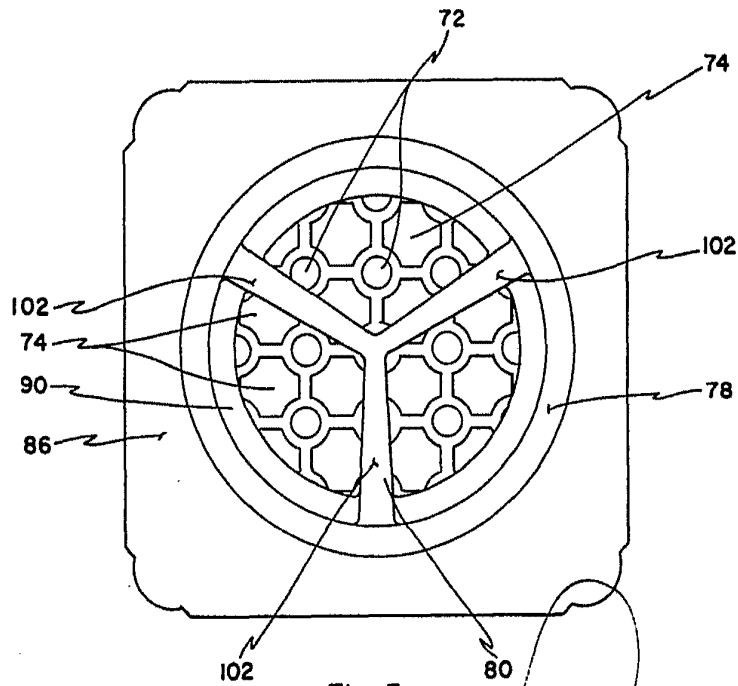


Fig. 5

F. S. LA MARIBLI

CARLOS ROES

P. S.

344973

167

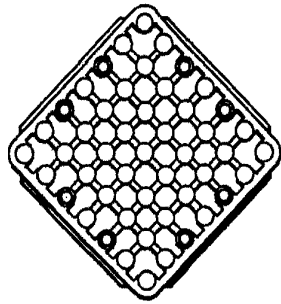


Fig. 7A

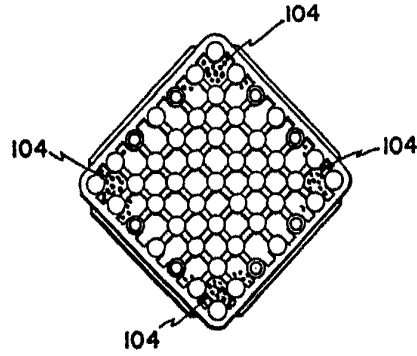


Fig. 8A

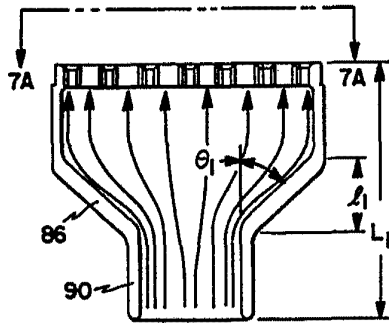


Fig. 7

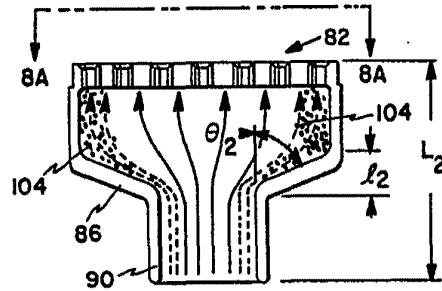


Fig. 8

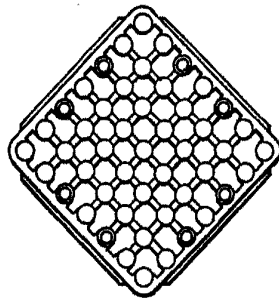


Fig. 9A

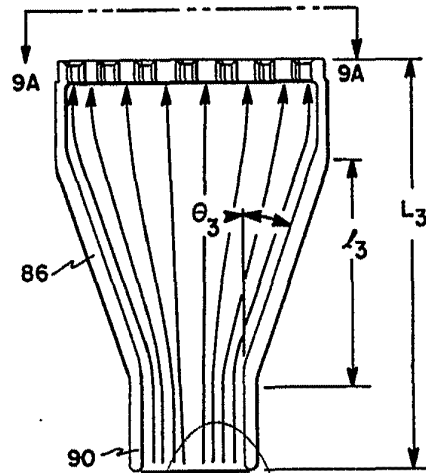


Fig. 9

ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB
P. R.

[Handwritten signature]