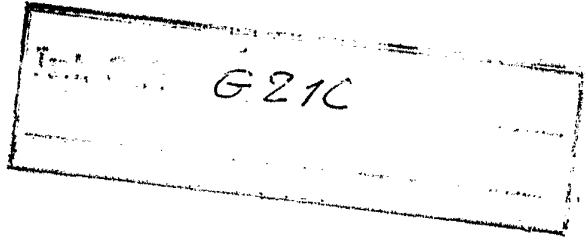


430404



# MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de concesión de una

PATENTE DE INTRODUCCION.-

---

SOLICITANTE: GENERAL ELECTRIC COMPANY.....

RESIDENCIA: 1 River Road, SCHENECTADY, New York

12305. Estados Unidos.-

ENUNCIADO: UN HAZ DE COMBUSTIBLE PARA UN REACTOR

NUCLEAR.....

Prioridad: Patente ..... n.º ..... del .....

Fuente de origen: Patente norteamericana  
3,431,170 registrada -  
el 4 de marzo de 1.969.

1

RESUMEN DE LA INVENCION

5

Se describe un haz de combustible para un reactor nuclear que comprende una multiplicidad de barras combustibles colocadas entre unas placas de conexión superior e inferior, siendo la placa de conexión superior fácilmente desmontable para permitir el rápido intercambio de las barras combustibles.

COMPENDIO DE LA INVENCION

10

Esta invención se refiere de una manera general a una mejora en los reactores nucleares de fisión y más especialmente a un haz de combustible para uso con dichos reactores nucleares de fisión.

15

20

25

La liberación de grandes cantidades de energía mediante reacciones nucleares de fisión es ahora bastante conocida. En general, un átomo fisionable, como el  $U^{233}$ ,  $U^{235}$ ,  $Pu^{239}$  o  $Pu^{241}$ , absorbe un neutrón en su núcleo y experimenta una desintegración nuclear. Esta produce, por término medio, dos productos de fisión de peso atómico menor y gran energía cinética y varios neutrones también de gran energía. Por ejemplo, la fisión del  $U^{235}$  produce un producto de fisión ligero y un producto de fisión pesado con números másicos atómicos comprendidos entre 80 y 110 y entre 125 y 155, respectivamente, y un promedio de 2,5 neutrones. La liberación de energía es próxima a 200 meV (millones de electrón-voltios) por fisión.

30

La energía cinética de los productos de fisión es rápidamente disipada en forma de calor en el combustible nuclear. Si después de esta generación de calor queda por lo menos un neutrón neto que induce una fisión subsiguiente, la reacción de fisión se auto-mantiene y la generación de calor

1 es continua. El calor es removido haciendo pasar un refrige-  
rante en una relación de intercambio de calor con el combus-  
tible. La reacción puede continuarse durante todo el tiempo  
que quede material fisiónable suficiente en el combustible  
5 para contrarrestar los efectos de los productos de fisión y  
de otros absorbentes de neutrones, como barras de control re-  
gulatoras de la fisión, que también pueden estar presentes.

Con objeto de mantener estas reacciones de fisión a  
una velocidad suficiente para generar cantidades útiles de  
10 energía térmica, actualmente están siendo proyectados, cons-  
truidos y operados reactores nucleares en los que el material  
fisiónable (combustible nuclear) está contenido en los ele-  
mentos combustibles que pueden adoptar diversas formas, como  
placas, tubos o barras. Por comodidad, estos elementos com-  
15 bustibles serán denominados en adelante barras combustibles.  
Estas barras combustibles habitualmente van provistas en sus  
superficies externas de una vaina no reactiva y resistente  
a la corrosión que no contiene material fisiónable o fértil.  
Las barras combustibles están agrupadas a distancias fijas  
20 unas de otras en un canal o región de flujo de refrigerante,  
tal como un haz de combustible, y se combina un número sufi-  
ciente de estos haces de combustible para formar el núcleo  
del reactor nuclear capaz de mantener la reacción de fisión  
auto-mantenida antes citada. Habitualmente el núcleo está  
25 encerrado dentro de la vasija del reactor.

En general, las centrales nucleares están proyecta-  
das para ser paradas periódicamente con objeto de recargar el  
núcleo del reactor. Esto se denomina "recarga" del reactor y  
se realiza cambiando parte o la totalidad del combustible  
30 irradiado por combustible de recarga no utilizado. Típicamen-

1 te, el programa de recarga es establecido de manera que la  
parada del reactor se produce durante los periodos en que  
5 las demandas de potencia sobre la red de potencia total  
son mínimas. La recarga programada puede requerir típicamen-  
te la extracción del núcleo del reactor del 20 al 25 % del  
combustible irradiado y su sustitución por combustible de  
recarga. Por lo tanto, para unas recargas anuales del 25 %,  
se producirán cuatro paradas de recarga que darán lugar a  
la sustitución completa del combustible original al cabo  
10 de 4 años de operación normal.

El diseño nuclear del combustible de recarga es fi-  
jado muchos meses (no es desusado un tiempo de 12 meses) an-  
tes de cargar el combustible de recarga en el reactor. La ma-  
yor parte de este tiempo desde la orden de pedido es emplea-  
15 da en el diseño nuclear, manufactura, pruebas y suministro  
del combustible de recarga. Es muy importante observar que el  
diseño nuclear del combustible de recarga está basado en las  
condiciones del reactor previstas para la fecha programada  
de recarga. Las condiciones básicas que deben considerarse  
20 cuando se diseña el combustible de recarga son: (1) el estado  
de reactividad del núcleo del reactor y del combustible res-  
tante, (2) el tiempo de vida del diseño y la reactividad del  
combustible de recarga, (3) la capacidad de la barra de control  
(la eficacia de absorción de neutrones de la barra de control)  
25 y (4) el margen de parada deseado (la capacidad del sistema  
de barras de control sobre la requerida para parar el reactor).

Como el combustible de recarga es diseñado con mu-  
chos meses de antelación, existe una probabilidad importante  
de que el diseño nuclear no cumpla estrictamente los requisi-  
30 tos del reactor en el momento de la parada del mismo si se

1 producen desviaciones inesperadas de las condiciones original  
mente previstas. Estas desviaciones pueden ser producidas,  
por ejemplo, por operaciones a niveles de potencia por encima  
o por debajo del supuesto para ese periodo. Desde un punto de  
5 vista económico de la operación, sería muy conveniente modifi-  
car las características del combustible de recarga para adap-  
tarse a estas desviaciones con objeto de que el combustible  
de recarga cumpliera los requisitos del reactor con la ma-  
yor exactitud posible. Una vez que el combustible de recarga  
10 ha sido manufacturado con el diseño correcto para las condi-  
ciones del reactor supuestas, antes de la presente invención  
sólo existían técnicas muy limitadas y laboriosas para modi-  
ficar las características nucleares del combustible de recar-  
ga para absorber las desviaciones de las condiciones supues-  
15 tas con objeto de cumplir los requisitos del reactor realmen-  
te prevalentes en el momento de la parada para recargar. En  
estas situaciones, el tiempo y los gastos requeridos para al-  
terar los haces de combustible de recarga pueden ser tales  
que requieran el uso del combustible de recarga sin modificar  
20 bajo condiciones ineficientes. También puede requerir la sus-  
titución no proyectada de barras de control para aumentar o  
disminuir su valor de reactividad o puede requerir la redis-  
tribución de los haces de combustible en el núcleo o ambas  
cosas a la vez. Con frecuencia estas situaciones requieren  
25 gastos excesivos de dinero, paradas prolongadas de la central  
nuclear u otros inconvenientes que son perjudiciales para una  
operación económica y eficiente de una central nuclear.

Además, la experiencia pasada ha requerido la extrac-  
30 ción del reactor de los haces de combustible irradiados antes  
de haberse completado su periodo de exposición programado. Es

1 ta extracción no programada puede ser debida a factores ta-  
les como averías mecánicas de una o más de las barras combus-  
tibles de los haces de combustible o variaciones inesperadas  
5 en las características físicas o en los requisitos del haz  
de combustible o del núcleo del reactor. En estas situacio-  
nes, la práctica general ha consistido en desechar el haz de  
combustible ya que es radiactivo y no puede ser fácilmente mo-  
dificado o reparado.

El objeto principal de esta invención es resolver  
10 estos problemas mediante la provisión de un haz de combusti-  
ble que puede ser fácilmente reparado o modificado mientras  
el haz de combustible se encuentra en el núcleo del reactor  
o cuando se encuentra en un sistema de contención separado,  
tal como una piscina de agua adyacente a la vasija del  
15 reactor.

En pocas palabras, esta invención comprende un haz  
de combustible con una placa de conexión superior fácilmente  
desmontable y una multiplicidad de barras combustibles fácil-  
mente extraíbles que pueden ser extraídas o insertadas des-  
20 pués de ser retirada la placa de conexión superior. Esto se  
consigue empleando unos tapones terminales superior e infe-  
rior de las barras de combustible que presentan un diseño es-  
pecial y un mecanismo de sujeción desmontable para la placa  
de conexión superior. La forma de los tapones terminales infe-  
25 riores permite la inserción y extracción de la barra de com-  
bustible sin que se pegue o se enganche a los espaciadores  
del haz de combustible. Esto se consigue mediante la coope-  
ración única entre una superficie cilíndrica autocentrable y  
unas superficies cónicas de forma especial. Los tapones ter-  
30 minales superiores están configurados para recibir un herra-

1 mental desmontable que puede ser aplicado a los mismos para  
levantar o descender las barras combustibles. El mecanismo  
de sujeción permite sujetar en su sitio las tuercas de fija-  
5 ción de la placa de conexión mediante unas lengüetas de suje-  
ción que son fácilmente aflojadas por el herramental que se-  
para las lengüetas de las tuercas de fijación de la placa de  
conexión.

El objeto que se considera constitutivo de la inven-  
ción está especialmente indicado y claramente reivindicado en  
10 el resto de esta memoria. Sin embargo, la invención, tanto en  
lo que se refiere a su organización como a su operación, jun-  
to con otros objetos y ventajas de la misma, podrá ser mejor  
comprendida mediante la siguiente descripción tomada en combi-  
nación con los dibujos que acompañan a esta memoria, en los  
15 cuales:

La Figura 1 es un diagrama de flujo esquemático de  
una central nuclear típica que muestra la vasija del reactor  
en sección parcial y en la que puede emplearse el haz de com-  
20 bustible de esta invención;

La Figura 2 es una vista isométrica, en sección par-  
cial, del haz de combustible de esta invención;

La Figura 3 es una sección ampliada del haz de com-  
bustible de esta invención;

La Figura 4 es una vista superior del haz de barras  
25 combustibles extraíbles tomada en la sección 4-4 de la Figu-  
ra 3;

La Figura 5 es una vista ampliada en sección parcial  
de un tipo de barra combustible extraíble del haz de combus-  
30 tible de esta invención;

La Figura 6 es una vista ampliada en sección parcial

1 de otro tipo de barra combustible extraíble del haz de combustible de esta invención;

La Figura 7 es una vista superior ampliada del mecanismo de sujeción para uso con la barra de conexión extraíble, mostrada mejor en las Figuras 3 y 4;

La Figura 8 es una vista lateral del mecanismo de sujeción mostrado en la Figura 7.

En la Figura 1, se ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo de una central nuclear típica en la que puede utilizarse el haz de combustible de esta invención. Se sobreentiende que las enseñanzas de esta invención pueden emplearse con muchos tipos diferentes de centrales nucleares tales como los tipos de moderador-refrigerante de agua no hirviente, los tipos moderados con agua pesada y grafito, los tipos moderados con sustancias orgánicas o los tipos que emplean sodio u otros flúidos como moderadores-refrigerantes. Sin embargo, aquí la invención se describe como utilizada en un reactor de agua en ebullición ya que se ha encontrado que es especialmente útil con este tipo de central.

El sistema reactor descrito en la Figura 1 comprende una vasija a presión 10 del reactor provista de una tapa desmontable 12 que está fijada mediante los rebordes 14 y 16. Dentro de la vasija a presión 10 está dispuesto un núcleo 18 de reacción nuclear en cadena que comprende una multiplicidad de haces de combustible nuclear 20 colocados verticalmente. Cada haz de combustible está constituido por una multiplicidad de barras combustibles que se extienden longitudinalmente, que están colocadas en posición y separadas entre sí mediante los espaciadores y las placas de conexión superior e inferior que disponen de orificios para permitir el flujo del modera-

1 dor-refrigerante. Cada haz está provisto de un canal de flu-  
jo de extremos abiertos que circunda a las barras combus-  
tibles.

5 Varios manguitos 22 del mecanismo de arrastre de las  
barras de control son herméticamente fijados y conectados a  
la tapa inferior 23 de la vasija del reactor por soldadura o  
similares. Varios tubos guía 24 de las barras de control, que  
se extienden longitudinalmente, tienen sus extremos inferio-  
res fijados a los extremos superiores de los manguitos 22 del  
10 mecanismo de arrastre y están soportados vertical y lateral-  
mente por dichos extremos superiores de los manguitos. Los  
extremos superiores de los tubos guía 24 de las barras de con-  
trol están lateralmente soportados por la placa de rejilla  
inferior 26; El extremo superior de cada tubo guía de las ba-  
15 rras de control está provisto de cuatro casquillos (no mostra-  
dos) y una abertura cruciforme (no mostrada). Cada tubo guía  
24 de las barras de control soporta cuatro haces de combusti-  
ble 20, estando montada la placa de conexión inferior 25 de  
cada uno de los haces en uno de los cuatro casquillos. Cada  
20 tubo guía de las barras de control está provisto de unas  
aberturas 28, situadas cerca del extremo superior, que comu-  
nican con la cámara de abastecimiento 30 y con los casquillos  
y las placas de conexión inferiores de los haces de combusti-  
ble asociados.

25 Las barras de control 32 (indicadas en líneas de pun-  
tos) controlan el nivel de potencia global, así como la dis-  
tribución de potencia local del reactor. Una barra de con-  
trol cruciforme está situada en cada tubo guía de las barras  
de control y está adaptada para proyectarse a través de la  
30 abertura cruciforme y ser movida verticalmente entre los cua-

1 tro haces de combustible asociados 20 que descansan sobre el  
tubo guía. Las barras de control son metidas y sacadas del  
núcleo del reactor por los ejes 33 de arrastre de las barras  
de control (mostrados en líneas de puntos) que se extienden  
5 en los respectivos manguitos 22 del mecanismo de arrastre de  
las barras de control. Los ejes de arrastre de las barras de  
control son selectivamente accionados por mecanismos de arras-  
tre individuales (no mostrado) que controlan las posiciones  
de las barras de control en el núcleo del reactor. Se encuen-  
10 tran descripciones detalladas de los mecanismos de arrastre  
que pueden utilizarse para mover las barras de control antes  
descritas en la patente estadounidense 3.020.887. de Robert  
R. Hobson y colaboradores, concedida el 13 de Febrero de 1962.

15 Una cubierta 34 está montada coaxialmente dentro de  
la vasija para proporcionar una corona de bajada 36 (annulus) entre la  
cubierta y la pared de la vasija. El agua de recirculación es  
continuamente sacada por el fondo de la corona 36 de bajada  
mediante la bomba 38 e introducida en la cámara de abasteci-  
20 miento 30.

25 En la operación de un reactor típico de agua en ebu-  
llición, una mezcla de agua y vapor de agua generada en el  
núcleo 18 es descargada en la cámara de sobrepresión 27 (plenum) desde  
donde la mezcla asciende hasta los separadores de vapor de  
agua 40. Aquí el vapor de agua es separado de la mayor parte  
del agua. El vapor de agua separado asciende hasta el secade-  
ro de vapor 42, montado sobre el elemento de soporte anular  
44, donde se separa el agua restante. El vapor de agua seco  
que abandona el secadero es después transportado a la turbi-  
30 na 46 que impulsa el generador eléctrico 48. El agua descar-  
gada de los separadores 40 y del secadero 42 fluye hacia aba-

1 jo y radialmente hacia afuera a través de la parte superior  
de la cámara de sobrepresión 27 y entre los separadores hacia  
la corona de bajada 36. La línea de puntos 50 ilustra el ni-  
vel del agua.

5 El vapor que escapa de la turbina 46 es condensado  
y recogido en el pozo de condensación de vapor 52. El vapor  
de agua condensado se saca del pozo de condensación mediante  
la bomba 54 y es bombeado como agua de alimentación al rocia-  
dor anular 56, mezclando así el agua de alimentación con el  
10 agua que procede de los separadores 40 y de los secaderos 42  
del vapor de agua. Así, el flujo del agua de recirculación  
asciende desde la cámara de abastecimiento 30 sucesivamente  
a través de los haces de combustible 20, la cámara de sobre-  
presión 27, los separadores de vapor 40, la cámara superior 58,  
15 la corona de bajada 36 y vuelve a la entrada de la bomba de  
recirculación 38. Se observará que el bombeo de recirculación  
también puede ser realizado por bombas de chorro situadas en  
la corona de bajada 36.

20 El agua que procede de la cámara de abastecimiento  
30 se divide en dos corrientes paralelas.

La primera corriente, constituida por alrededor del  
90 % del caudal total procedente de la cámara de abastecimien-  
to 30, pasa sucesivamente a través de las aberturas 28 situa-  
das en la parte superior de los tubos guía 24 de las barras  
25 de control, las placas de conexión inferiores 25 de los haces  
de combustible, pasa a los canales de flujo de los haces de  
combustible, atraviesa éstos y también las placas de conexión  
superiores de los haces de combustible y llega a la cámara de  
sobrepresión 27. Dentro de los canales de flujo, la corriente  
30 de agua sirve como moderador-refrigerante de las barras com-

1 bustibles y en el proceso es parcialmente vaporizada para formar una mezcla de agua y vapor de agua.

5 La segunda corriente, comúnmente denominada caudal de fuga derivado y constituida por el 10 % restante del caudal de agua procedente de la cámara de abastecimiento 30, atraviesa las aberturas anulares 59 formadas entre las superficies exteriores en los extremos superiores de los tubos guía 24 de las barras de control y las aberturas asociadas en la placa de rejilla inferior 26. Este agua asciende a través de los espacios formados entre la cara externa de los canales de flujo del haz de combustible nuclear y las barras de control 32 y descarga en la cámara de sobrepresión 27 a través de los espacios formados entre los extremos superiores de los canales de los haces de combustible. Este agua sirve para enfriar las barras de control y los canales de los haces de combustible, para impedir la formación de vapor de agua en esta región. Este agua también contribuye al efecto moderador de los neutrones del agua que fluye dentro de los canales de flujo. La calidad de la mezcla de agua y vapor de agua resultante de combinar la primera y la segunda corrientes en la cámara de sobrepresión 27 es típicamente alrededor del 10 %.

15 En la Figura 2 se ilustra el haz de combustible de barras extraíbles de esta invención. El haz de combustible 20 generalmente está constituido por un canal tubular de extremos abiertos 62, barras combustibles 64, una placa de conexión inferior 25, una placa de conexión superior 68 y dispositivos espaciadores 70 de las barras combustibles. Las barras combustibles 64 se extienden a lo largo de una multiplicidad de dispositivos espaciadores de elementos combustibles 70 y son mantenidas separadas entre sí por estos dispositivos es-

25

30

1 espaciadores que descansan contra la superficie interior del  
canal tubular 62. Estos dispositivos espaciadores de las ba-  
rras combustibles están separados uno de otro por una distan-  
cia predeterminada a lo largo del haz, por ejemplo, pie y  
5 medio (45 cm) y están conectados a una o más de las barras  
combustibles para evitar el movimiento longitudinal. Esta  
conexión puede ser conseguida por diversos medios tales como  
la incorporación de dispositivos de sujeción a la barra com-  
bustible a estas mismas distancias predeterminadas.

10 Cada barra combustible 64 comprende un tubo alarga-  
do que contiene un material combustible fisionable, tal como  
dióxido de uranio enriquecido ( $UO_2$ ). El material combustible  
se encuentra típicamente en forma de pastillas de gran densi-  
dad colocadas extremo con extremo en el tubo; sin embargo,  
15 puede estar en forma de una masa compactada de polvo o partí-  
culas de gran densidad. Cada extremo del tubo está hermética-  
mente cerrado para evitar que el refrigerante se ponga en con-  
tacto con el combustible y para evitar que los productos de  
fisión escapen de la barra combustible.

20 Los extremos inferiores de las barras combustibles  
están soportados por la placa de conexión inferior 25 y coin-  
ciden con los receptáculos 72 que están formados en la placa  
de conexión inferior. Junto a estos receptáculos están situa-  
das unas aberturas 74 que comunican directamente con la aber-  
25 tura inferior 76. El extremo inferior del canal tubular 62  
encaja alrededor del extremo superior de la placa de cone-  
xión. El extremo inferior de la placa de conexión es un acce-  
sorio de transición ahusado que termina en una cabeza abierta  
30 78 de sección transversal circular y, cuando está montado en  
el reactor, descansa en uno de los casquillos situados en la

1 parte superior de un tubo guía 24 de las barras de control  
de la Figura 1. Cuando el haz de combustible está montado en  
el reactor, la abertura inferior 76 comunica con la cámara de  
abastecimiento 30 de la Figura 1.

5 Refiriéndonos ahora a las Figuras 3 a 8, en ellas se  
ilustran las diversas características de la placa de conexión  
superior desmontable y de las barras combustibles extraíbles  
del haz de combustible de esta invención. Como muestran las  
Figuras 3 y 4, la placa de conexión superior desmontable 68  
10 del haz de combustible de esta invención comprende cuatro me-  
canismos de sujeción 79 (cuyos detalles están mostrados en las  
Figuras 7 y 8). Cada uno de estos mecanismos de sujeción está  
operativamente conectado a dos barras de combustible de cone-  
xión 64'. Además, el haz de combustible de esta invención com-  
15 prende dos tipos básicos de barras combustibles extraíbles.  
Estos son: (1) barras combustibles de conexión extraíbles 64'  
(véase la Figura 6) y (2) barras combustibles extraíbles 64  
(véase la Figura 5). Las placas de conexión superior e infe-  
rior se mantienen unidas por las barras combustibles de cone-  
20 xión extraíbles 64' y las barras combustibles extraíbles 64 es-  
tán soportadas entre las placas de conexión superior e infe-  
rior. Todas las barras combustibles están provistas de tapones  
terminales inferiores, cuyos detalles se describirán más ade-  
25 lante y cuya forma permite la inserción y extracción de las ba-  
rras combustibles sin que se peguen o enganchen a los espacia-  
dores 70 de las barras combustibles. Los tapones terminales  
inferiores 80 de las barras combustibles de conexión 64' están  
roscados mientras que los tapones terminales inferiores 82 de  
30 las barras combustibles 64 no lo están. Además, el extremo su-  
perior de los tapones terminales superiores 84 de las barras

1 combustibles de conexión 64' está configurado para recibir  
al mecanismo de sujeción desmontable 79, a las tuercas de fi-  
jación 86 y al herramental para extraer estas barras (no mos-  
5 trado). Los tapones terminales superiores 88 de las barras  
6 combustibles 64 están configurados para ajustar dentro de las  
aberturas 90 dispuestas en la placa de conexión superior y  
para recibir el herramental para la extracción de estas  
barras.

Más específicamente, los tapones terminales inferio-  
10 res 82 de las barras combustibles 64 están soportados por los  
receptáculos 72 y en coincidencia con estos últimos. El extre-  
mo superior de cada uno de los receptáculos 72 tiene una su-  
perficie cónica 94 en la cara interna de la placa de conexión  
inferior para recibir la sección cónica 96 del tapón terminal  
15 inferior 82. Los tapones terminales inferiores 80 de las ba-  
rras combustibles de conexión 64' disponen de unas roscas 98  
que coinciden con los receptáculos 72' internamente roscados.  
Los receptáculos 72' también son de forma cónica en el lado  
interno de la placa de conexión inferior para recibir las sec-  
20 ciones cónicas 100 de los tapones terminales inferiores 80 de  
las barras combustibles de conexión 64'.

En las Figuras 5 y 6 se ilustran respectivamente la  
barra combustible 64 y la barra combustible 64' que ya han si-  
do descritas en relación con el haz de combustible de las Fi-  
25 guras 2 a 4. Cada una de estas barras, junto con la técnica  
de sujeción de las barras de conexión en los haces de combus-  
tible constituyen el objeto de esta invención.

Refiriéndonos a la Figura 5, la barra combustible 64  
30 comprende una vaina o tubo cilíndrico alargado 102 que puede  
ser de muchos materiales diferentes pero que preferiblemente

1 es de circonio, ya que este material presenta una baja sección  
eficaz de captura de neutrones. Los extremos superior e infe-  
rior de la barra combustible están respectivamente cerrados  
mediante el tapón terminal superior 88 y el tapón terminal  
5 inferior 82, los cuales preferiblemente son ambos de cir-  
conio. Estos tapones terminales están respectivamente solda-  
dos o fusionados a los extremos opuestos del tubo 102 para  
evitar que el refrigerante del reactor entre en contacto con  
el combustible y para impedir que los productos de fisión es-  
capen de la barra combustible. Dentro del tubo 102 está dis-  
10 puesto un material combustible como dióxido de uranio, que  
se encuentra en forma de pastillas 106 que están colocadas  
extremo contra extremo en el tubo. Estas pastillas pueden es-  
tar provistas de extremos ahuecados o volúmenes libres 108  
15 para permitir el hinchamiento de las pastillas durante la ope-  
ración dentro del reactor nuclear. La barra combustible 64  
también está provista de una cámara de sobrepresión 110 que  
recoge los productos de fisión gaseosos desprendidos por el  
combustible nuclear durante la operación en el reactor nu-  
20 clear. El volumen de la cámara es suficientemente grande para  
acomodar a una presión razonable los productos de fisión ga-  
seosos que se espera que sean liberados por el combustible  
durante su ciclo de vida previsto en el reactor nuclear. Den-  
tro de la cámara de sobrepresión 110 está dispuesto un muelle  
25 de sobrepresión 112 que fuerza a las pastillas 106 a estable-  
cer el contacto facial de unas con otras y típicamente ejer-  
ce una fuerza de unas 5 libras (2270 g). Este muelle de so-  
brepresión está formado preferiblemente por acero-Inconel X  
u otro material que posea características de resorte adecua-  
30 das y de preferencia es de configuración helicoidal siendo

1 su diámetro externo menor que el diámetro interno del tubo.  
Entre el extremo inferior del muelle 112 y el extremo superior de la pastilla 106 más alta se encuentra un disco circular grueso 114 para impedir que entren en la cámara de sobrepresión partículas o astillas de combustible y para distribuir la carga uniformemente contra la pastilla más alta.

5  
10 En la Figura 5 puede verse que el tapón terminal inferior 82 comprende un collarín cilíndrico 116, con un diámetro aproximadamente igual al diámetro externo del tubo 102 y una sección terminal 118 que se prolonga hacia adentro. La sección terminal 118 es maciza, tiene una superficie externa cónica 120 y una superficie interna plana 122 contra la que descansa la pastilla de combustible inferior. Entre la superficie externa 120 y la superficie interna del tubo 102 se forma un volumen anular ahusado 124. Entre la superficie exterior 128 del collarín cilíndrico 116 y la superficie cónica 130 se forma una ranura circular 126. Preferiblemente, el collarín cilíndrico 116 comprende parte del material soldado. 15  
20 La operación de soldadura consistirá entonces en calentar el collarín 116 y el tubo terminal 102 a una temperatura superior a sus puntos de fusión, fundiéndolos así y formando una junta de soldadura circular 132. Esta junta de soldadura circular es redondeada y funciona en la forma descrita más adelante. Una característica especialmente importante del tapón terminal 82 es que comprende una superficie cilíndrica 134 que se extiende longitudinalmente. La función de esta superficie será descrita más abajo. Extendiéndose hacia abajo desde el borde inferior de la superficie cilíndrica 134 se encuentra la sección cónica 96 que se une a la sección cilíndrica 136 que a su vez se une a una sección de cabeza 138 en forma 25  
30

1 de bala.

5 La operación y función del tapón terminal inferior 82 será descrita ahora en relación con las varias figuras de los dibujos. La sección de cabeza 138 en forma de bala proporciona una pequeña forma lisa que es fácilmente insertada en los espaciadores 70 de las Figuras 2 y 3 y en los receptáculos 72 de la placa de conexión inferior 25. Como representa mejor la Figura 3, la sección cilíndrica 136 tiene un diámetro ligeramente menor que el diámetro del receptá-  
10 culo 72 de manera que puede ser insertada en éste. La sección cónica 96 coopera con la superficie cónica 94 de los receptá- culos 72 para soportar la barra combustible en las direccio- nes radial y longitudinal. La pendiente de la sección cónica también tiende a alinear la barra combustible mientras está  
15 siendo insertada en el haz de combustible.

Un problema importante encontrado para conseguir una barra extraíble efectiva es el de evitar que la barra quede mecánicamente conectada o pegada a los espaciadores 70 durante la inserción o extracción de la barra del haz de combustible.  
20 Esto ocurre especialmente cuando el espaciador contiene pequeños elementos mecánicos, como alambres de rejilla o extensio- nes metálicas, que pueden engancharse con la ranura circular 126 del tapón terminal inferior, como representa mejor la  
25 Figura 5. La ranura circular 126 es conveniente ya que fun- ciona evitando una excesiva separación de calor del collarín 116 durante la operación de soldadura. Se ha encontrado que la superficie cilíndrica 134 que se extiende longitudinalmente, alinea y atenúa el movimiento lateral de la barra extraíble mientras está siendo insertada a través de la célula espacia-  
30 dora o extraída de la misma, de manera que los pequeños ele-

1       mentos de la célula espaciadora no se enganchan con la ranura circular 126. Se ha encontrado que la longitud L de la superficie cilíndrica 134 debe ser preferiblemente alrededor de 0,1" (2,54 mm). Sin embargo, se sobreentiende que las características de alineamiento y atenuación de la superficie cilíndrica 134 no serán disminuidas y pueden ser algo mejoradas si se aumenta la longitud L. Esto es debido a que la barra extraíble dispondrá de más tiempo y distancia para el alineamiento y la atenuación mientras está siendo insertada en el espaciador. Sin embargo, si se disminuye considerablemente la longitud L, el movimiento lateral del tapón terminal, mientras está siendo insertado en el espaciador, tiene una probabilidad menor de ser reducido o atenuado ya que no se pondrá en contacto con la superficie cilíndrica 134. Por lo tanto, los movimientos laterales o vibraciones del tapón terminal mientras está siendo insertado en el espaciador pueden dar lugar a que pequeños elementos del espaciador queden atrapados en la ranura circular 126. Debe observarse que el borde redondeado de la junta de soldadura circular 132 permite un pequeño alineamiento defectuoso de la barra combustible durante la inserción ya que el borde redondeado alineará la barra combustible mientras está siendo insertada a través de la célula del espaciador. De forma análoga, cuando la barra combustible está siendo extruída del haz de combustible, la superficie ahusada 130 alineará cualquier posición defectuosa y el tapón terminal inferior 82 no se pegará al espaciador. A la vista de lo que antecede, puede observarse que se proporciona un tapón terminal inferior 82 único que permite la soldadura apropiada al tubo 102 y al mismo tiempo permite la fácil inserción y extracción de la barra en el haz de combustible.

1 tible.

5 El tapón terminal superior 88 está provisto de un collarín cilíndrico 140 y una sección terminal 142 que están configurados y funcionan fundamentalmente de la misma manera que el collarín 116 y la sección terminal 118 del tapón terminal inferior 82. Una sección cilíndrica 144 se extiende hacia arriba desde el collarín 140 y el resorte de compresión 146 circunda a la sección 144 y funciona en la forma descrita a continuación. Debe observarse que junto al collarín cilíndrico 10 140 se dispone una muesca 148 para capturar la espira inferior del resorte de compresión 146. Es importante capturar el resorte de compresión 146 ya que de otra forma podría aflojarse durante las operaciones de manipulación de la barra y caer en el haz de combustible o en el núcleo del reactor. La ranura 15 150 está dispuesta cerca del extremo superior del tapón terminal superior 88 y está formada entre la superficie cónica 152 por el extremo inferior y la superficie anular en ángulo recto 154 en el extremo superior. El tapón terminal 88 también está provisto de una superficie cilíndrica 156 que se extiende 20 longitudinalmente, que tiene aproximadamente el mismo diámetro que la sección cilíndrica 144 y una sección de cabeza 158 en forma de bala.

25 El herramental 160 para la extracción de las barras está generalmente ilustrado por las líneas de puntos y comprende de los dedos de retenida 162 que son sesgados hacia adentro por el extremo inferior del manguito 164. Este último es deslizable longitudinalmente con respecto a los dedos 162. En funcionamiento, el manguito 164 se extrae de los dedos de retenida para permitir su expansión radial. Entonces los dedos se 30 alinean con la sección de cabeza en forma de bala 158 y se in-

1 sertan sobre la misma y sobre la superficie cilíndrica 156 y  
en alineamiento con la ranura 150. El tope 165 se pone en  
contacto con la sección de cabeza 158-y se coloca para dete-  
ner el movimiento hacia adentro de los dedos cuando están  
5 alineados con la ranura 150. Después de que los dedos 162 es-  
tán radialmente alineados con la ranura 150, se inserta sobre  
los mismos el manguito 164 para moverlos radialmente hacia  
adentro y engancharlos con la ranura 150. Manteniendo el man-  
guito 164 en su posición de inserción total, los dedos de re-  
10 tenida 162 no se separarán mientras la barra combustible está  
siendo extraída o insertada. Los dedos 162 pueden desengan-  
charse de la ranura 150 retirando el manguito 164 e insertan-  
do los dedos 168 que producen la expansión radial de los de-  
dos 162. Preferiblemente, los dedos 162 y 168 comprenden res-  
15 pectivamente unas superficies cónicas 169 y 170 para facili-  
tar la inserción.

En la Figura 6 se ilustra la barra de conexión ex-  
traíble 64'. Muchas características de esta barra combustible  
son iguales a las de la barra combustible 64 y, por lo tanto,  
20 las características comunes no serán descritas. Las diferen-  
cias que existen se encuentran en el tapón terminal inferior  
80 y en el tapón terminal superior 84. La diferencia básica  
en el tapón terminal inferior 80 es que comprende las roscas  
98 que están formadas en la sección cilíndrica 172. La sec-  
25 ción cilíndrica 172 es más larga que la sección cilíndrica  
equivalente 136 del tapón terminal 82 de la barra extraíble  
64. Este aumento de longitud de la sección cilíndrica 172 tie-  
ne por objeto garantizar que las roscas 98 están completamen-  
te engranadas con las correspondientes roscas del receptáculo  
30 72 que está mejor ilustrado en la Figura 3.

1 El tapón terminal superior 84 de la barra de conexión extraíble de la Figura 6 difiere del de la barra extraíble de la Figura 5 en que la sección cilíndrica 174 se  
5 extiende por toda la longitud de la porción superior del tapón terminal superior. Además, se disponen unas roscas 176 para recibir las tuercas de fijación 86, como muestran las Figuras 2, 3 y 4. Además, las roscas 176 reciben las correspondientes roscas del herramental 178 de sujeción de la barra extraíble que está ilustrado en general en líneas de puntos.  
10 La ranura 180 está destinada a recibir las prolongaciones 182 del mecanismo de sujeción 79, como ilustra mejor la Figura 7 que será descrita a continuación.

15 En las Figuras 7 y 8 se ilustra el mecanismo de sujeción 79 del haz de combustible de barras extraíbles de esta invención. El mecanismo de sujeción 79 comprende unos elementos de sujeción 186 que se prolongan radialmente hacia afuera desde los aros 188 y 189 a intervalos de  $120^{\circ}$ . Cada uno de los elementos de sujeción 186 tiene una sección recta 190 y una sección curvada 192 que se extiende generalmente  
20 en las direcciones hacia arriba y hacia afuera desde la superficie plana de los aros 188 y 189. Estos últimos están interconectados por el elemento 194 que impide la rotación de las tuercas de fijación 86 y de las barras de conexión extraíbles 64'.

25 En funcionamiento, las barras de conexión 64' son insertadas a través de los espaciadores 70 de las Figuras 2 y 3 y se hacen girar en el receptáculo roscado 72' de la placa de conexión inferior 25 hasta que la sección cónica 100 del tapón terminal 80 engrana al asiento cónico del receptáculo 72' de la placa de conexión inferior, como representa me-  
30

1        jor la Figura 3.

5        Las barras de conexión se hacen girar entonces hasta que las ranuras 180 de los tapones terminales superiores 84 de las barras de conexión adyacentes están una frente a otra. Entonces, se insertan las barras combustibles 64 restantes a través de los espaciadores hasta que encajan en la placa de conexión inferior. A continuación, se inserta la placa de conexión superior sobre las barras combustibles y se ejerce una fuerza sesgada relativamente pequeña de unas 5 libras (2270 g) contra los resortes de compresión 146 de las barras instaladas, como ilustra mejor la Figura 3. Los mecanismos de sujeción 79 se insertan sobre los extremos de cada una de las parejas adyacentes de barras de conexión 64' de manera que las prolongaciones 182 de cada uno de los aros 188 y 189 encajan en las respectivas ranuras encaradas 180 de las barras de conexión. Una vez completada esta operación, se hacen girar las tuercas de fijación 86 sobre las roscas 176 y hasta encajar con la superficie superior de los aros 188 y 189 de los mecanismos de sujeción. Entonces los elementos 186 son forzados en dirección hacia adentro hasta que las secciones rectas 190 encajan con las secciones de alambre plano de las tuercas de fijación 86. Puede verse que se impide que gire el elemento 194 ya que está operativamente conectado a las barras de conexión adyacentes por los aros 188 y 189 y se impide que cada barra de conexión adyacente gire alrededor de la otra ya que las placas de conexión evitan que las barras de conexión se muevan en direcciones laterales. Como el elemento 194 es estacionario, evita que giren los aros 188 y 189 y las prolongaciones 182, que cooperan con las ranuras 180 de las barras de conexión adyacentes, evitan que las ba-

1 rras de conexión adyacentes giren fuera del receptáculo 72'  
de la placa de conexión inferior. Se evita que las tuercas  
de fijación 86 giren mediante los elementos 186 que a su vez  
5 no pueden girar porque forman parte integrante del mecanismo  
de sujeción 79. De esta manera, todos los elementos del haz  
de combustible están asegurados en sus posiciones apropiadas  
y no se sueltan durante la manipulación o cuando operan en  
el reactor nuclear.

10 El haz de combustible puede ser desmontado o las ba-  
rras extraibles pueden ser extraídas y sustituidas de la si-  
guiente manera. En primer lugar, se inserta una herramienta,  
no mostrada, entre las secciones curvadas 192 que las fuerza  
hacia afuera. A continuación, utilizando la misma herramien-  
ta u otra distinta, se quitan las tuercas de fijación 86.  
15 Después se levantan los mecanismos de sujeción 79 y se ex-  
traen de las barras de conexión adyacentes. Entonces se reti-  
ra la placa de conexión superior 68 exponiendo así las barras  
extraibles 64 y las barras de conexión extraibles 64'. Las  
barras extraibles individuales y las barras de conexión extra-  
20 bles pueden ser sacadas ahora y sustituidas con el herramen-  
tal anteriormente descrito. El haz de combustible queda mon-  
tado de nuevo para seguir el orden inverso de operaciones.

25 Se observará que los expertos en la técnica pueden  
introducir diversas modificaciones de esta invención. Por  
ejemplo, la forma particular de los tapones terminales infe-  
rior y superior y del mecanismo de sujeción puede ser modifi-  
cada para responder a necesidades particulares. Por ejemplo,  
pueden utilizarse ranuras de formas diferentes para acomodar  
un herramienta distinto. Además, puede emplearse un número  
30 mayor o menor de elementos 186 del elemento de sujeción 79 o

1 sus ángulos particulares y sus longitudes relativas pueden  
ser variados para adaptarse a las necesidades particulares.  
Asimismo, pueden emplearse mecanismos de sujeción individua-  
les para cada barra de conexión en los que el mecanismo de  
5 sujeción evite que aquellas giren, por ejemplo, disponiendo  
de una o más prolongaciones desde el aro 188 que se extienden  
hacia abajo y encajan con la placa de conexión inferior.

Se han descrito diversas realizaciones de esta inven-  
ción y debe sobreentenderse que los expertos en esta técnica  
10 particular pueden introducir otras modificaciones y adapta-  
ciones de la misma sin apartarse del espíritu y alcance de  
esta invención tal como está definido en las siguientes rei-  
vindicações.

En resumen, la Patente de Invención que se solicita  
15 deberá recaer sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES

1. Un haz de combustible para un reactor nuclear  
que comprende una multiplicidad de barras, conteniendo un  
combustible nuclear por lo menos una de dichas barras, una  
20 primera y una segunda placas de conexión situadas en los  
respectivos extremos de dicho haz para retener dichas barras  
en una agrupación geométrica predeterminada, estando inter-  
conectada por lo menos una pareja de dichas barras mediante  
un dispositivo de sujeción para evitar que las barras de di-  
25 cha pareja giren y medios para fijar dichas placas de cone-  
xión a dicha pareja de barras, comprendiendo el dispositivo  
de sujeción citado un primero y un segundo aros interconecta-  
dos, rodeando el primer aro citado a una de las barras de di-  
30 cha pareja y disponiendo de una prolongación dirigida radial-  
mente y hacia adentro que encaja en la citada abertura de la

1 barra mencionada y rodeando el segundo aro citado a la otra barra de la pareja de barras, disponiendo de una prolongación dirigida radialmente y hacia adentro para encajar en la apertura de la otra barra citada.

5                   2. El haz de combustible de la Reivindicación 1, donde dicho dispositivo de sujeción interconecta los extremos adyacentes de las barras de dicha pareja de barras, donde dichos extremos están adaptados para recibir unas tuercas de fijación y donde cada uno de dichos aros comprende una prolongación para encajar en dichas tuercas y retenerlas.

10                   3. Un haz de combustible para un reactor nuclear que comprende una multiplicidad de barras combustibles, conteniendo cada una de ellas un combustible nuclear, una primera y una segunda placas de conexión situadas en los extremos  
15 respectivos de dicho haz para mantener dichas barras combustibles en una agrupación geométrica predeterminada, estando formada cada una de dichas barras combustibles con un primer tapón terminal que encaja en dicha primera placa de conexión y un segundo tapón terminal que encaja en dicha segunda placa  
20 de conexión, estando provistos los tapones terminales primero y segundo de por lo menos una de dichas barras combustibles de medios de fijación para asegurar dichas placas de conexión a las mismas, siendo desmontables los medios de fijación que aseguran el primer tapón terminal a dicha primera placa de  
25 conexión con objeto de retirar dicha primera placa de conexión, donde cada barra combustible de por lo menos una pareja de dichas barras combustibles está provista de medios de fijación para asegurar dichas placas de conexión a dicha pareja de barras combustibles y un dispositivo de sujeción que  
30 interconecta dicha pareja de barras combustibles para impedir

1 que giren las barras combustibles de dicha pareja.

5 4. El haz de combustible de la Reivindicación 3, donde los segundos tapones terminales citados de dichas barras combustibles de la citada pareja de barras combustibles están roscados en la segunda placa de conexión citada, donde dichos medios de fijación desmontables comprenden unas tuercas de fijación roscadas sobre los primeros tapones terminales citados y donde el dispositivo de sujeción mencionado comprende medios para encajar en dichas tuercas y retenerlas.

10 5. El haz de combustible de la Reivindicación 3, donde dicho segundo tapón terminal de cada una de las citadas barras combustibles está formado con una sección cónica que encaja en dicha segunda placa de conexión.

15 6. El haz de combustible de la Reivindicación 5, donde dicho segundo tapón terminal está formado con una superficie cilíndrica que se prolonga desde dicha sección cónica hacia la citada barra combustible.

20 7. El haz de combustible de la Reivindicación 5, donde dicho segundo tapón terminal está formado con una sección de cabeza en forma de bala que se extiende desde dicha sección cónica.

25

30

1           8. Se reivindica por último como objeto sobre el  
que ha de recaer la patente de introducción que se solici-  
ta: UN HAZ DE COMBUSTIBLE PARA UN REACTOR NUCLEAR.

5           Todo conforme queda descrito y reivindicado en la  
presente memoria descriptiva que consta de veintiocho pá-  
ginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 25 de Setiembre 1.974

BERNARDO UNGRIA

P.P. *6*

10

15

20

25

30

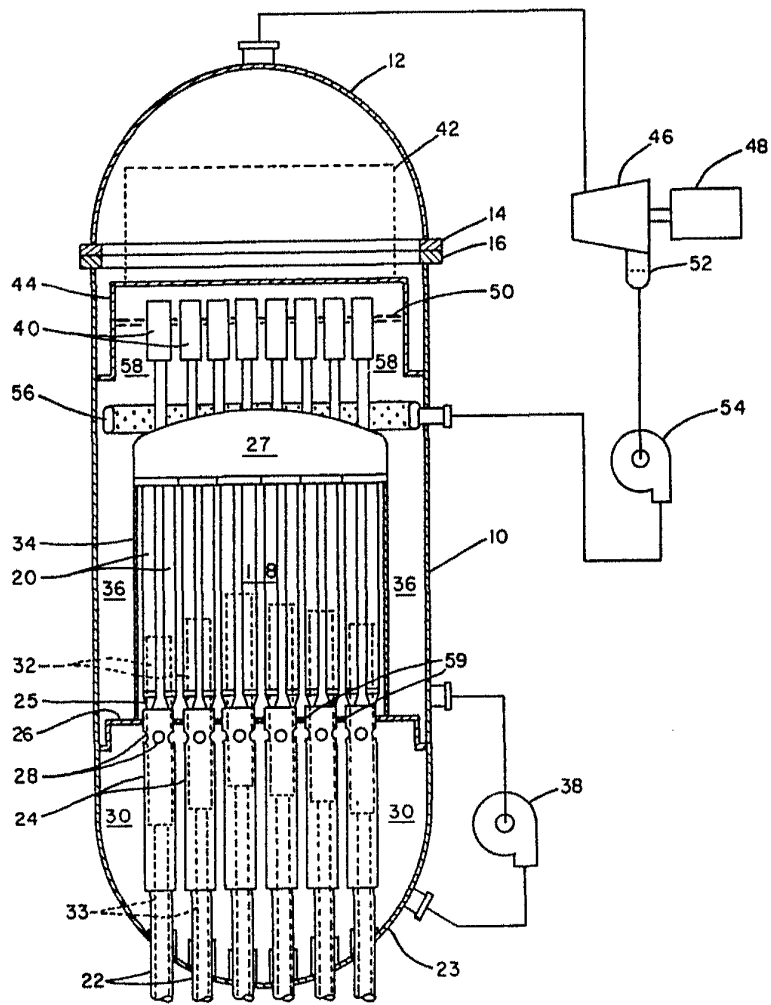


Fig. 1

ENCUENTRO DE LA  
MADRID, 25 de setiembre de 1974  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
CÓRDOBA

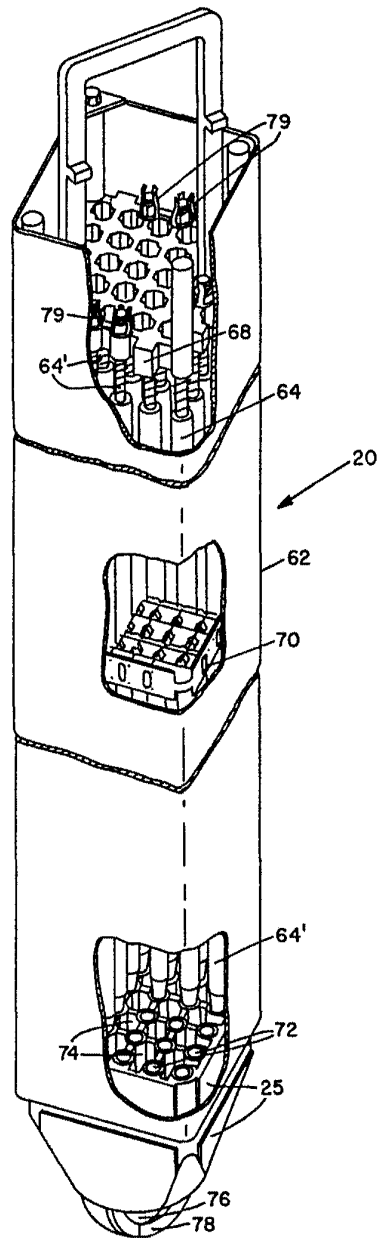


Fig. 2

INVENTOR  
MADRID, 25 DE Setiembre DE 1974

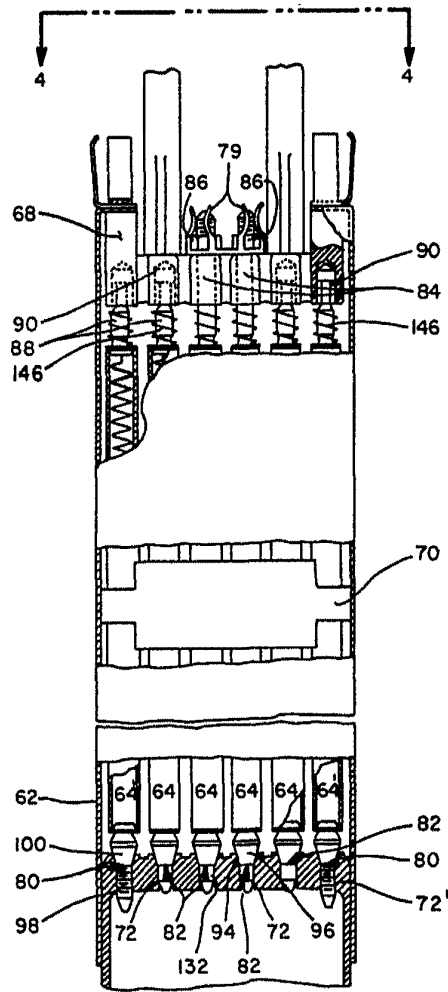


Fig. 3

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 25 de setiembre de 1924  
BERNARDO UNGRÍA  
S. P.

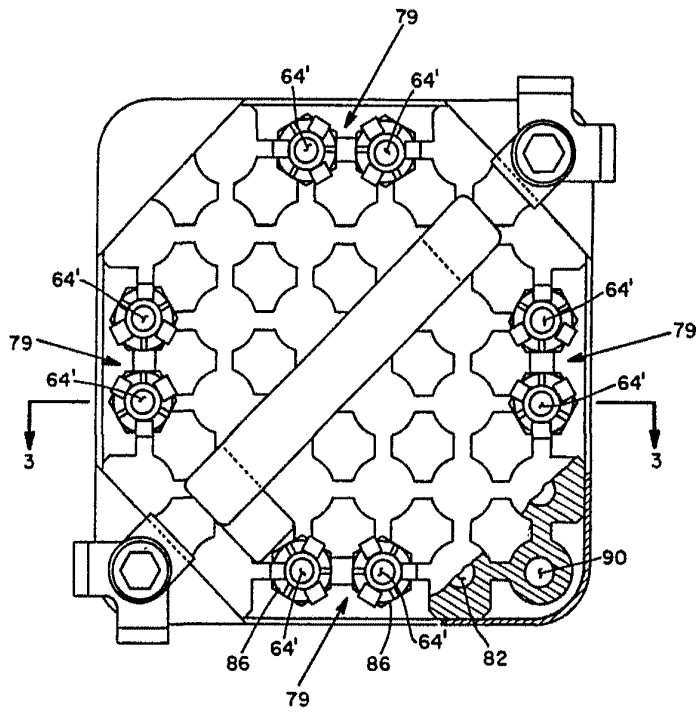


Fig. 4

MADRID, 25 de setiembre de 1974  
BERNARDO UNGER  
P. P.

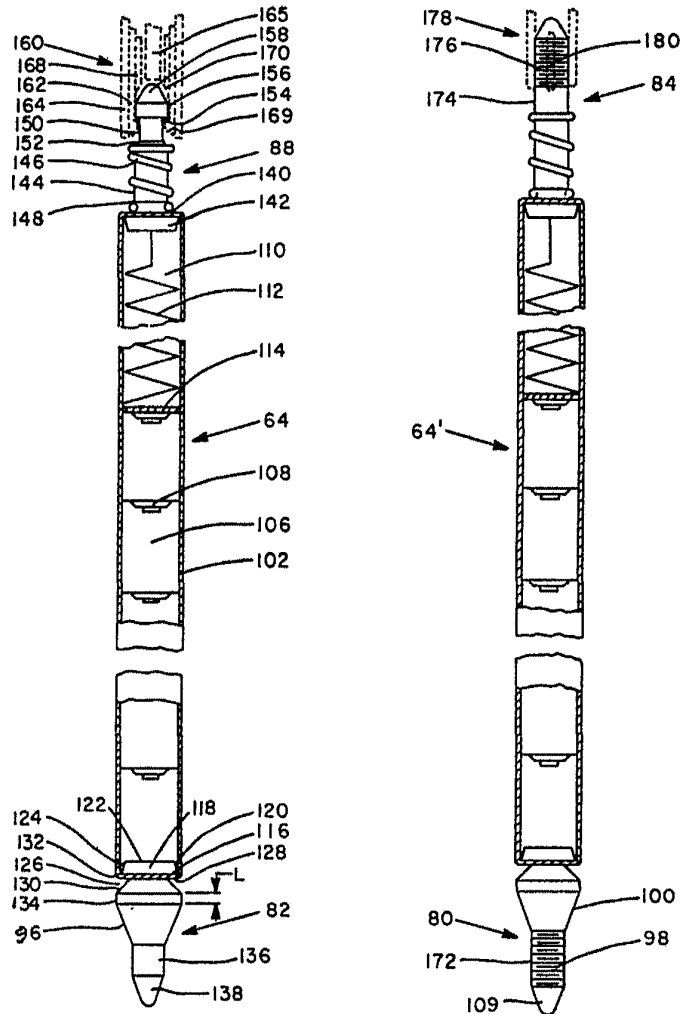


Fig. 5

Fig. 6

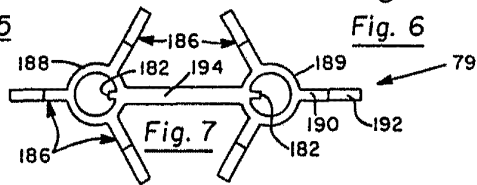


Fig. 7

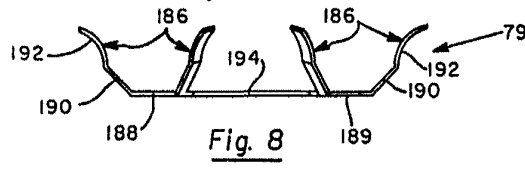


Fig. 8

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES  
 MADRID, 25 de septiembre DE 1974  
 BERNARDO UNGRÁN  
 P. D.