



ESPAÑA

CONCEDIDA

19 ES	11 N.º	462373	10 AI
	21		
	22	FECHA DE PRESENTACION	
		14-9-77	

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES: 31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
725.310	21-9-76	ESTADOS UNIDOS

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA

54 TITULO DE LA INVENCION
BARRA DE COMBUSTIBLE PARA REACTOR NUCLEAR.

71 SOLICITANTE (S)
WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Beulah Road, Pittsburgh, Pennsylvania 15235 - ESTADOS UNIDOS.

72 INVENTOR (ES)

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU.

1 El presente invento se refiere a barras de combustible nuclear.

5 Actualmente están en funcionamiento reactores nucleares en los cuales el combustible nuclear está contenido en elementos de combustible de varias formas geométricas, teniendo los más típicos la forma de barras. En estas condiciones, el material del combustible está contenido típicamente en una vaina alargada de sección transversal circular que está herméticamente cerrada en sus extremidades. Los materiales que se utilizan corrientemente para la vaina incluyen circonio y sus aleaciones, acero inoxidable, aluminio y sus aleaciones, así como niobio, entre otros materiales. El combustible incluido en la vaina tiene típicamente la forma de pastillas sinterizadas sólidas, teniendo generalmente cada pastilla una forma cilíndrica. Se utilizan varios materiales como combustible, incluyendo compuestos de uranio, tales como el dióxido de uranio, compuestos de plutonio tales como el dióxido de plutonio, compuestos de sodio y mezclas de éstos. Las pastillas se apilan axialmente las unas encima de las otras, y una barra de combustible típica puede contener hasta 272 pastillas.

15 Se ha comprobado que era conveniente disponer igualmente un espacio vacío o cámara de pleno en el interior de las barras de combustible para compensar la acumulación de productos de fisión y otros gases liberados por las pastillas de combustible durante el funcionamiento del reactor. El emplazamiento usual de estas cámaras de pleno está en la parte superior de las barras de combustible encima de las pastillas de combustible. Para reducir

20

25

30

1 la posibilidad de que se produzcan desperfectos en las pas-
tillas durante el transporte del combustible y la instala-
ción del combustible nuclear en el nucleo del reactor, se
utiliza típicamente un dispositivo de retención, tal como
5 un muelle helicoidal, en esta cámara de pleno superior.
Estos dispositivos pueden tambien utilizarse para limitar
el movimiento axial de la pila de pastillas de combustible
durante el funcionamiento del reactor.

La experiencia adquirida durante el funcionamien-
10 to de un reactor con estos elementos de combustible ha de-
mostrado sin embargo que la mera incorporación de estos
dispositivos de retención es insuficiente para mantener la
posición axial de las pastillas de combustible en la pila.
Se han producido desperfectos en los elementos de combus-
15 tible debido a la formación de intervalos entre pastillas
de la pila. Este fenómeno ha sido llamado " densificación
del combustible " , ya que se ha comprobado que las pas-
tillas de combustible tienden a presentar una mayor densi-
dad y una reduccion de sus dimensiones iniciales, lo que
20 permite un desplazamiento de las pastillas en el interior
de la vaina. Por ejemplo, una pastilla dada puede incli-
narse y situarse en una posición dada en el interior de la
vaina mientras que las pastillas situadas por debajo de
ella toman una posición relativamente más baja. La forma-
25 ción de un intervalo entre pastillas no solamente crea di-
ficultades respecto a distribución y control de la energía,
en razón del desplazamiento del combustible, sino que da
lugar a un aplastamiento local de la vaina en los interva-
los, en razón de la elevada presión externa aplicada a las
30 barras.

1 Los procedimientos más corrientes para aliviar
estas dificultades han sido orientados hacia procedimien-
tos relacionados con la fabricación de las pastillas de com-
bustible. Se han tomado varias medidas para obtener pasti-
5 llas que tienen una densidad más próxima a la densidad teó-
rica que la densidad utilizada anteriormente. Sin embargo,
es conveniente, y ésto se ha hecho siempre en la industria
de energía comercial nuclear, prever unos medios redundan-
tes para reducir la posibilidad de que se produzca cualquier
10 fenomeno perjudicial.

 El objeto principal del invento consiste en pro-
porcionar una barra de combustible nuclear con unas pasti-
llas de combustibles que permanecen en sus posiciones desea-
das incluso cuando se produce una densificación de las pas-
15 tillas de combustible.

 Teniendo presente este objeto, el presente inven-
to consiste en una barra de combustible para reactor nuclear
que incluye una vaina tubular de forma alargada y herméti-
camente cerrada, y una pluralidad de pastillas de combusti-
20 ble situadas las unas encima de las otras en el interior
de dicha vaina, estando caracterizada la barra de combusti-
ble por un cierto número de elementos expansibles (32) dis-
puestos en el interior de dicha vaina (22) y situados en-
tre pastillas adyacentes (24), estando dichos elementos (32)
25 inicialmente comprimidos y adaptados para dilatarse al pro-
ducirse una elevación de temperatura hasta un nivel pre-deter-
minado para aplicarse contra la superficie interna de dicha
vaina (22) y mantener su posición debido a las fuerzas de
fricción..

30 Preferentemente, el elemento expansible es un ele-

1 mento de muelle en forma general de C con un elemento de
 agarre sujeto en el elemento de muelle para comprimir el
 elemento de muelle de modo que sea fácil de introducirlo
5 en una barra de combustible durante la fabricación del
 combustible. En caso de elevación de la temperatura hasta
 un valor predeterminado, el elemento de agarre libera su
 sujeción compresiva sobre el elemento de muelle, permitien-
 do que el elemento de muelle se aplique contra la super-
10 ficie interna de la vaina de combustible y permanezca en
 esta posición debido a la fuerza de fricción.

 El invento podrá entenderse más claramente leyen-
 do la siguiente descripción de unos modos de realización
 preferidos del mismo que se representan, solamente a títu-
 lo de ejemplo, en los dibujos adjuntos, en los cuales :

15 La Figura 1 es una vista en perspectiva de un
 conjunto de combustible nuclear típico;

 La Figura 2 es una vista en alzado simplificada,
 parcialmente en sección transversal, de una barra de com-
 bustible del conjunto de la Figura 1;

20 La Figura 3 es una vista en planta de un modo de
 realización preferido de un dispositivo de fricción según
 el invento;

 La Figura 4 es una vista en sección tomada a lo
 largo de la línea IV-IV de la Figura 3 ;

25 La Figura 5 es una vista en planta de otro modo
 de realización preferido de un dispositivo de fricción se-
 gún el invento;

 La Figura 6 es una vista en sección tomada a lo
 largo de la línea VI-VI de la Figura 5 ;

30 La Figura 7 es una vista en planta de otro modo

1 de realización preferido de un dispositivo de fricción según el invento ; y

La Figura 8 es una vista en sección tomada a lo largo de la línea VIII-VIII de la Figura 7.

5 Haciendo ahora referencia a la Figura 1, se representa en ella un conjunto de combustible nuclear típico 10. Una pluralidad de dichos conjuntos están dispuestos en posiciones adyacentes las unas a las otras para formar el núcleo del reactor nuclear. Se hace pasar un refrigerante a través del núcleo y este refrigerante extrae la energía térmica y la utiliza para accionar un sistema de turbogenerador. Cada conjunto de combustible 10 incluye una multiplicidad de barras de combustible 12, soportadas por una boquilla superior 14 y una boquilla inferior 16, y sostenidas a lo largo de su longitud por unas rejas de conjunto de combustible 18. Las rejas 18 sirven para mantener una alineación radial adecuada de las barras de combustible 12 permitiendo sin embargo una dilatación axial, y sirviendo también como puntos de contacto entre los conjuntos adyacentes. El conjunto 10 se representa con una barra de control 20 introducida de tal manera que pueda deslizarse.

15 Una barra de combustible típica 12 se representa, simplificada, en la Figura 2. Los componentes ilustrados incluyen la vaina de combustible 22, las pastillas de combustible 24, los obturadores de extremidad 26, una región superior de cámara de pleno 28 y un aparato de retención de combustible 30. Se representa igualmente el dispositivo de fricción 32 según el invento, que se describe detalladamente en lo que sigue. Como se ilustra, una multiplicidad de pastillas de combustible 24, típicamente de for-

20

25

30

1 ma cilíndrica, están apiladas en el interior de la vaina
22 típicamente de sección transversal circular, que está
hermeticamente cerrada por los obturadores de extremidad
26. Una región anular 34 está dispuesta entre las pasti-
5 llas 24 y la vaina 22 para permitir la introducción de las
pastillas, el movimiento de los gases, y para reducir las
interferencias indeseables entre las pastillas y la vaina.
La región superior de cámara de pleno 24 está prevista
para compensar la liberación de los productos de fricción
10 y otros gases, que podría producir la acumulación de una
presión indeseable en el interior de la barra de combusti-
ble 12. El aparato de retención 30 que se representa, es
un muelle helicoidal que ayuda a mantener la posición axial
de las pastillas 24. Sin embargo, la experiencia adquiri-
15 da durante el funcionamiento ha demostrado que las pasti-
llas 24 pueden tener una tendencia a cambiar de posición
en el interior de la vaina cuando están sometidas a tempe-
raturas y radiaciones elevadas, lo que conduce a efectos
potencialmente perjudiciales, que incluyen una mala distri-
20 bución localizada de la energía y un aplastamiento locali-
zado de la vaina.

El invento está basado en las observaciones ante-
riores e incluye la incorporación del dispositivo de fric-
ción 32 en unos emplazamientos predeterminados en el inte-
rior de la barra de combustible 12, para mantener la posi-
25 ción de las pastillas de combustible 24.

En las Figuras 3 y 4 se representa un modo de rea-
lización preferido del dispositivo 32. Este incluye dos com-
ponentes, un elemento de muelle 36 y un elemento de sujeción
30 38. El elemento de muelle 36 está dispuesto de modo que ten-

1 ga aproximadamente la configuración interna de la vaina 22
de la barra de combustible en su posición dilatada, y su
tamaño es tal que pueda ser introducido, haciendolo desli-
zar en el interior de la vaina mientras está comprimido.
5 El elemento de sujeción 38 mantiene el elemento de muelle
36 comprimido durante la fabricación de la barra de com-
bustible, y responde a una elevación de temperatura pre-
determinada para liberar su sujeción y permitir al elemen-
to de muelle 36 dilatarse y aplicarse contra la vaina 22,
10 quedando a continuación mantenido en su posición por las
fuerzas de fricción.

El elemento de muelle 36 que se representa tie-
ne generalmente la forma de una C con una pestaña 40 que
sobresale hacia el interior a partir de cada extremidad
15 de la C . Debe realizarse con un material compatible con
la vaina 22 y el ambiente de la barra de combustible, es
decir que debe presentar características mínimas de absor-
ción de neutrones, y debe mantener su fuerza elástica a
temperaturas del orden de 537°C (1000°F) o más. Debe te-
20 ner igualmente una altura, indicada por "A" en la Figura
4 suficiente para facilitar la resistencia a la fricción
necesaria sin deformar localmente la vaina 22 , y sin em-
bargo suficientemente reducida para no alterar notablen-
te la distribución de la energía cuando se coloca entre
25 las pastillas. El dispositivo 32 puede también situarse
justo en la parte superior de la pila de pastillas, en la
región de la cámara de pleno 28, donde un incremento de
la altura tiene menos efecto sobre la distribución de la
energía. La superficie externa, que se aplica contra la
30 superficie interna de la vaina puede ser lisa, o puede

1 ser intencionadamente rugosa para aumentar la retención
producida por la fricción.

5 El elemento de sujeción 38 está sujeto en las
pestañas 40 para mantener inicialmente una forma compri-
mida. Está montado de tal manera que su fuerza de sujeción
disminuya a una temperatura predeterminada, de preferente-
mente 260°C (500°F). Esta reducción de la fuerza de suje-
ción puede resultar de la fabricación del elemento de fi-
10 jación 38 a partir de un material sensible a la temperatu-
ra que reduce su resistencia cuando la temperatura aumenta,
o que presenta el coeficiente de dilatación térmica nece-
sario. En variante, el dispositivo de fijación puede rea-
lizarse de modo que sea sensible a la temperatura, por ejem-
plo bajo la forma de una soldadura 42 que pierde su inte-
15 gridad a temperaturas elevadas. Sin embargo, se prefiere
el primer procedimiento ya que una reducción de la resis-
tencia de una soldadura o de otro dispositivo de sujeción
podría hacer que los dos elementos se separen accidental-
mente. Unos materiales de construcción típicos pueden es-
20 tar constituidos por un elemento de muelle 36 hecho de alea-
ción a base de níquel tal como el Inconel 716 y un elemen-
to de sujeción 38 hecho de acero al carbón o de acero inoxi-
dable sensible a la temperatura. El diámetro externo del
elemento de muelle en forma de C 36 está dimensionado pa-
25 ra que se dilate y se bloquee en el interior de la vaina
de la barra de combustible, típicamente en una gama del or-
den de algunas décimas de pulgada (1 pulgada = 25,4 mm).
La altura de un dispositivo introducido entre las pastillas
no debe ser inferior a 3,17 mm (1/8 pulgada) y no supe-
30 rior a 9,51 mm (3/8 pulgada). Un dispositivo 32 situado en

1 la región 28 de la cámara de pleno o debajo de la pila de
pastillas, puede tener una mayor altura. El elemento de su-
jeción 38 puede tener una altura inferior o igual a la al-
tura del elemento de muelle 36. El espesor del elemento de
5 muelle 36 puede ser del orden de 0,5 mm (0,02 pulgada).
Preferentemente, se situará el dispositivo en la barra de
combustible a las alturas donde existe una depresión en el
flujo de neutrones y en la energía, por ejemplo en los em-
plazamientos de las rejillas. Situándoles así, pueden utili-
zarse por ejemplo siete dispositivos 32 a lo largo de una
10 barra de combustible típica que tiene una longitud de apro-
ximadamente 406 cm (160 pulgadas). Para mantener la posi-
ción de las pastillas de combustible en estas barras de com-
bustible 12, el dispositivo de fricción 32 debe mantener
15 una fuerza entre dispositivo y vaina aproximadamente simé-
trica, incluida entre 9,04 Kg y 18,08Kg (20 y 40 libras)
Se observará aquí que el dispositivo de fricción 32 presen-
ta su configuración comprimida solamente antes de la pri-
mera elevación de temperatura hasta el valor predetermina-
do. A continuación permanece dilatado. Por tanto, el ele-
20 mento de sujeción 38 puede dilatarse y liberarse, alivian-
do así su sujeción del elemento de muelle.

Se observará, basándose en lo que antecede, que
numerosas variantes de realización de un dispositivo de
25 fricción 23 pueden ser utilizadas y pueden funcionar de la
manera descrita aquí. Dos de estas variantes, indicadas
por 32a y 32b, se representan en las Figuras 5 a 8.

Las Figuras 5 y 6 representan un dispositivo de
fricción 32a con un elemento de muelle 36a similar al de
30 la Figura 3, que incluye unas pestañas 40a. El elemento

1 de sujeción 38a, sin embargo, está sujeto aquí por medio de las pestañas 40a, como se representa. Puede sujetarse por unas cabezas 44 de una manera similar a un remache, o puede soldarse in situ.

5 Las Figuras 7 y 8 representan un dispositivo de fricción 32b que incluye un elemento de muelle en forma de C 36b sin pestañas. Los bordes de la C están sujetos por ejemplo por medio de soldaduras 46, en el elemento de sujeción 38b. El elemento de sujeción 36b incluye aquí unas
10 muescas 48 que facilitan la dilatación a una temperatura predeterminada. El elemento de sujeción 38b se representa sujeto en los bordes del elemento de muelle 36b, aunque podría también sujetarse sobre la superficie interna como se indica por medio de la línea de líneas y puntos de la
15 Figura 7.

En resumen, la presente Patente de Invención que se solicita deberá recaer en las siguientes

REIVINDICACIONES

1.- Barra de combustible para reactor nuclear
20 que incluye una vaina tubular de forma alargada y hermeticamente cerrada, y una multiplicidad de pastillas de combustible dispuestas las unas encima de las otras en el interior de dicha vaina, caracterizada porque un cierto número de elementos dilatables (32) están dispuestos en el
25 interior de dicha vaina (22) y situados entre pastillas adyacentes (24), presentando inicialmente dichos elementos (32) una configuración comprimida y estando adaptados para dilatarse cuando se produce una elevación de temperatura hasta un nivel predeterminado de modo que se bloqueen
30 contra la superficie interna de dicha vaina (22) y manten-

1 gan su posición debido a las fuerzas de presión.

2.- Barra de combustible según la Reivindicación
1, caracterizada porque dichos elementos dilatables (32)
están constituidos por elementos de muelle con una confi-
5 guración generalmente en forma de C y unos elementos de
fijación (38) sujetos entre los extremos de dichos elemen-
tos de muelle (36), manteniendo inicialmente dichos elemen-
tos de fijación (38) dichos elementos de muelle (36) con
una configuración comprimida y dilatándose cuando se eleva
10 la temperatura para permitir que dichos elementos de mue-
lle (36) se dilaten y se bloqueen contra dicha superficie
interna de dicha vaina (22).

3.- Barra de combustible según la Reivindicación
2, caracterizada porque cada elemento de muelle tiene unas
15 pestañas (40) que se extienden hacia el interior a partir
de sus extremos y dichos segmentos de fijación (38) están
sujetos entre dichas pestañas (40).

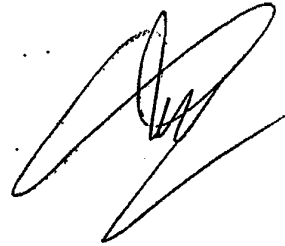
4.- Barra de combustible según la Reivindicación
2 ó 3, caracterizada porque dicho elemento de fijación (38)
20 está diseñado para fallar cuando se alcanza dicho nivel
de temperatura predeterminado de modo que dicho elemento
de muelle (36) se mantenga acoplado con la vaina de com-
bustible (22).

5.- Se reivindica por último como objeto sobre
25 el que ha de recaer la Patente de Invención que se soli-
cita: BARRA DE COMBUSTIBLE PARA REACTOR NUCLEAR.

1 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la
presente memoria descriptiva que consta de trece páginas
mecnografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid 14 de septiembre de 1977
BERNARDO UNGRIA
p.p.

5



10

15

20

25

30

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

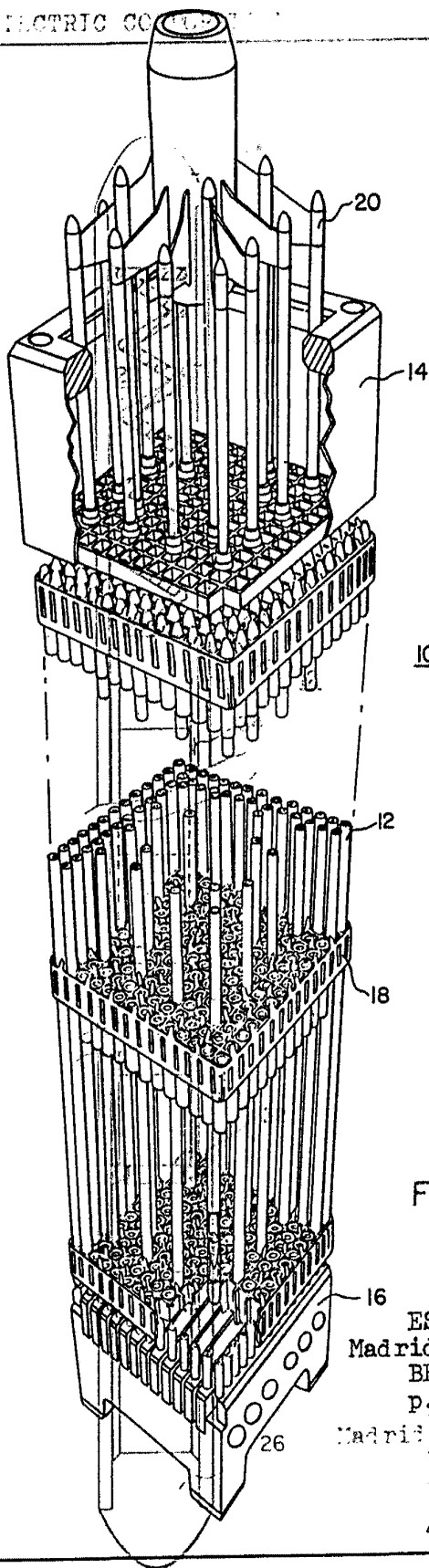


FIG. 1

FIG. 2

ESCALA VARIABLE
Madrid 14 septiembre 1977
BERNARDO UNGRIA
P. ESCALA VARIABLE
Madrid 14 septiembre de 1977
BERNARDO UNGRIA
P.

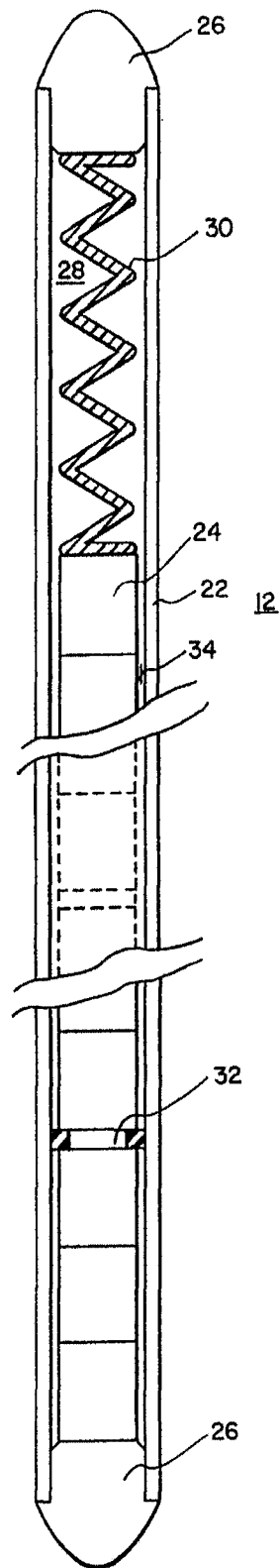


FIG. 2

ESCALA VARIABLE
Madrid 14 septiembre de 1977
BERNARDO UNGRIA
p.p.

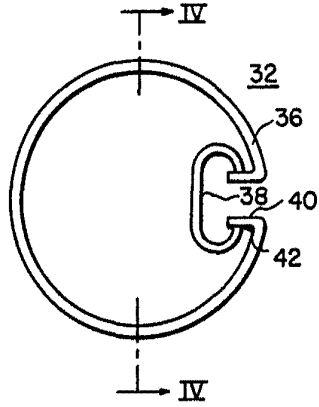


FIG. 3

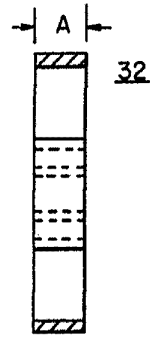


FIG. 4

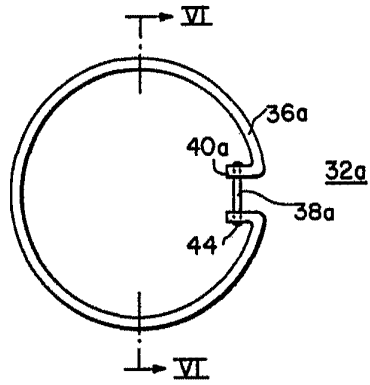


FIG. 5

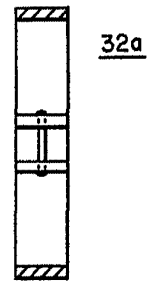


FIG. 6

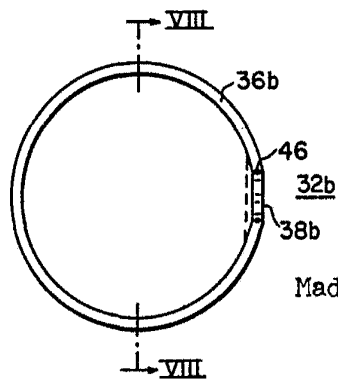


FIG. 7

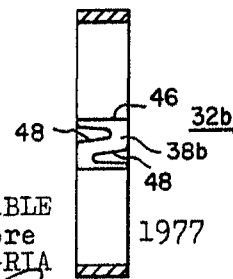


FIG. 8

ESCALA VARIABLE
Madrid 14 septiembre
BERNARDO UNGRIA
P.P.

1977