

331951



1966

memoria descriptiva

CLASE DE REGISTRO Una Patente de Invención, por veinte años en España.

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE General Electric Company
(sociedad de EE.UU.)

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

OBJETO " MEJORAS EN LA CONSTRUCCION DE ELEMENTOS DE COMBUSTIBLE PARA REACTORES NUCLEARES ".

INVENTORES Don Wilfred Thomas Ross y Don Dominic Ambrose Venier

PRIORIDAD Patente EE.UU. nº 497.788 del 19 de Octubre de 1.965



1956

1 El presente invento se refiere amplia-
mente a mejoras en la construcción de elementos de combustible
para reactores nucleares, es decir en reactores de fisión nuclear
y más particularmente a una técnica para construir elementos de
5 combustible, que se emplean en tales reactores de fisión nuclear.

La emisión de grandes cantidades de ener-
gía por medio de reacciones de fisión nuclear actualmente es bien
conocida, En general un átomo fisionable tal como U^{233} , U^{235} o
10 Pu^{239} absorbe un neutrón en su núcleo y experimenta una desinte-
gración nuclear. Esto produce como promedio dos productos de fi-
sión de menor peso atómico y gran energía cinética, y algunos
neutrones de fisión también de elevada energía. Por ejemplo, la
fisión de U^{235} produce un producto ligero de fisión y un produc-
to pesado de fisión con números de masa que varían entre 80 y
15 110 y entre 125 y 155 respectivamente, y un promedio de 2,5 neu-
trones. La emisión de energía se acerca a 200 mev. (millones de
electrón voltios) por fisión.

La energía cinética de los productos
de fisión se disipa rápidamente como calor en el combustible nu-
clear. Si después de esta generación de calor queda por lo menos
20 un neutrón neto restante, que induce una fisión subsiguiente,
la reacción de fisión se hace auto-sostenida y la generación de
calor es continua. El calor se extrae haciendo pasar un refrige-
rante por medio de relación de intercambio térmico con el combus-
25 tible. La reacción puede continuarse en tanto exista en el com-
bustible suficiente material fisionable para sobrepasar los efec-
tos de los productos de fisión y otros absorbentes de neutrones
que pueden estar también presentes.



1

5

10

15

20

25

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 el material fisiónable o combustible nuclear está contenido en elementos de combustible que pueden tener varias formas, tales como placas, tubos o barras. Estos elementos de combustible usualmente están provistos, sobre sus superficies externas, de un revestimiento resistente a la corrosión, no reactivo, que no contiene ningún material fisiónable o fértil. Los elementos de combustible están agrupados entre sí a distancias fijas entre ellos en un canal o región de flujo de refrigerante, como un conjunto de combustible, y suficientes conjuntos de combustible están combinados para formar el alma del reactor nuclear, capaz de reacción de fisión autosostenida, a que se hace referencia arriba. El alma está encerrada dentro de un recipiente reactor.

El elemento de combustible, que constituye el objeto primario del presente invento incluye una cámara de plenitud o de gas a presión que está prevista para recoger los gases de los productos de fisión que se desprenden del combustible nuclear durante el funcionamiento del reactor nuclear. En adición, el mismo incluye un muelle de plenitud, que está dispuesto dentro de la cámara de gas a presión para aplicar una fuerza contra el tapón terminal del elemento de combustible y contra el combustible dispuesto dentro del tubo del elemento de combustible para evitar que se deslice el combustible durante el transporte.

Uno de los problemas que se manifiestan



1 en el funcionamiento de reactores nucleares, pertenece al fallo
estructural de estos elementos de combustible. Esto puede ser
causado por el fallo de una junta soldada o fundida, que no ha-
ya sido formada apropiadamente. En la fabricación de elementos
5 de combustible, generalmente es necesario emplear considerable
calor para unir los tapones terminales al tubo o revestimiento
del elemento de combustible. Un problema significativo de fabri-
cación se encontró cuando el calor del proceso de soldadura exce-
dió de la temperatura eutéctica de los materiales de los que es-
10 taban construidos el tapón terminal y el muelle de la cámara de
plenitud que entonces se derretían y mezclaban con el material
fundido de soldadura. Cuando la aleación eutéctica fundida se
mezclaba con el material fundido de soldadura, la soldadura se
hacia frágil y también expuesta a la corrosión. Cuando se some-
15 tía al ambiente del reactor, ésto conducía a la formación de grietas
o aberturas en la región de soldadura, que exponían directa-
mente en combustible y los gases de productos de fisión, conteni-
dos dentro del elemento de combustible, al refrigerante del reac-
tor. Al ocurrir esta condición, no solo tenía que remplazarse el
20 elemento de combustible, sino que el refrigerante podía transpor-
tar material radiactivo y podía contaminar varias partes del reac-
tor y del circuito de refrigeración.

25 Se ha encontrado considerable dificultad para desarrollar una técnica, en que el muelle de plenitud
y el tapón terminal no se calentaban por encima de su temperatu-
ra eutéctica y, aún cuando lo fueran, no había contaminación re-
sultante de la soldadura. Se han utilizado varias formas de ta-
pones terminales y de espesores de tubos, al tratar de vencer es-



1 te problema sin éxito sustancial, sin embargo. El presente inven-
to ha resuelto con éxito este problema.

Brevemente, el presente invento procura
un muelle de plenitud que está conformado de tal modo que está
5 en contacto solamente con la porción más fría del tapón terminal.

Esto reduce sustancialmente la probabilidad de fundir el muelle
de plenitud durante la soldadura. Además, la forma es tal que,
aún cuando se excediera de la temperatura eutéctica del muelle
de plenitud y del tapón terminal, el material fundido resultan-
10 te se extrae suficientemente de la región de soldadura para que
se elimine virtualmente la contaminación de la soldadura. En la
ejecución precedente, estos dos resultados se consiguen plegan-
do la espira terminal del muelle de plenitud en un ángulo de 90°

15 que hace que la cima de la espira se ponga en contacto solamen-
te con el centro del tapón terminal. Esta es, tanto la región
más fría, como la más alejada de la zona de soldadura. Además,
la espira terminal está revestida con cromo o material similar
de tal modo que el muelle revestido con cromo y el tapón termi-
nal juntos tienen una temperatura eutéctica que es más alta que
20 la temperatura eutéctica del muelle sin revestir y del tapón
terminal sin revestir. Revestiendo la espira terminal, la tem-
peratura eutéctica se aumenta de tal modo que la espira inclu-
so es menos probable que se derrita durante la operación de sol-
dadura.

25 Otra característica del presente invento
es que la espira terminal es auto-centradora mientras se inser-
ta en la cámara de plenitud de gas a presión del elemento de com-
bustible. Por ello, la espira terminal siempre estará en el cen-
tro o se encontrará cerca del centro del taco terminal. Esto es
importante, puesto que el muelle de plenitud se pliega frecuen-



- 566

1 temente mientras se manipula durante las operaciones de fabrica-
ción.

5 El objeto, que se considera como un inven-
to, se expresa particularmente y se reivindica claramente en la
porción concluyente de la memoria descriptiva. Sin embargo, tan-
to respecto a su organización como a su funcionamiento, el inven-
to, junto con otros objetos y ventajas del mismo, se comprenderá
mejor haciendo referencia a la siguiente descripción, efectuada
en conjunción con los dibujos adjuntos, en que:

10 La fig. 1 es una vista isométrica, parcial-
mente en sección, de un conjunto de combustible, que incorpora
el elemento de combustible del presente invento.

15 La fig. 2 es un alzado lateral, parcial-
mente en sección, del elemento de combustible del presente inven-
to.

La fig. 3 es una vista seccional aumenta-
da del extremo superior del elemento de combustible, en que el
muelle de plenitud es de configuración convencional.

20 La fig. 4 es una vista seccional aumenta-
da, tomada en la sección 4-4 de la fig. 3.

25 La fig. 5 es una vista seccional aumentada,
del extremo superior del elemento de combustible de la figura 2,
en que el muelle de plenitud, en asociación con el tubo y el ta-
pón terminal, está construido y dispuesto de acuerdo con el pre-
sente invento;

La fig. 6 es una vista seccional aumenta-
da tomada en la sección 6-6 de la fig. 5;

La fig. 7 es una vista seccional aumentada



1 tomada en la sección 7-7 de la fig. 5;

La fig. 8 es una vista lateral, en sección, mostrando un muelle de plenitud plegado, que se está insertando en la cámara de plenitud de gas a presión;

5 La fig. 9 es una vista lateral, en sección, mostrando el muelle de plenitud plegado de la fig. 8, totalmente inserto dentro de la cámara de plenitud que ilustra las características auto-centradoras del muelle de plenitud;

10 La fig. 10 es una vista terminal tomada en la sección 10-10 de la fig. 9 y también ilustra las características auto-centradoras del muelle de plenitud, y

La fig. 11 es un diseño alternativo de muelle que puede ser utilizado de acuerdo con lo comunicado en el presente invento.

15 En la figura 1 se ilustra un conjunto típico de combustible, que incorpora los elementos de combustible fabricados de acuerdo con el presente invento. El conjunto 10 de combustible generalmente consiste en el canal 12 tubular, de extremos abiertos, en elementos de combustible 14, placa 16 inferior de tirante, placa superior 18 de tirante y dispositivos 20
20 espaciadores de elemento de combustible. El canal tubular 12 tiene una sección transversal cuadrada, teniendo el extremo superior, miembros de cantonera 22, que soportan el canal después de haber sido inserto sobre los elementos de combustible. Los elementos
25 de combustible 14 están insertos dentro y están soportados en relación espaciada por una pluralidad de dispositivos 20 espaciadores de elemento de combustión, que descansan contra la superficie interior del canal tubular 12. Estos dispositivos espaciadores de elemento de combustible están separados entre sí a una dis-



1 tancia predeterminada a lo largo del haz, por ejemplo, a la dis-
tancia de $1\frac{1}{2}$ pies, y están conectados a uno o más de los elemen-
tos de combustión para impedir el movimiento longitudinal de los
dispositivos espaciadores.

5 Esta conexión puede conseguirse por
varios medios, tales como la sujeción de dispositivos de bloqueo
al elemento de combustible a estas mismas distancias predetermi-
nadas. Cada uno de estos dispositivos de bloqueo puede compren-
der un collarín cuadrado, soldado a la superficie externa del
10 elemento de combustible. El collarín cuadrado tiene una abertu-
ra concéntrica con un diámetro ligeramente mayor que el del ele-
mento de combustible, de modo que puede insertarse sobre el mis-
mo y soldarse en su sitio. En adición, las dimensiones exterior-
res de collarines cuadrados son ligeramente menores que las di-
15 mensiones de las celdas del dispositivo espaciador. Una ranura
anular, que se extiende alrededor del contorno del collarín cua-
drado, está prevista para recibir los alambres de retención del
dispositivo espaciador. Después de haberse inserto el elemento
de combustible dentro de las celdas alineadas de los espaciado-
20 res distanciados aparte y de haberse alineado las ranuras de los
collarines con los apropiados alambres de retención, el elemen-
to de combustible se hace girar alrededor de 45° de tal modo que
las gargantas o hendiduras recojan los alambres de retención
de los espaciadores. También es importante observar que el dis-
25 positivo de bloqueo no deberá crear bolsas de vapor, que pueden
causar indeseables puntos calientes en el elemento de combusti-
ble, y deberá ofrecer la menor resistencia posible al flujo de
refrigerante en el canal. Este dispositivo de bloqueo no se mues-



1966

1 tra en los dibujos, puesto que no forma parte del presente inven-
to.

5 Cada elemento de combustible 14 compren-
de un tubo alargado, conteniendo un material de combustible fi-
sionable, tal como uranio. El material de combustible se encuen-
tra típicamente en la forma de píldoras colocadas con un extre-
mo contra otro en el tubo; sin embargo, puede encontrarse en la
forma de un polvo o de partículas. Cada extremo del tubo está
cerrado herméticamente para evitar que el refrigerante se ponga
10 en contacto con el combustible y para evitar que el gas del pro-
ducto de fisión escape del elemento de combustible.

15 Los extremos inferiores de los elementos
de combustible están soportados por la placa 16 inferior de ti-
rante y se alinean con cavidades 28 de soporte, que están forma-
das a través de la placa de tirante. Están dispuestas aberturas
24 adyacentes a cavidades 28 y comunican directamente con la
abertura 26 inferior. El extremo superior de la placa de tiran-
te tiene una sección transversal cuadrada para recibir el extre-
mo inferior del canal 12 tubular. El extremo inferior de la pla-
ca de tirante está estrechado y está soportado por la estructu-
ra interna del reactor. Cuando el conjunto de combustible se mon-
ta en el reactor, la abertura 26 inferior comunica con una cáma-
ra de plenitud del suministro conteniendo una fuente de refrige-
rante, tal como agua. Varias cavidades de soporte, tales como
20 las cavidades angulares señaladas por el número de referencia 30,
están roscadas y reciben elementos de combustible, que tienen
extremos roscados.

La placa de tirante 18 superior está
asegurada a estos mismos elementos roscados de combustible por



1 medio de tuercas, del modo que, se señala por el número de refe-
rencia 32, coincidiendo con las extensiones superiores roscadas
del mismo. Las aberturas 34 están previstas en la placa de ti-
rante 18 superior para hacer comunicar el interior del conjunto
5 del combustible con la cámara de plenitud de descarga del reac-
tor. Cavidades 36 de soporte de elemento de combustible están
formadas a través de la placa de tirante superior. Estas cavida-
des reciben los extremos superiores de los elementos de combus-
tible y tiene suficiente profundidad para permitir su expansión
10 longitudinal. Los muelles de compresión 38 están previstos para
mantener una carga, que se determina por el par de fuerzas de
torsión aplicado a las tuercas 32 entre la placa 18 de tirante
superior y el espaldón superior de los elementos de combustible
14. El canal tubular 12 es mantenido en su sitio por pernos 40,
15 que están insertos a través de aberturas previstas en miembros
angulares 22, que coinciden con extensiones roscadas 42 de la
placa 18 de tirante superior. La placa 18 de tirante superior
también está provista de un mango 44 que se usa para elevar y
descender el conjunto 10 de combustible en el alma del reactor.

20 Aunque el conjunto del combustible,
arriba descrito, puede ser utilizado en varios tipos de reacto-
res nucleares, es particularmente adecuado para el uso con reac-
tores nucleares del tipo de refrigerante moderador de agua hir-
viendo. Durante el funcionamiento de un típico reactor de agua
25 hirviendo, en que puede emplearse el conjunto de combustible,
el refrigerante contenido en la cámara de plenitud de suministro
del reactor, fluye a través de la abertura 26 inferior, a través
de las aberturas 24 y hacia arriba dentro del canal 12, donde el



1 mismo rodea y fluye longitudinalmente a lo largo de la superfi-
cie exterior de los elementos 14 de combustible. Cuando el refri-
gerante fluye hacia arriba, el mismo extrae calor de los elemen-
tos de combustible y por ello aumenta de temperatura y finalmen-
te se convierte en vapor húmedo, teniendo una cualidad de 10%,
5 por ejemplo. Este vapor húmedo fluye entonces a través de aber-
turas 34 en la plaza 18 de tirante superior, que se descarga en
una cámara de plenitud de descarga dentro del reactor. La cámara
de plenitud de descarga recibe el vapor de una pluralidad de
10 conjuntos de combustible, que constituyen el alma del reactor.
Vapor húmedo de la cámara de plenitud de descarga se seca después
y transmite a un dispositivo consumidor de vapor, tal como una
turbina. El vapor condensado procedente del dispositivo consumi-
dor de vapor puede hacerse retornar después al arriba menciona-
do pleno de suministro.
15

En la figura 2 se ilustra el elemento
14 de combustible del presente invento. Este elemento de combus-
tible consiste en un tubo 44 cilíndrico alargado, al que comun-
mente se hace referencia como revestimiento del elemento de com-
20 bustible. Este tubo puede estar hecho de muchos materiales di-
ferentes; sin embargo, es preferible que esté construido de zir-
caloy, una aleación de zirconio, puesto que este material tiene
una sección transversal de baja captura de neutrones. El extremo
superior del elemento de combustible está cerrado por medio de
25 un tapón 46 terminal superior y el extremo del fondo está cerra-
do por medio del tapón 48 terminal del fondo, estando ambos tam-
bién fabricados de zircaloy. Estos tapones o tacos terminales es-
tán respectivamente soldados o fundidos sobre los extremos opues-



1 tos del tubo 44 para evitar que el refrigerante del reactor se
ponga en contacto con el combustible y para evitar que el gas
del producto de fisión escape del elemento de combustible. Dis-
5 puesto dentro del tubo está un material de combustible fisiona-
ble, tal como uranio. El combustible ilustrado en el elemento
de combustible de la figura 2 se encuentra en la forma de pí-
10 ldoras 50, que están colocadas con un extremo contra otro en el
tubo. Sin embargo, debe entenderse, que el combustible puede ser
de cualquier tipo y puede estar en la forma de polvo o partícu-
las.

15 El elemento de combustible 14 también es-
tá provisto de una cámara 54 de plenitud, que está prevista para
recoger gases de producto de fisión, que se desprende por el com-
bustible nuclear durante el funcionamiento del reactor nuclear.
El volumen de esta cámara se determina por la cantidad de gases
20 de productos de fisión, que deban emitirse por el combustible
durante su ciclo de vida anticipado, en el reactor nuclear. El
muelle 56 de plenitud está dispuesto en la cámara de plenitud
54 y está previsto para retener píldoras 50 en contacto facial
entre sí y ejerce típicamente una fuerza de alrededor de 5 li-
bras contra el tapón del extremo superior y las píldoras de com-
25 bustible. Este muelle de plenitud está construido preferentemen-
te de Inconel-X, acero u otro material, que tenga adecuadas ca-
racterísticas de resorte. El muelle tiene preferentemente una
configuración helicoidal, siendo el diámetro exterior menor que
el diámetro interior del tubo. Procurando sólo una pequeña hol-
gura entre el muelle y el tubo, el muelle puede ayudar a sopor-
tar el tubo de plenitud adyacente, ante las elevadas presiones



1 que pueden ejercerse contra la superficie exterior del tubo por
el medio circundante dentro del reactor. Una arandela 58 plana
circular está inserta entre el extremo del fondo del muelle 56
y el extremo superior de la pildora 50' para evitar que partí-
5 culas o trozos de combustible penetren en la cámara de plenitud.

5 El presente invento se propone primor-
dialmente la asociación única entre el tapón 43 terminal supe-
rior, el extremo superior del tubo 44 y la espira terminal 60
del muelle 56 de plenitud. El tapón terminal 46 está formado in-
10 tegramente e incluye una rama cilíndrica 62 alargada, teniendo
un extremo 64 estrechado para facilidad de inserción en la antes
descrita placa 18 de tirante superior. El tapón terminal 46 tam-
bién incluye un collarín cilíndrico 66, que tiene un diámetro
aproximadamente igual al diámetro del tubo 88 y una sección ter-
15 minal 68. La sección terminal 68 es maciza, está conformada co-
mo un tronco de cono y tiene una superficie 69 plana interior,
contra la que descansa el extremo superior del muelle de pleni-
tud. Un volumen 70 anular estrechado (véase también figuras 3
a 7) está formado entre la superficie externa de la sección ter-
20 minal 68 y la superficie interna del tubo 44.

Haciendo ahora referencia a las figu-
ras 3 y 4, se presenta la configuración y relación mútua de un
muelle convencional de plenitud 56' según está asociado con el
tapón terminal 46 superior y el tubo 44 durante una típica ope-
25 ración de soldadura. Deberá observarse particularmente que el
muelle 56' de plenitud tiene su espira terminal en contacto fa-
cial con el contorno de la superficie 69 interna plana de la
sección terminal 68. El proceso, que tiene lugar cuando las jun-



1 tas entre el collarín cilíndrico 66 y el final del tubo 44 se
sueldean o funden uniéndose durante las típicas operaciones de
fabricación, se ilustra en la figura 4. Se aplica calor alrededor
5 de todo el contorno de esta junta como se indica por los
símbolos de "calor" mostrados en la figura 4. Cuando se aplica
este calor, el material del collarín y del tubo se funden como
se indica, y la región fundida tiene una temperatura de t_1 . Se
conduce calor desde esta región a lo largo de la zona periféri-
ca de la sección terminal 68, como se indica por líneas de pun-
10 tos. La temperatura t_2 de la superficie interna 69, que está en
contacto con la superficie de la espira 72 del muelle 56' es su-
ficiente, durante las típicas operaciones de fabricación, para
exceder de la temperatura eutéctica de los materiales, de los que
están hechos la espira 72 y el tapón 46. Por lo tanto, la super-
15 ficie superior de la espira 72 y la porción periférica adyacen-
te de la superficie interna 69 se fundirán y fluirán hacia arri-
ba dentro del volumen 70 anular y se mezclarán con el material
fundido que forma la junta de soldadura. El proceso, por el
que el material fundido fluye hacia arriba dentro del volumen anu-
20 lar 70 se cree que es el de acción capilar, puesto que este flu-
jo ascendente ocurre independientemente de la fuerza de gravedad
de la posición de la barra de combustible mientras se está sol-
dando. Esta mezcla de hierro (cuando el muelle de plenitud está
hecho de acero) o níquel (cuando el muelle de plenitud está he-
25 cho de Inconel-X) del muelle de plenitud con el zircaloy de la
junta soldada (estando hechos de zircaloy, tanto el tubo, como
el tapón terminal) da por resultado el que la junta soldada
se haga frágil, menos resistente a la corrosión y aumenta la pro-



1 babilidad de fallo del elemento de combustible durante el funcio-
namiento del reactor.

5 Se ha descubierto que empleando una espi-
ra terminal 60 plegada hacia arriba por 90°, se ha eliminado es-
ta condición indeseable. Las razones de ésto pueden comprender-
se mejor haciendo referencia a las figuras 5, 6 y 7. Puede ver-
se en estas figuras, que la porción superior de la espira termi-
nal 60 del muelle de plenitud 56, están en contacto con la región
10 central de la superficie 69 plana interior de la sección termi-
nal 68. Durante la soldadura de la juntura entre el collarín 66
y el tubo 44, la temperatura T_3 en la región central de la super-
ficie interna 69 es menor que la temperatura t_2 en el contorno
de la superficie interna 69, puesto que el calor tiene que reco-
rrer mayor distancia, la masa calentada es mayor, y el área pa-
15 ra disipación de calor es mayor. Además, la temperatura t_3 es la
temperatura más baja sobre la superficie interna 69 durante las
operaciones típicas de soldadura. Por lo tanto, la probabilidad
de fundir la espira terminal 60 del presente invento es menor
que la de fundir la espira terminal 72 del diseño convencional.

20 Otra característica importante del pre-
sente invento es que la sección terminal 68 y la espira terminal
60 cooperan de tal modo que, aún cuando la espira terminal 60
se fundiese, el material fundido se depositaría generalmente en
la porción central de la superficie 69 interna plana, como se
25 ilustra por material fundido 73, y por ello no fluiría hacia el
volumen 70 anular estrechado y no contaminará la soldadura. Por
lo tanto, aún cuando se fundiese la espira terminal del presen-
te invento, la probabilidad de que contaminase la soldadura es
menor que con las técnicas convencionales.



1

Con el fin de reducir ulteriormente al mínimo la posibilidad de contaminar la soldadura, la espira terminal 60 está revestida con un material, tal como cromo, en que la espira terminal revestida y el tapón terminal conjuntamente tienen una temperatura eutéctica que es mayor que la temperatura eutéctica del muelle sin revestir y del tapón terminal. Revis-
5 tiendo la espira terminal con cromo, por ejemplo, la temperatura eutéctica se incrementa tanto, que la espira terminal incluso es menos probable que se funda durante la operación de soldadura. Esto puede verse más claramente por el hecho de que la tem-
10 peratura eutéctica o de fusión de hierro-zircaloy (muelles sin revestir de aleación de hierro y tapón terminal de zircaloy) es de alrededor de 900°C mientras que las temperaturas eutécticas o de fusión de cromo-zircaloy (muelle revestido de cromo, de alea-
15 ción de hierro, y tapón terminal de zircaloy) es de alrededor de 1500°C. Por lo tanto, se observará, que la temperatura eutéctica ha sido aumentada por alrededor de 600°C revistiendo la espira terminal 60 con cromo. Puesto que el zircaloy tiene una temperatura de fusión de alrededor de 1800°C y el hierro tiene una
20 temperatura de fusión de alrededor de 1500°C, la temperatura eutéctica de cromo-zircaloy de alrededor de 1500°C ha incrementado la temperatura eutéctica, desde un nivel mucho más bajo, al nivel de temperatura de los metales semejantes.

20

25

En las figuras 8, 9 y 10 se ilustra la característica auto-centradora de la espira terminal 60 que es una característica muy ventajosa para operaciones de fabricación a gran escala. En la figura 8 se ilustra un muelle 56 de plenitud plegado que se está insertando en la cámara de plenitud



1 54 desde la izquierda a la derecha, como se indica por la fle-
cha asociada. Se observará que la espira 60 del muelle de pleni-
tud 56 está plegada hacia abajo, lo que puede ocurrir frecuente-
mente durante la manipulación del muelle. Como se describe me-
5 jor en las figuras 9 y 10, cuando el muelle se mueve en la cá-
mara de plenitud 54, la espira 60 se endereza y queda auto-cen-
trada. La espira se endereza primero resbalando a lo largo del
borde 74 circular interior del extremo del tubo 44 y deslizán-
dose después a lo largo de la superficie interna del tubo. La
10 distancia D ilustra el máximo desplazamiento de la espira 60.
Este desplazamiento está limitado, porque la espira se pone en
contacto con la superficie interna del tubo 44. La distancia D
se determina por la holgura C entre el diámetro exterior del mue-
lle 56 de plenitud y el diámetro interior del tubo 44. La hol-
15 gura se elige para acomodar esta acción autocentradora deseada
y para procurar un apropiado soporte de tubo si fuera necesario.

Deberá entenderse, que podría utilizar-
se varios tipos de formas de muelles a condición de que cumpla
los objetivos anteriormente descritos. Por ejemplo, la espira
20 terminal 60 podría consistir en una vuelta sencilla o en una
pluralidad de vueltas y de vueltas parciales de las mismas, o
incluso podría consistir en media vuelta. En esta última situa-
ción, el extremo de la media espira estaría en contacto con el
centro de la superficie interna 69. Sin embargo, no tendría la
25 característica auto-centradora de una espira, que tuviera una
vuelta completa, y por ello tendrá que tenerse cuidado durante
las operaciones de fabricación. En la práctica actual, se emplean
alrededor de una vuelta y tres cuartos, en que la cara 76 de



1 los tres cuartos finales de espira se elimina por limado o pro-
cedimiento análogo para procurar una disposición de espira más
compacta. En adición, sería posible emplear un muelle, en que
la sección terminal del mismo puede consistir en una pluralidad
5 de hélices de diámetro decreciente, como se ilustra en la figu-
ra 11. Sin embargo, esta técnica no procura la deseada caracte-
rística auto-centradora.

Las ejecuciones particulares de este in-
vento acaban de ser descritas y deberá entenderse que pueden in-
10 troducirse otras varias modificaciones y ventajas por los exper-
tos en esta materia particular sin apartarse de la idea y del
alcance de este invento como se expone en las siguientes reivin-
dicaciones.

N O T A

=====

15 La presente patente de invención, compren-
de las siguientes reivindicaciones;

1.- Mejoras en la construcción de elemen-
tos de combustible para reactores nucleares, caracterizadas por-
20 que el elemento de combustible incluye un tubo, con combustible
nuclear dispuesto en parte de dicho tubo, comprendiendo una cá-
mara de plenitud formada en un extremo de dicho tubo, un muelle
de plenitud dispuesto en dicha cámara de plenitud, un tapón ter-
minal teniendo una superficie interna aproximadamente plana, es-
25 tando conectado dicho tapón al extremo de dicho tubo con la ci-
tada superficie interna plana formando un extremo de dicha cáma-
ra de plenitud, poniéndose en contacto dicho muelle de plenitud
sólo con la región central de dicha superficie plana interna.

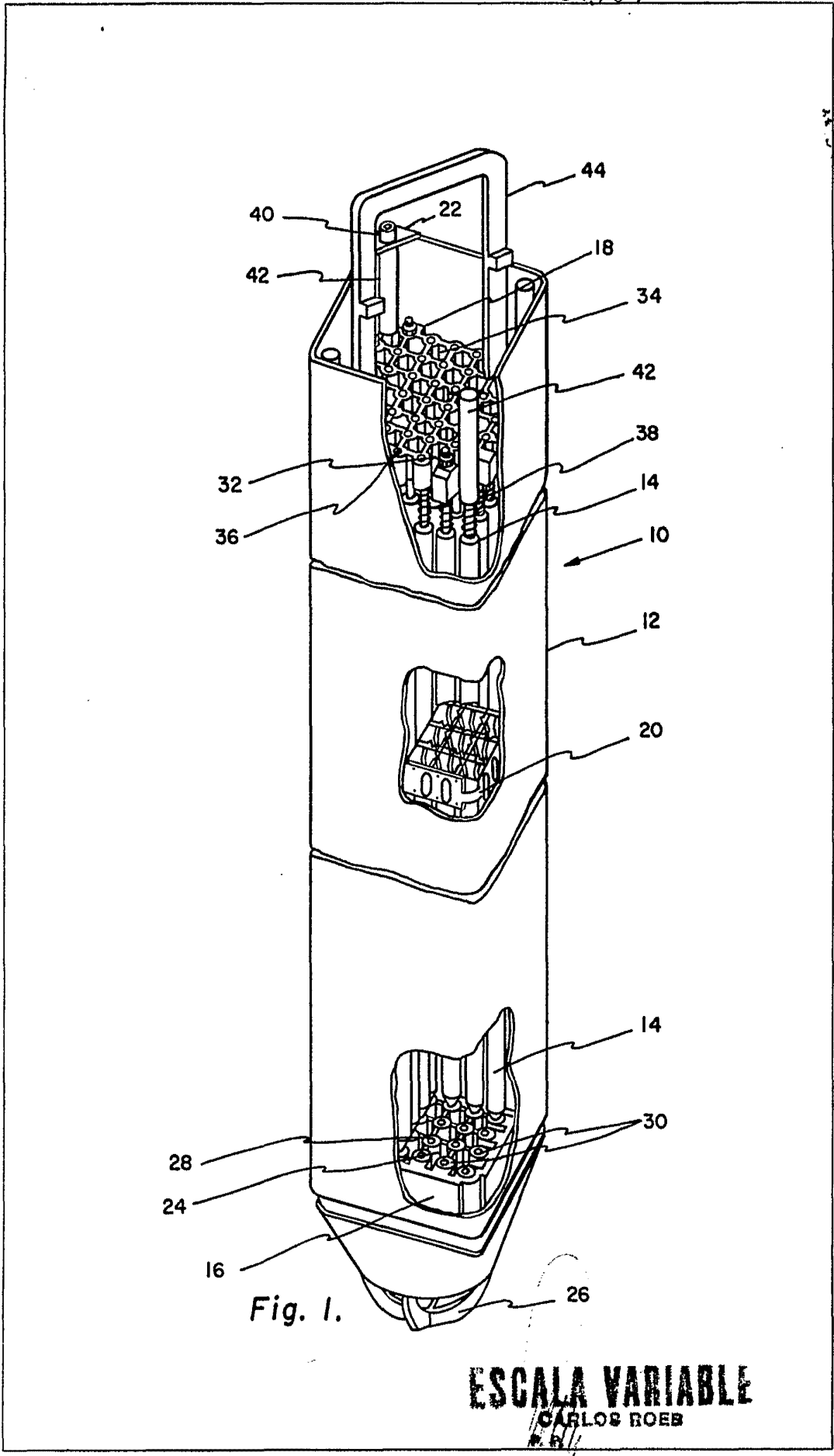


Fig. 1.

ESCALA VARIABLE
CARLOS ROEB

136

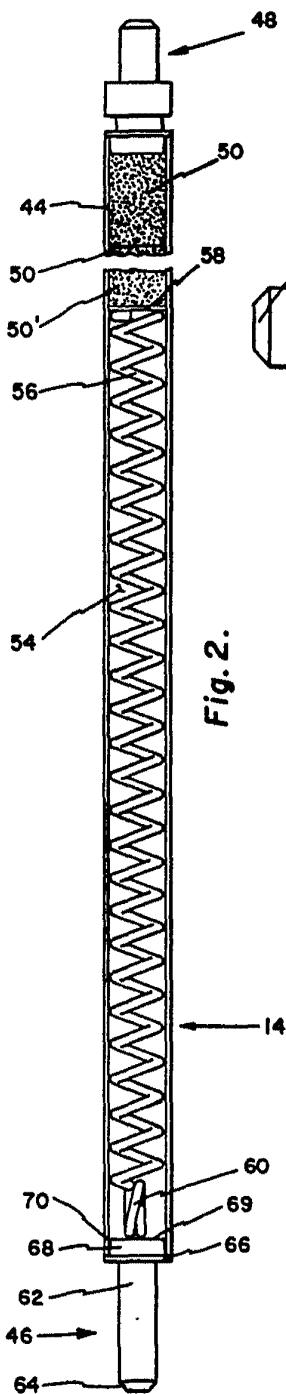


Fig. 2.

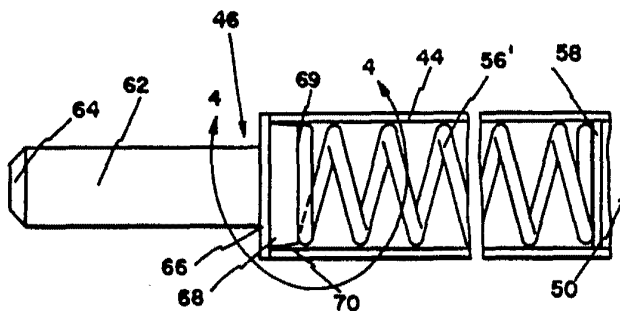


Fig. 3.

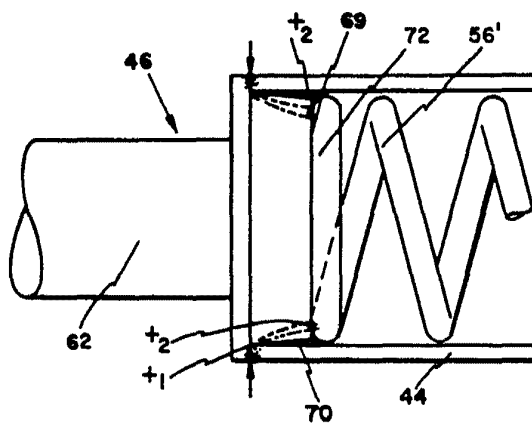


Fig. 4.

ESCALA VARIABLE
POR ROES

[Handwritten signature]

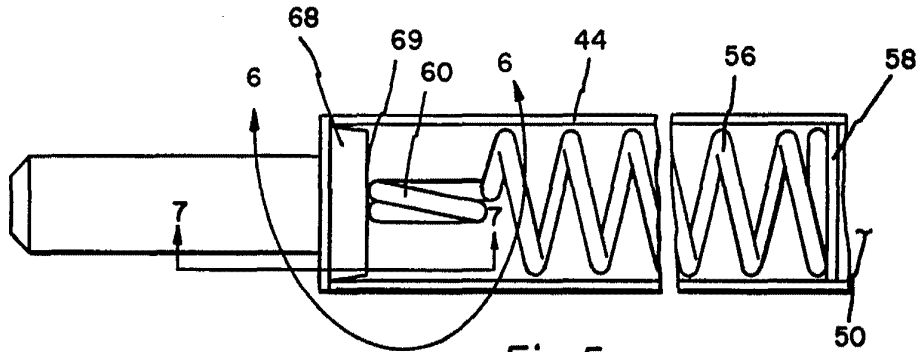


Fig. 5.

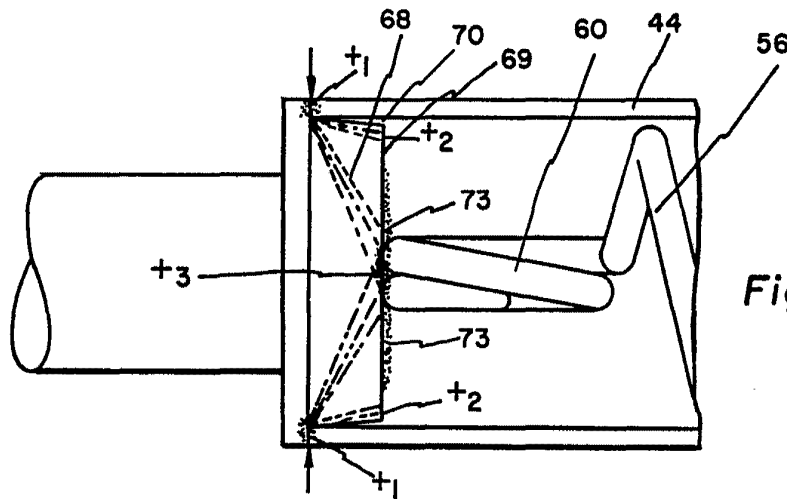


Fig. 6

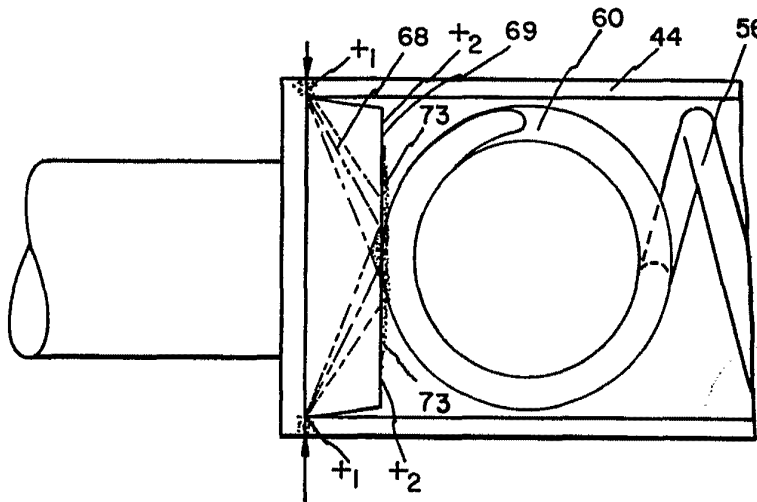


Fig. 7.

ESCALA VARIABLE
CARLOS ROZAS

331951

366

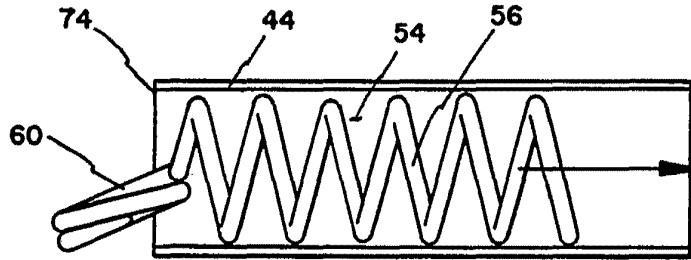


Fig. 8.

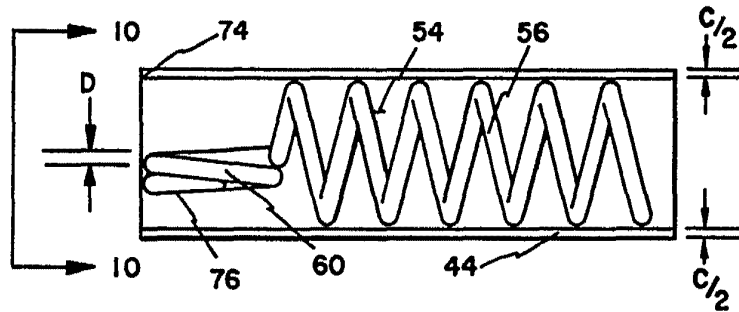


Fig. 9.

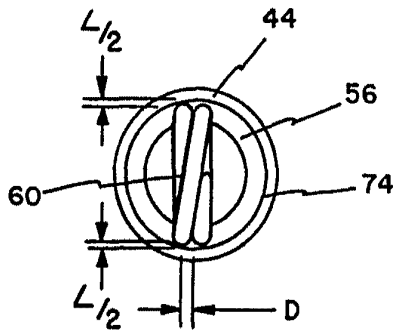


Fig. 10.

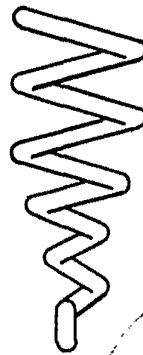


Fig. 11.

ESCALA VARIABLE

CARLOS ROED