



328128

PATENTE DE INVENCION

328128

M E M O R I A            D E S C R I P T I V A

S o b r e :

"PLANTA NUCLEAR PARA LA CONVERSION DE AGUA DEL MAR"

-----

Solicitante: UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION, Entidad  
de nacionalidad estadounidense, con domicilio en  
GERMANTOWN, MARYLAND (U.S.A.).

-----

Inventor: D. James P. LAGOWSKI.

-----

328128



- Esta invención concierne a una fuente nuclear de calor la cual es inherentemente segura, sencilla en su concepto, económicamente atractiva y dependiente solo de la tecnología conocida, y a un método operativo de la fuente nuclear de calor.
- 5.- Con más detalle, la invención se refiere a una planta de destilación de agua marina accionada por energía nuclear.
- Se están desarrollando actualmente grandes esfuerzos en todo el mundo en el desarrollo de nuevos suministros de agua potable para usos municipales, industriales y agrícolas. Una
- 10.- gran parte de este esfuerzo se ha dirigido hacia la desalinización del agua del mar. Aún cuando se siguen distintas aproximaciones a este problema, una de las más prometedoras hace uso de un reactor nuclear para generar el calor necesario para la planta de destilación por alambique. Aún cuando virtualmente
- 15.- puede emplearse cualquier reactor nuclear como fuente de calor para la planta de desalinización, el simple acoplamiento de un reactor existente con un sistema de alambique destilador no parece ventajoso en la producción de agua de bajo coste.
- Con objeto de producir agua a precios competitivos, el
- 20.- coste del calor suministrado a la planta destiladora debe ser sustancialmente inferior al coste del vapor producido por los reactores existentes. Para reducir el coste del calor suministrado a la planta de destilación, se han sugerido grandes plantas de uso múltiple, y los estudios han demostrado que las grandes plantas de doble uso, producción de energía eléctrica y desalinización, presentan ventajas económicas sobre las plantas de agua de uso único debido al valor de la electricidad producida.
- 25.- Sin embargo, la revisión de las zonas del mundo que necesitan fuentes adicionales de agua, indica que la demanda de agua no está siempre a la par con la demanda de energía eléctrica en las
- 30.-

328128

18



cantidades producidas. Estas plantas de uso único, o solo para el agua, son convenientes en zonas del mundo en las que no se desean grandes bloques adicionales en la capacidad de generación eléctrica y cuando el capital disponible para inversiones

5.- debe mantenerse a un mínimo.

De acuerdo con esto, es el objeto principal de esta invención desarrollar una planta de uso único para la desalinización de agua salada a coste reducido.

10.- Es también un objeto de la presente invención desarrollar una planta para la destilación de agua del mar accionada por energía nuclear.

Es accidentalmente un objeto de la presente invención la provisión de un nuevo método para la operación de un reactor nuclear.

15.- Estos y otros objetos de la presente invención se alcanzan mediante el acoplamiento de un reactor nuclear refrigerado por líquido, el cual está dispuesto en el fondo de un profundo foso que contiene el refrigerante, con una planta de destilación en alambique. La altura del refrigerante por encima del reactor

20.- es suficiente para evitar la ebullición del refrigerante a una temperatura lo suficientemente alta para operar la planta de destilación a alambique.

25.- Esta misma planta de destilación resulta muy atractiva para zonas muy densamente pobladas ya que, independientemente del aspecto económico, está su inherente seguridad. No es posible que cualquier sucesión de acontecimientos --ni incluso un terremoto catastrófico-- puede liberar gran cantidad de radiactividad

30.- en la atmósfera. En vista de esto, la planta de conversión de agua marina es particularmente indicada para zonas que sufran frecuentes terremotos, tal como la costa sur de California.

328128



La invención será ahora descrita en conexión con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- 5.- La figura 1 es una vista esquemática en sección vertical de una planta nuclear de destilación de agua del mar, -  
construida de acuerdo con la presente invención;
- La figura 2 es una vista ampliada en sección horizontal efectuada a lo largo del núcleo del reactor por la línea 2-2 de la figura 1;
- 10.- La figura 3 es una sección esquemática vertical de la planta mientras se procede al repostado de la misma.
- La figura 4 es una vista ampliada en sección horizontal efectuada por la línea 4-4 de la figura 1; y
- La figura 5 es un esquema simplificado de la circulación de la planta.
- 15.- Con referencia ahora a la figura 1 de los dibujos, la planta de destilación de acuerdo con la presente invención comprende un reactor nuclear 10 que incluye un núcleo 11 dispuesto cerca del fondo de un profundo foso de cemento 12, una pluralidad de calentadores de salmuera 13 orientados verticalmente en
- 20.- otro foso de cemento 14 adyacente al foso 12, y una planta multietapa de evaporación por alambique 15.
- Los fosos de cemento 12 y 14 están separados por una pared de hormigón 16 levantada en una excavación única de 30,48 metros de profundidad. El foso 12, además de extenderse 30,48 m. por debajo del nivel del suelo se extiende también 15,24 m., hacia arriba por encima de dicho nivel. El foso 12 del reactor -
- 25.- tiene 4,572 m., de diámetro interior y el foso calentador de la salmuera 14, tiene un diámetro interior de 12,802 m. Las paredes de hormigón de los fosos 12 y 14 están forradas con acero al -
- 30.- carbono (no mostrado) para prevenir las fugas o admisiones de

328128



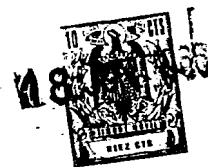
agua del suelo dentro del foso.

5.- El núcleo 11 del reactor está dispuesto dentro de un tanque 17 que tiene 45,72 m., de altura y 3,353 m., de diámetro interior, siendo sus paredes de acero al carbono con un grosor de 9,525 mm., que se rellena con un baño 18 de agua desmineralizada. El tanque 18 está soportado desde el fondo por una camisa 19, en tanto que unos soportes laterales 20 impiden el movimiento lateral del tanque.

10.- El núcleo 11 del reactor es de naturaleza convencional, y no se describirá en mayor detalle. En general, el núcleo 11 tiene una altura activa de 1,981 m., y un diámetro activo (equivalente) de 1,981 m., e incluye 120 montajes de combustible 21 que se extienden entre una placa rejilla superior 22 y una placa rejilla inferior 23. Los montajes de combustible 21 tienen sección transversal cuadrada con 149,22 mm., de lado, 15.- Los montajes de combustible 21 contienen, cada uno, una pluralidad de vástagos combustibles de Zircaloy-II-revestidos de dióxido de uranio. Treinta varillas cruciformes de control 24 conteniendo  $B_4C$  como material de control, se encuentran enfundadas en Inconel y se disponen en las intersecciones de grupos 20.- de cuatro montajes de combustible 21 sobre un foso de 305 mm., (véase figura 2). Las varillas de control 24 se extienden a través de las cubiertas de las guías de control 25 montadas en la placa rejilla superior 22. El reactor contiene también materiales que reducen la reactividad quemables como es costumbre en 25.- la técnica.

30.- El tanque reactor 17 está cubierto por una tapa 26 hermética al aire, para impedir la entrada de aire al sistema principal de refrigeración para reducir la corrosión del acero al carbono usado en la construcción. Sin embargo, no se requie-

328128



re presurización, ya que la presión estática de una columna de agua de una altura mayor de 39,62 m., sobre el núcleo es suficiente para impedir la ebullición.

- Los mecanismos 27 para el accionamiento de las varillas de control están montados en la parte alta de la tapa del tanque reactor 26 y se conectan con las varillas de control 24 por medio de unos tubos de extensión de 39,62 m., de longitud y 76,199 mm de diámetro 28. Los soportes laterales 29 retractables de los tubos de extensión (véanse figuras 3 y 4) incluyen dos juegos de brazos situados a 90° uno con otro, los cuales se pliegan contra el tanque reactor 18 durante las operaciones de repostado, y forman una rejilla durante la operación del reactor para proveer un soporte lateral para los tubos de extensión 28. Esta rejilla sirve también para reducir algo la transferencia de calor por convección a la superficie del tanque reactor, mientras que el tabique 29a desvía el caudal principal del refrigerante hacia abajo.

- El núcleo 11 del reactor está soportado desde el fondo del reactor 17 por una pestaña circunferencial 30 situada cerca del fondo del tanque. Protecciones de acero y plomo 31 rodean al núcleo por el interior del tanque del reactor 17 y están soportadas también por la pestaña circunferencial 30.

- Una tapadera de acero 32 con un ojo 33 para su levantamiento encierra los mecanismos de control para el accionamiento de los vástagos 27 a la vez que cubre el foso del reactor 12, mientras que las vigas de hormigón 34 forman una cubierta para el foso calentador de salmuera 14. Ambas tapaderas, la 32 y las vigas de hormigón 34 proporcionan también protección y sirven también como barreras de bajas fugas para permitir la ventilación controlada de los fosos.

328 128



- Un foso 35 para el combustible gastado, situado por encima del nivel, se encuentra dispuesto junto al foso 12 del reactor, con el cual se une por mediación de un canal 36 de 5,182 m., de profundidad y que se cierra durante la operación
- 5.- del reactor por una compuerta movable 37. En el foso 35 de combustible gastado pueden verse las perchas 38 para almacenamiento de combustible y el tonel 39 para el combustible agotado.
- La figura 3 muestra la planta del reactor tal como aparece cuando se realiza el reabastecimiento de la misma. La
- 10.- compuerta 37 ha sido retirada del canal 36 y se ha colocado en él una artesa reabastecedora 40 que conecta el foso 35 con el tanque del reactor 17. El repostado se efectúa desde la parte superior del tanque del reactor 17 usando un elevador 41 y una herramienta extractora de combustible 42 para levantar los elementos del combustible hasta un punto situado justamente por encima del núcleo del reactor. Unas cámaras de televisión subacuáticas (no mostradas) son empleadas para ayudar en la colocación de la herramienta extractora del combustible 42 sobre un elemento determinado. El gato de reabastecimiento 43 eleva los
- 15.- montajes el resto del recorrido hasta la parte superior del tanque del reactor 17, y un elevador auxiliar (no mostrado) transporta el elemento a través de la artesa 40 hasta el foso 35 del combustible agotado. De esta forma, todo el manejo del combustible es realizado bajo el agua. Durante el reabastecimiento, los
- 20.- soportes laterales 29 del tubo de extensión de la varilla de control son retraídos contra el lateral del tanque del reactor 17 y los tubos de extensión 28 del vástago de control son desconectados del vástago de control 24 y almacenados en perchas 43a (véase figura 4) situadas alrededor de los lados del tanque del
- 25.- reactor.
- 30.-

328128



- Un tabique 44 en la salida del caudal define una cámara plena de salida 45. Un tubo de salida 46 se extiende a través de la pared 16 hasta dos bombas 47 que arrastran el agua de la cámara plena 45 y la dirigen hacia arriba a través de tubos (no mostrados) de los calentadores de salmuera 13. El agua es devuelta al tanque del reactor 18 por encima del núcleo del reactor 11 por medio del tubo de retorno 48.
- 5.-
- En la figura 1 puede verse también un tanque 49 que contiene una solución de boro que puede ser inyectada en el sistema refrigerante en caso de emergencia.
- 10.-
- El funcionamiento de la planta será descrito ahora con referencia particular a la figura 5 de los dibujos, y en la cual se ha representado I como refrigerante principal, II tratamiento del agua, III purificación, IV líquidos de desecho, V sistema de boro. En funcionamiento, los 400 Mwt de calor generado en el núcleo son disipados por 151,4 m<sup>3</sup> por minuto de agua desmineralizada que fluye hacia abajo por el núcleo. El agua entra en el núcleo 11 a 93°C y sale a 132°C. Por causa de las corrientes de convección, el grueso del agua del tanque del reactor 17 se encuentra a 93°C. El flujo circula a través de un tubo único de salida 46 que se encuentra a 1,22 m., aproximadamente por encima del fondo del tanque del reactor. Desde la salida del reactor, el agua fluye hasta la aspiración de las dos bombas de refrigerante 47, y desde las bombas pasa a un colector 50 que distribuye el agua a los dos calentadores de salmuera 13 que funcionan en paralelo. El caudal dividido se une de nuevo en la salida de estos calentadores de salmuera y pasa luego sucesivamente a través de un tercer y un cuarto calentador de salmuera 13, saliendo del último a una temperatura de 93°C. El refrigerante penetra de nuevo en el tanque 17 a través del tubo único
- 15.-
- 20.-
- 25.-
- 30.-

328128



- de entrada 48 situado unos 12,192 m., por encima del fondo del tanque. Simultáneamente, el agua del mar es calentada en los calentadores de salmuera 13 y es luego sometida a una serie de cascadas en la planta destiladora 15 para obtener el agua dulce.
- 5.- En los calentadores de salmuera 13 el refrigerante del reactor fluye por la coraza y la salmuera circula por los tubos. La capacidad nominal de la planta es de 189,250 m<sup>3</sup> de agua por día.
- Todos los componentes del sistema primario de refrigeración son de acero al carbono excepto los tubos de salmuera del calentador, las chapas de los tubos, bombas, guarniciones de las válvulas y revestimiento del combustible. Los tubos del calentador de salmuera y las chapas de los tubos son de cuproníquel 70-30 y el revestimiento del combustible es una aleación de circonio.
- 10.-
- 15.- A 0,914 m., por debajo de la parte superior del tanque del reactor se ha dispuesto un vertedero para el exceso de refrigerante. Una tubería de 0,051 m., se introduce en un sistema de recogida y eliminación de residuos de líquidos radiactivos 51 que recoge también los sobrantes líquidos de los demás vertederos y desagües. El volumen total del sistema primario es de, aproximadamente, 1097,65 m<sup>3</sup>.
- 20.- Las impurezas son eliminadas del sistema primario refrigerante mediante la extracción de refrigerante a razón de 1,8925 m<sup>3</sup> por minuto desde la entrada del segundo calentador de salmuera, y haciendo pasar agua a través de un primer intercambiador de calor regenerativo 52 que la enfría a 66°C y luego a un intercambiador de calor no regenerativo 53 que la enfría a 49°C. Después de pasar a través de los intercambiadores de calor, el agua pasa a través de una capa intercambiadora de iones 54
- 25.-
- 30.- y de un filtro 55 que elimina las impurezas. Finalmente, después

328128



de su devolución al intercambiador de calor regenerativo 52, el agua es devuelta al sistema primario.

- 5.- Para desairear el refrigerante principal, éste es sangrado desde la línea de alimentación al sistema de purificación del refrigerante principal. Esta agua es pulverizada por encima del refrigerante contenida en el tanque del reactor 17 por medio de la cabeza pulverizadora 56. Como quiera que este agua se encuentra a una temperatura de 121°C aproximadamente, su pulverización dentro del tanque del reactor produce la conversión súbita en vapor de una parte de ella. Los gases y el vapor de agua de la parte superior del tanque son sangrados a través de un condensador 57, y el agua condensada y los gases no condensados son dirigidos a sistemas separados para su eliminación.

- 10.- Una gran ventaja de la planta es su seguridad. La disposición física del reactor elimina la posibilidad de que el núcleo quede al descubierto en el caso de una pérdida de refrigerante por accidente. También, el volumen libre de los fosos es tal, que en caso de rotura en el sistema principal de refrigeración, el nivel resultante del agua refrigerante en los fosos quedaría bien por encima del nivel del núcleo. De esta forma resulta imposible un accidente de pérdida completa del refrigerante y no puede producirse la fusión del combustible. Además, el gran volumen del sistema primario proporciona un sustancial efecto de "volante térmico" que seguirá proporcionando refrigeración al núcleo durante muchas horas aún en el caso de pérdida de caudal o rotura en el sistema. Como quiera que el sistema reactor trabaja sustancialmente sin presión, el refrigerante del reactor contiene relativamente poca energía almacenada, por lo que, en el caso de una rotura en el sistema principal de refrigeración, solo una pequeña parte del refrigerante se conver-
- 15.-
- 20.-
- 25.-
- 30.-

328128



- tiría en vapor. Debido a que el volumen total del refrigerante es grande, y una parte significativa del mismo se encuentra por debajo de la temperatura de ebullición, hay un apreciable intervalo de tiempo antes de que se produzca la ebullición incluso con la pérdida completa del caudal de refrigeración. En una situación de emergencia, cuando no se hayan previsto otros medios de disipación del calor, puede dejarse que el refrigerante hierva. Esto no significa que se desprendan cantidades importantes de radiactividad, ni incluso por causa de un accidente grave.
- 5.-
- 10.- Además, el reactor está situado por debajo del nivel de las aguas del suelo, por lo que, en caso de una catástrofe grande, tal como un terremoto, que llegara a producir la rotura de las paredes del foso, el núcleo permanecería cubierto de agua.

- Se comprenderá que la invención no queda limitada a los detalles dados en la presente, sino que ésta puede ser modificada dentro del alcance de las reivindicaciones anejas.
- 15.-

N O T A

- La Patente de Invención que se solicita para España, por veinte años, de acuerdo con la vigente Legislación deberá recaer sobre: "PLANTA NUCLEAR PARA LA CONVERSION DE AGUA DEL MAR", Con Prioridad de la Demanda de Patente en U.S.A. número 473.253, de fecha 19 de Julio de 1.965, según las características esenciales de las siguientes:
- 20.-

R E I V I N D I C A C I O N E S

- 1ª.- Planta nuclear para la conversión de agua del mar, caracterizada por comprender un tanque profundo lleno de un líquido refrigerante, un reactor nuclear comprendiendo un núcleo provisto de pasos para el refrigerante que comunican con el refrigerante del tanque a una distancia suficiente por debajo de la superficie del refrigerante para impedir la ebullición,
- 25.-
- 30.-

328128



5.- medios para controlar el reactor, un calentador de salmuera, medios para hacer circular el refrigerante desde dicho reactor nuclear a través de dicho calentador de salmuera y hasta el - tanque profundo, medios para hacer pasar el agua del mar a través de dicho calentador de salmuera en relación intercambiadora de calor con dicho refrigerante, y medios para desalar una parte de dicha salmuera calentada.

10.- 2ª.- Planta nuclear para la conversión de agua del mar, según reivindicación 1ª y caracterizada por comprender un primer foso profundo, un tanque de reactor sustancialmente lleno con agua desmineralizada en dicho foso, un reactor nuclear comprendiendo un núcleo provisto de pasajes verticales para el refrigerante que comunican con el agua desmineralizada del tanque del reactor y dispuestos a una distancia lo suficientemente grande por debajo de la superficie del agua para evitar la ebullición, medios para controlar el reactor, un segundo foso adyacente a dicho primer foso, un calentador de salmuera en dicho segundo foso, medios para hacer circular agua desmineralizada desde el tanque del reactor por debajo del fondo del núcleo -  
15.- del reactor a través del calentador de salmuera y para devolverla al tanque del reactor por encima de la parte superior del núcleo del reactor, medios para hacer pasar agua del mar a través del calentador de salmuera en relación intercambiadora de calor con el agua desmineralizada que pasa a través del mismo, y un evaporador instantáneo para destilar el agua caliente del mar obtenida del dicho calentador de salmuera.  
20.-  
25.-

30.- 3ª.- Planta nuclear para la conversión de agua del mar, según reivindicaciones anteriores y caracterizada por comprender un primer foso de cemento que se extiende 30,48 m., por debajo del nivel del suelo y 15,24 m., encima de dicho nivel,

328128



- un tanque de reactor de 45,72 m., de altura sustancialmente lleno de agua desmineralizada en dicho primer foso de cemento, un reactor nuclear comprendiendo un núcleo consistente en una pluralidad de elementos combustibles conteniendo dióxido de uranio
- 5.- provisto de pasajes verticales para el refrigerante los cuales comunican con el tanque del reactor y dispuestos en el tanque del reactor cerca del fondo del mismo, medios para controlar el reactor que incluyen una pluralidad de vástagos de control, mecanismos para los vástagos de control dispuestos por encima de
- 10.- la parte alta del tanque del reactor, y tubos de extensión de los vástagos de control que conectan dichos vástagos de control con dichos mecanismos para los vástagos de control, un segundo foso de cemento que se extiende 30,48 m., por debajo del nivel del suelo y adyacente a dicho primer foso de cemento, una pluralidad de calentadores de salmuera dispuestos verticalmente
- 15.- en dicho segundo foso, un par de bombas en dicho segundo foso para hacer circular el agua desmineralizada desde el tanque del reactor por debajo del fondo del núcleo a través de los calentadores de salmuera y devolverla al tanque del reactor por encima de la parte superior del núcleo del reactor, medios para hacer pasar agua del mar a través de los calentadores de salmuera en relación intercambiadora de calor con el agua desmineralizada que pasa a través de los mismos, y una planta de evaporación multi-etapa para la desalación de dicha salmuera
- 20.- calentada.
- 25.-
- 4ª.- Planta nuclear para la conversión de agua del mar, según reivindicaciones anteriores y caracterizada porque el método operativo del reactor nuclear refrigerado por líquido comprende la recirculación del líquido refrigerante desde un
- 30.- depósito de dicho líquido a través de dicho reactor y a través



de un intercambiador externo de calor con una velocidad de caudal que está relacionada con el nivel de potencia del reactor y con el ritmo de disipación de calor en dicho intercambiador de forma que la temperatura máxima del líquido en recirculación sea sustancialmente superior al punto de ebullición del líquido a la presión atmosférica, y manteniendo una altura suficiente de líquido en dicho depósito para evitar la ebullición del líquido a dicha temperatura máxima.

- 5.-
- 5ª.- Planta nuclear para la conversión de agua del mar, según reivindicaciones anteriores y caracterizada porque el reactor se encuentra en el fondo del depósito y el líquido refrigerante pasa directamente desde el depósito al reactor.

6ª.- "PLANTA NUCLEAR PARA LA CONVERSION DE AGUA DEL MAR".

- 15.- Según queda sustancialmente descrito en la presente memoria descriptiva que consta de catorce hojas escritas a máquina por una sola cara y dibujos.

Madrid, 18 de Junio de 1.966

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION

P.P.

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO  
P.P.

Firmado: M.ª Dolores Jorquera

328128

FIG - 2

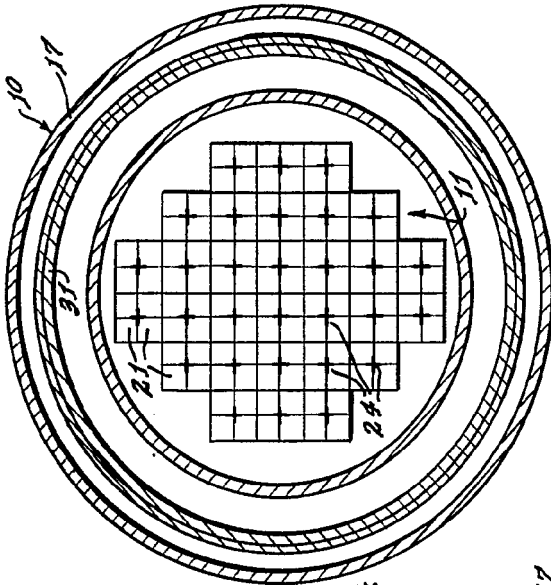


FIG - 1

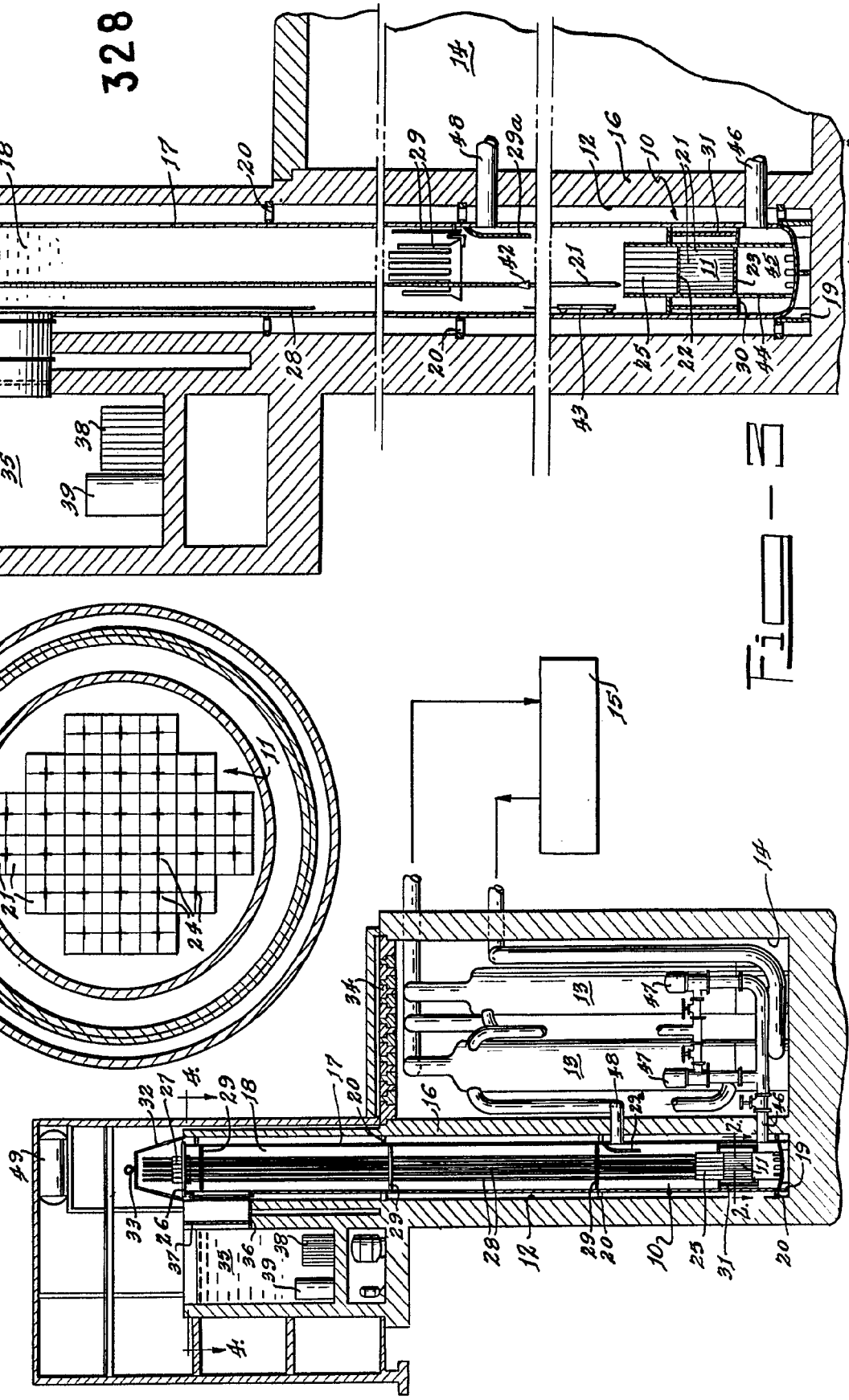


FIG - 3

328128

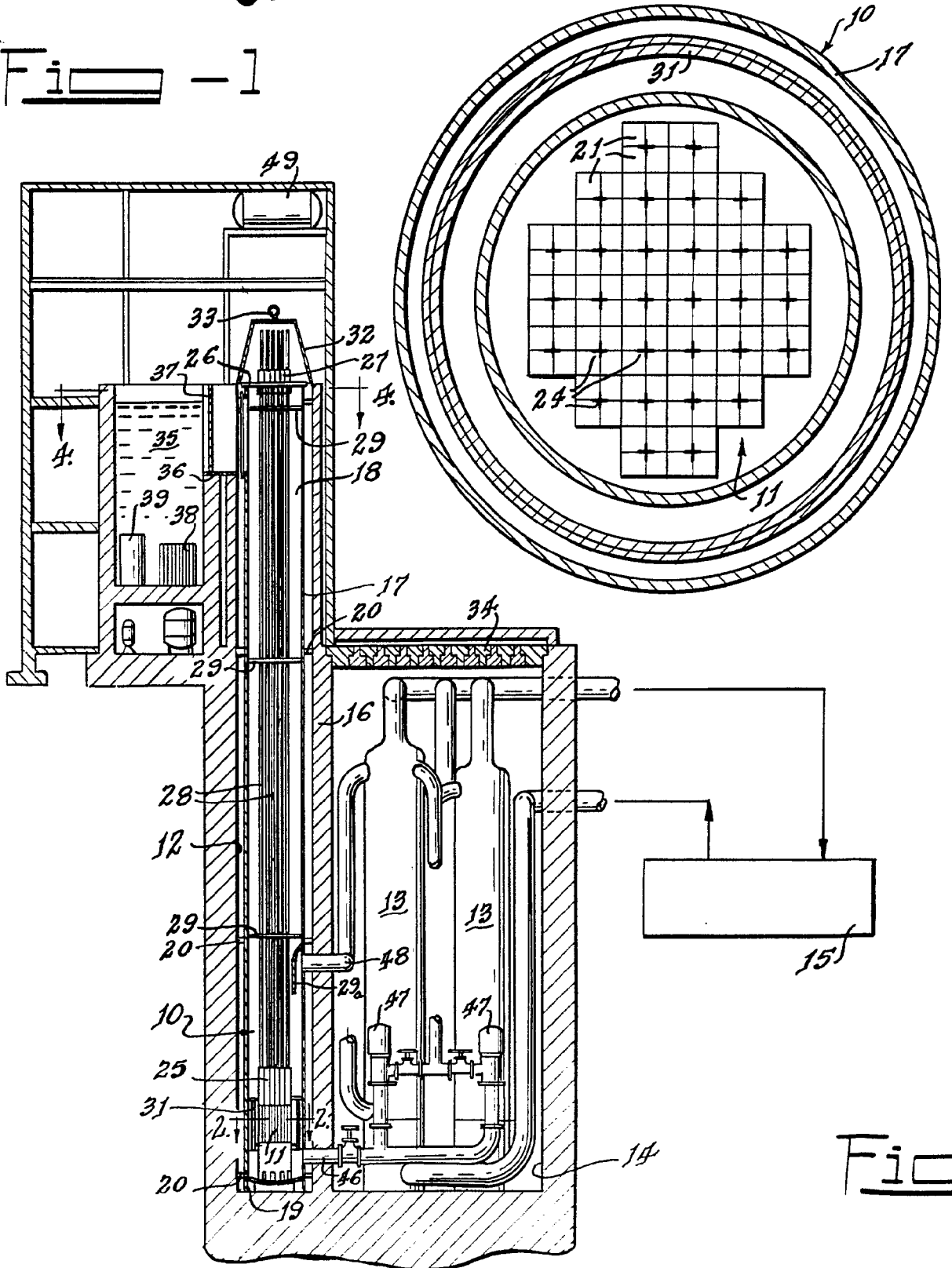
Medford, N. J.  
UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION

Escala variable

328128

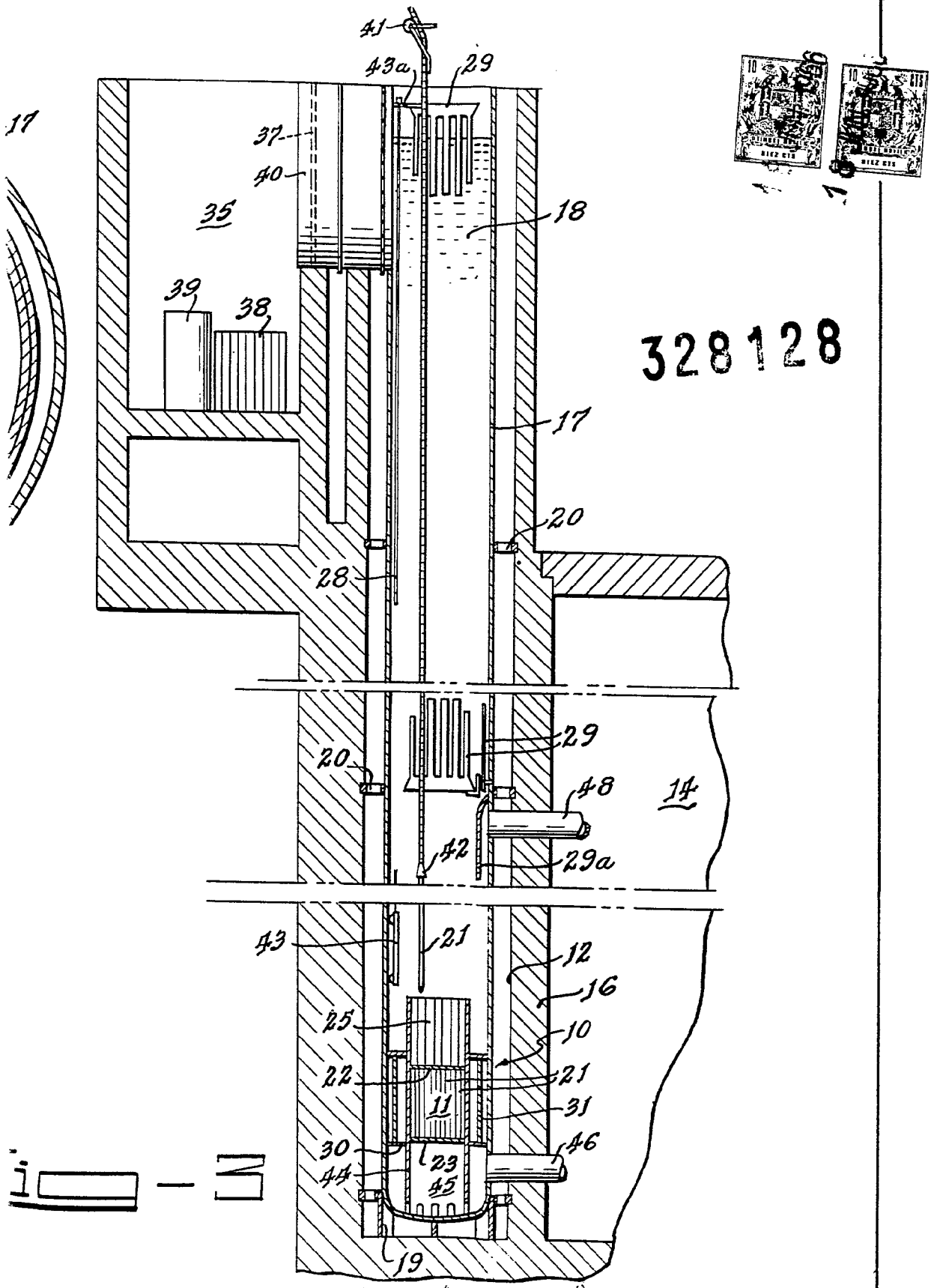
Fig - 2

Fig - 1



Escaia variable

Fig



328128

328128

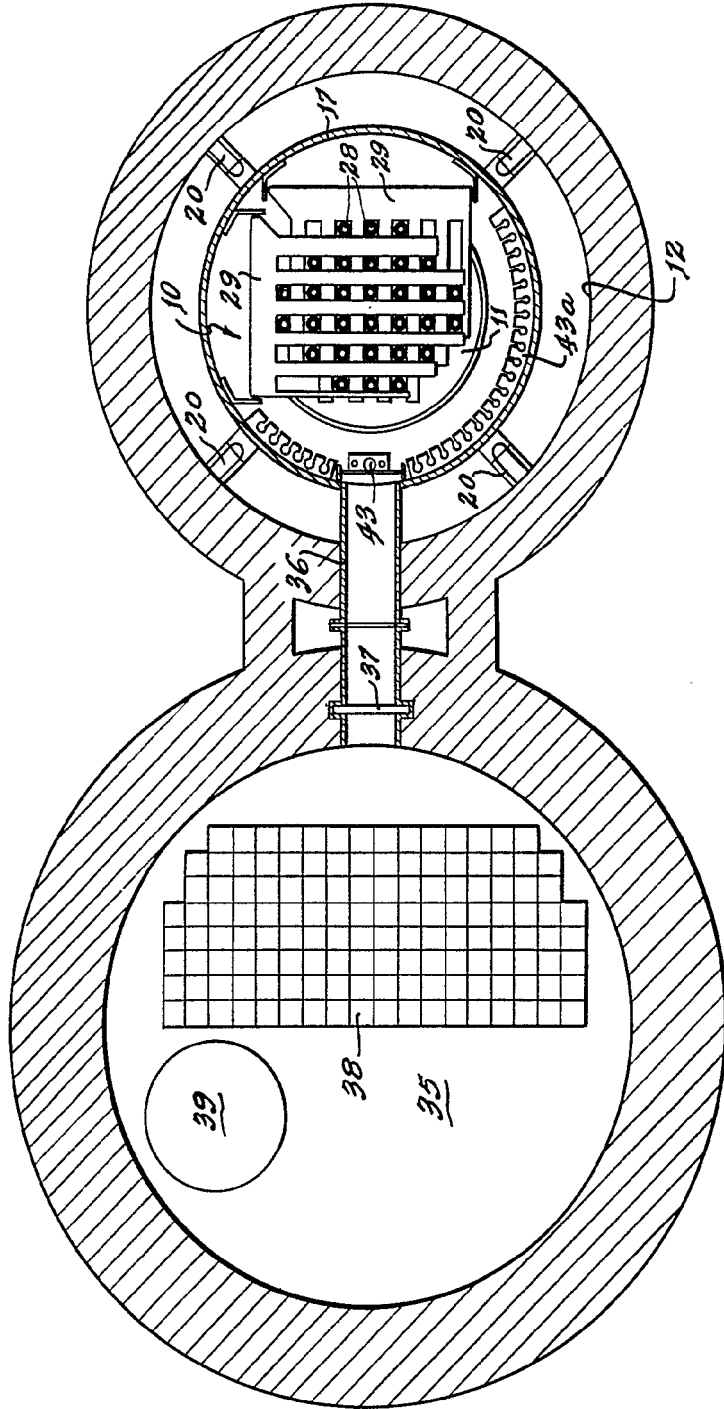


Fig. 4

Madrid, 18 Dec 1959  
 UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION  
 P. R. ESCALERA  
 MADRIZO

328128

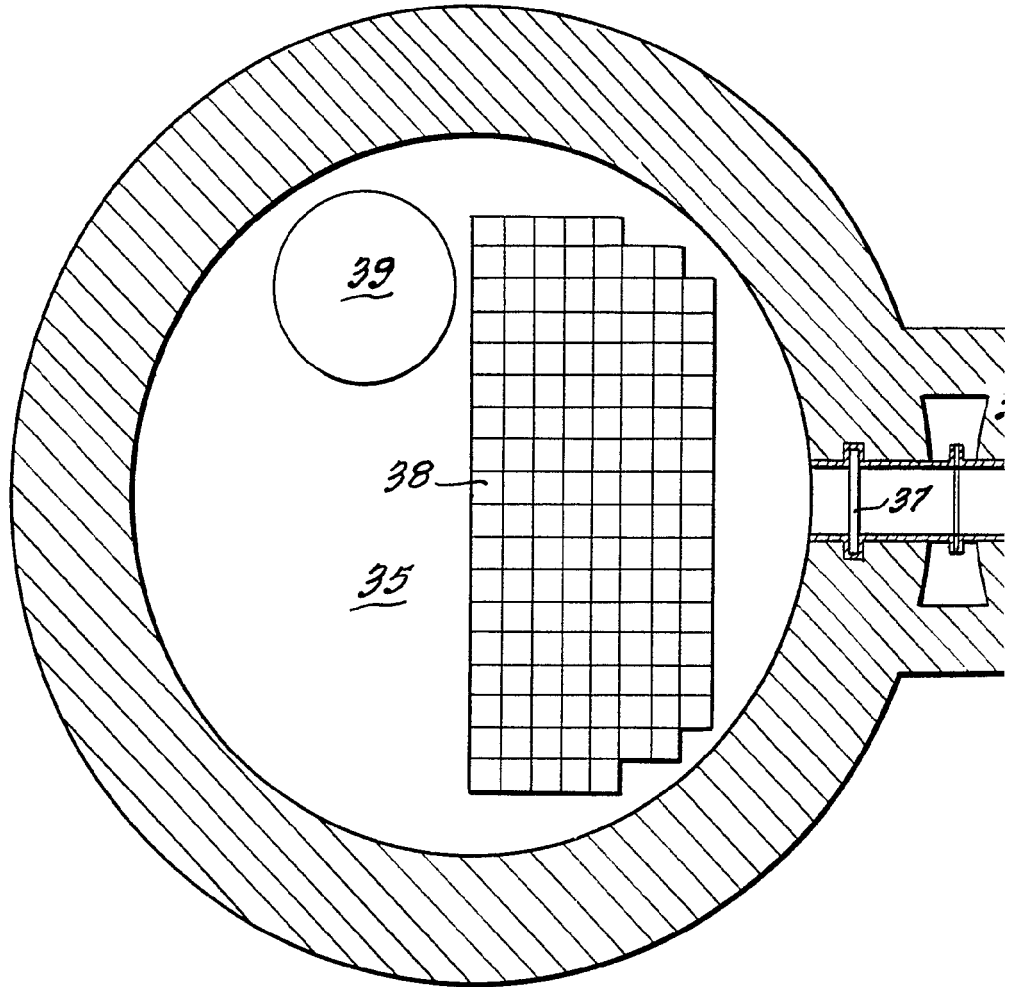
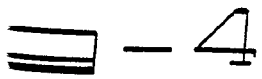
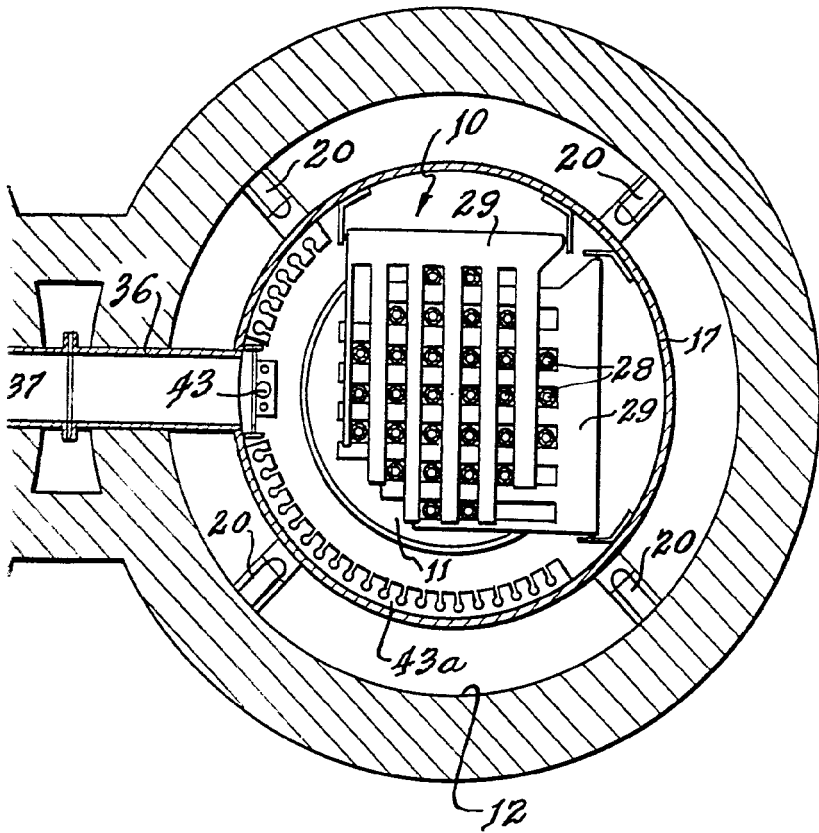


Fig. 1

Escaia variable



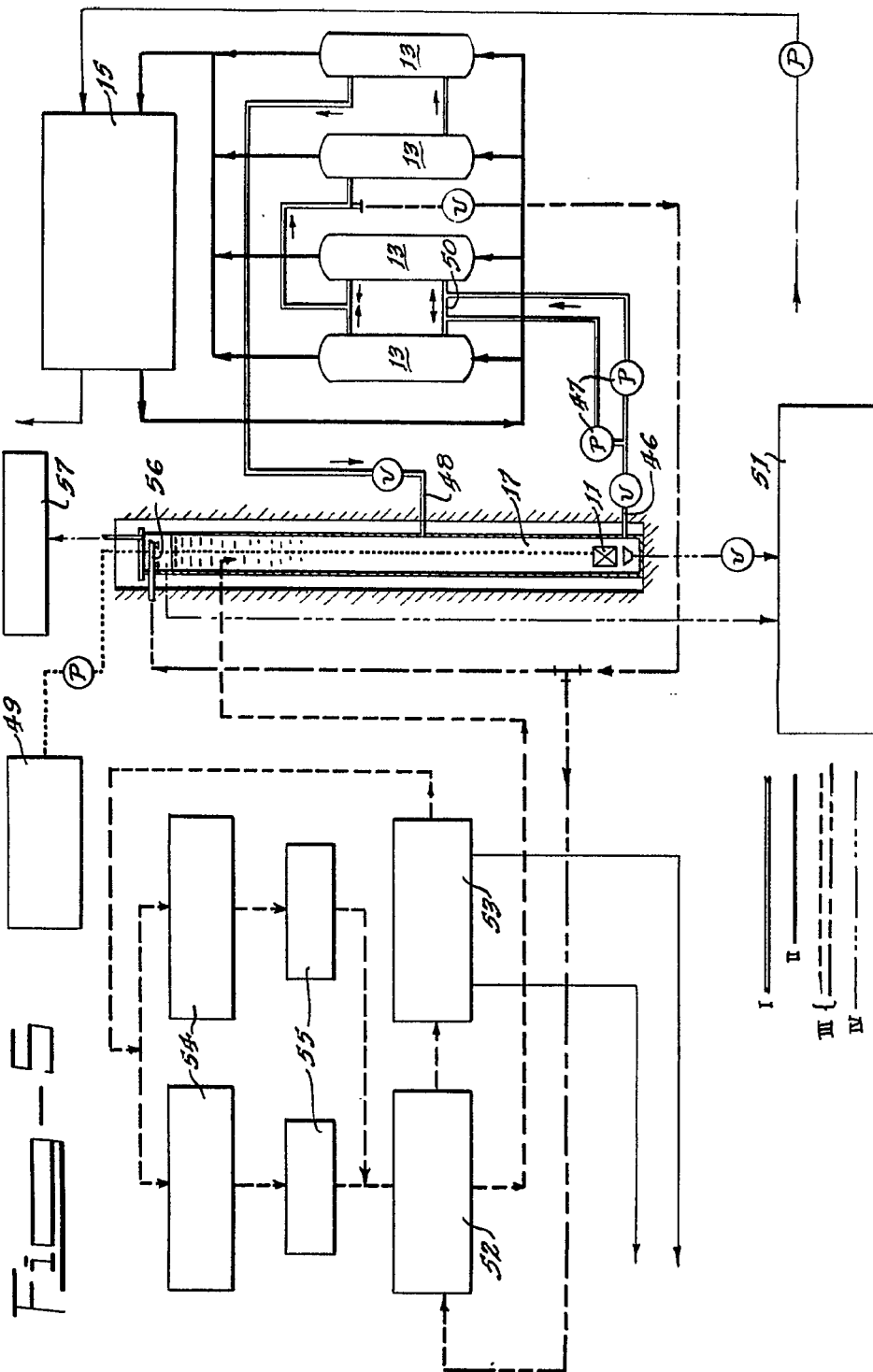
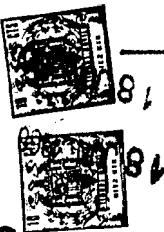
328128



Madrid, 1958  
 UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION  
 P. P. MADRID

328128

328128



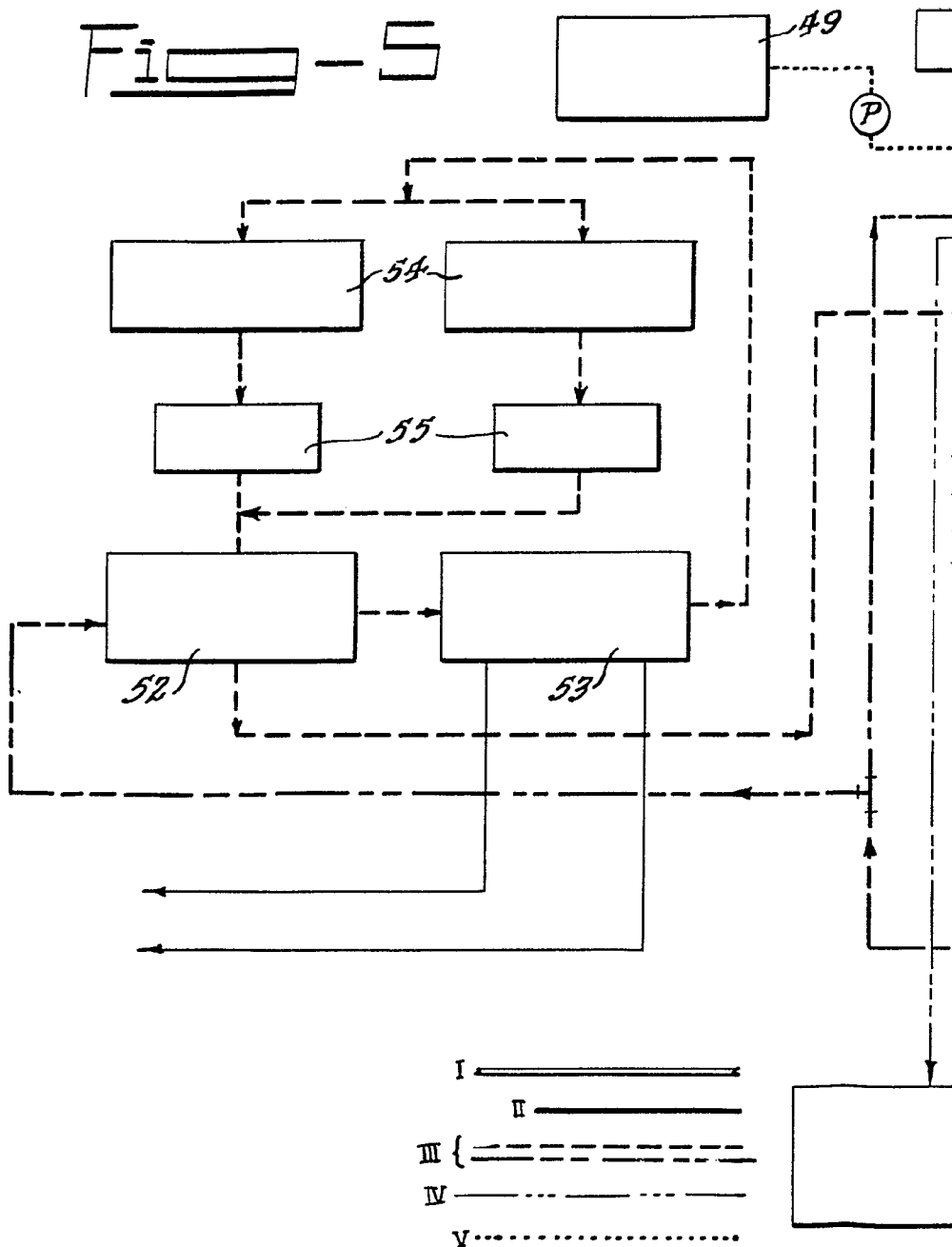
Madrid, 18

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION

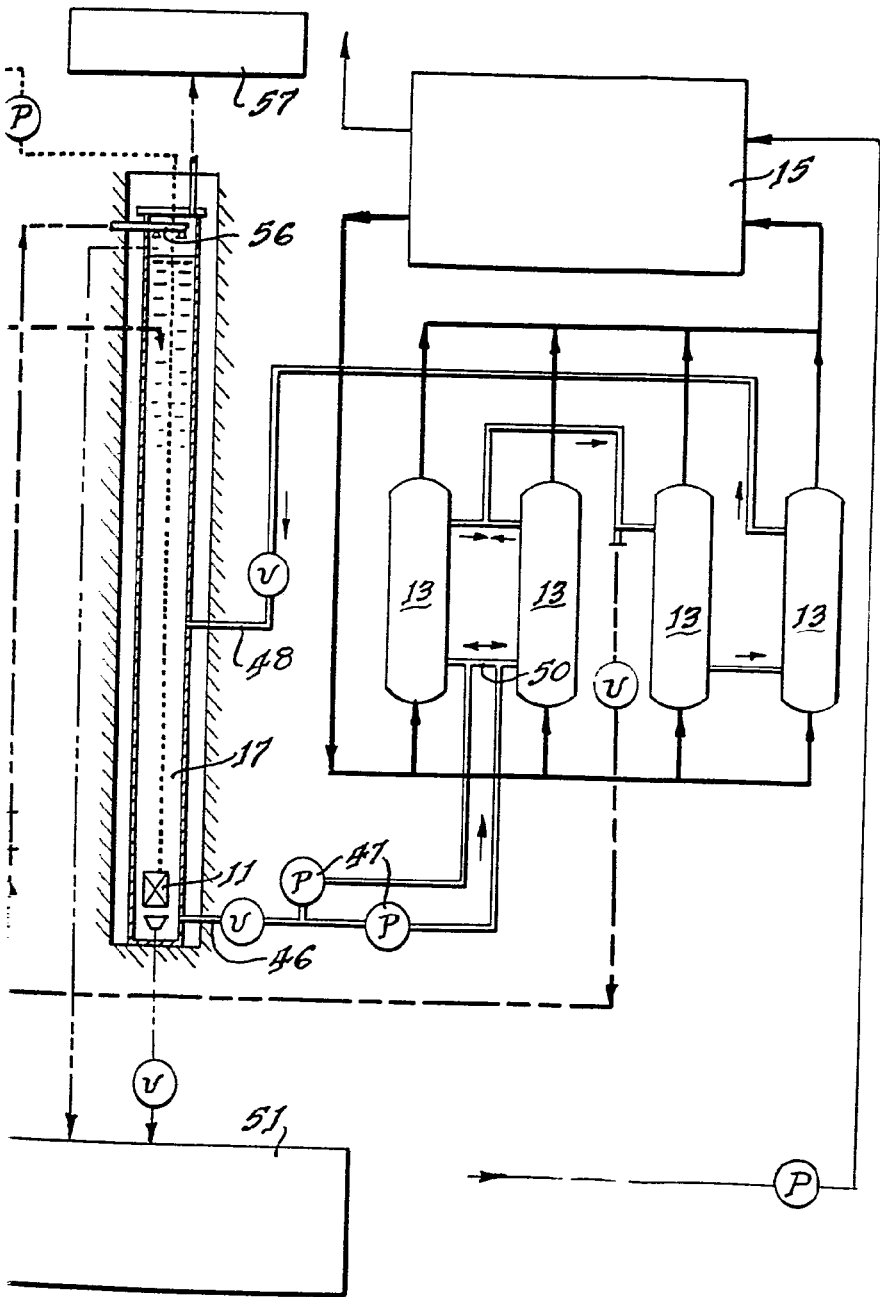
P. R.

328128

Fig. 5



328128



Madrid, 4E  
UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION  
P. P.