

417067



PATENTE DE INVENCION

417067

F.C.2-7-75

Int. Cl.²: C02B/B01D

MEMORIA DESCRIPTIVA

sobre:

"APARATO PARA LA DESALINIZACION DEL AGUA DE MAR"

Solicitante: SNAM PROGETTI S.p.A.

Entidad italiana, establecida en
MILAN (Italia), Corso Venezia, 16.

Prioridad: Solicitud de Patente N° 26732 A/72
depositada en Italia en
7 de Julio de 1972.

417067



La presente invención se refiere a un aparato para la desalinización del agua de mar.

La desalinización del agua de mar puede realizarse mediante calor y según uno de los procedimientos siguientes:

- 5 - procedimiento "multiflash"
 - procedimiento de múltiple efecto.

El procedimiento "multiflash" se basa esencialmente en la evaporación en etapas sucesivas de una corriente de agua salada a presión gradualmente decreciente, en un intervalo
10 de temperaturas generalmente comprendido entre 130°C y 20°C.

Los vapores liberados en cada etapa de evaporación se condensan sobre una superficie refrigerada por la corriente de agua salada fría y constituyen la producción de
15 agua dulce.

Además, el agua salada es calentada adicionalmente antes de entrar en la zona de evaporación, generalmente mediante vapor de baja presión.

El procedimiento de múltiple efecto se basa, por el
20 contrario, en el bien conocido principio de evaporación y condensación sucesiva: el vapor producido en una etapa se deja condensar en la etapa sucesiva a fin de producir vapor de un nivel térmico más bajo, ocurriendo lo propio para todas las demás etapas. Una vez así definido el concepto
25 fundamental de evaporaciones y condensaciones sucesivas, los procedimientos de destilación de múltiple efecto pueden diferir entre sí en los métodos de precalentamiento de la

417067



alimentación y de recuperación del calor contenido en los efluentes, es decir:

- "forward feed" en donde la alimentación, convenientemente precalentada, etapa por etapa, mediante vapor condensante, es introducida en la etapa de temperatura más alta. La solución que se desea evaporar fluye en la misma dirección que el vapor condensante;

- "backward feed", donde la alimentación se introduce en estado frío en la etapa de temperatura más baja y mediante una bomba es enviada a las etapas sucesivas. La solución que se desea concentrar fluye en dirección opuesta al vapor condensante, es decir, para evaporar la solución en la primera etapa se utiliza el vapor procedente de la etapa precedente y así sucesivamente, excepto en la última etapa en que se utiliza vapor vivo.

En los años 60 la "Office Saline Water" de Estados Unidos estudió un tipo particular de planta de desalinización de múltiple efecto, caracterizada por el hecho de que en ella se utilizaban evaporadores de película verticales (VTE: Vertical Tube Evaporators) alimentados con secuencia "forward feed", o con secuencia mixta "forward feed" y "backward feed".

En la Fig. 1 se ilustra esquemáticamente el proceso de múltiple efecto VTE, limitado, para mayor claridad, a sólo cuatro efectos alimentados con la secuencia "forward feed" y en los que los evaporadores son del tipo de película.

El agua de mar 1 es precalentada, a través de las eta-

417067



pas 2, 3, 4 y 5, con vapor condensante y penetra en el primer efecto 6, en el que se le suministra calor mediante vapor 7 procedente del exterior; el vapor producido de esta manera pasa en parte por 9 al efecto sucesivo y en parte por 8 al correspondiente condensador que precalienta el agua de mar. El condensado procedente del condensador 5 es sometido a expansión en el depósito 10; de este depósito salen dos corrientes: una corriente líquida que es introducida en el depósito 13 a través del conducto 14, y una corriente de vapor 11 que se une a la corriente de vapor 9 procedente del primer efecto. La corriente de vapor conjunta se designa con 12.

En los efectos sucesivos tienen lugar las mismas operaciones.

En la última etapa, la corriente de vapor 17 se pone en comunicación con un sistema de vacío 18, por ejemplo un condensador barométrico, una bomba de anillo líquido o una bomba de vacío.

La salmuera sale por el conducto 20, mientras que el agua dulce se extrae a través del conducto 19.

La salmuera 15 es transferida del primer efecto al segundo mediante una bomba 16, siendo el desnivel geodético superior a la caída de presión disponible.

Las ventajas de este procedimiento en comparación con el procedimiento "multiflash" son las siguientes (debe hacerse constar que algunas de estas ventajas son típicas de los procedimientos de múltiple efecto):

417067



- La máxima concentración de sal se obtiene solamente en la parte más fría; este hecho permite alcanzar un factor de concentración de aproximadamente 3 (≈ 100 g/litro de sal) sin que se produzcan incrustaciones, mientras que en el procedimiento "multiflash" no se puede sobrepasar un factor de concentración de aproximadamente 2. Bajo factor de concentración debe entenderse la proporción entre la concentración final y la concentración inicial de la sal disuelta en agua. Por consiguiente, el caudal de agua de mar alimentada se reduce en aproximadamente $1/3$ en el procedimiento de múltiple efecto;

- La proporción agua salada/agua dulce producida es 1,5 en el procedimiento de múltiple efecto, mientras que en el procedimiento "multiflash" aumenta a 7,5, debido a la recirculación de la mayor parte de la salmuera. Debido al menor caudal requerido, el número de etapas en un procedimiento de múltiple efecto es aproximadamente $1/3$ del número de etapas en un procedimiento "multiflash" con el mismo consumo de calor;

- menores problemas hidráulicos y menor consumo de energía debido al caudal inferior del líquido;

- posibilidad de lograr coeficientes de intercambio de calor superiores en los evaporadores de película en comparación con los obtenidos en los condensadores del procedimiento "multiflash";

- mayor diferencia de temperatura (ΔT) utilizable para la transferencia de calor, ya sea por el menor número de

417067



etapas o por la temperatura constante de la película evaporante que trabaja sin parte superior.

Los inconvenientes son esencialmente de tipo de ingeniería, en combinación con la extensión en sentido horizontal de la planta (necesidad de bombas para transferir el agua 5 salada de una etapa a la sucesiva y necesidad de conductos más largos para la conducción de vapor), lo que hace que la instalación no resulte muy competitiva en comparación con la instalación equivalente de "multiflash".

10 Se ha descubierto ahora un aparato, que constituye el objeto de la presente invención, mediante el cual puede realizarse el procedimiento de destilación de múltiple efecto del agua de mar manteniendo las ventajas arriba descri-
tas y eliminando los principales inconvenientes debidos a
15 la utilización de bombas entre las diferentes etapas y a la necesidad de conductos de gran diámetro para la conducción de vapor.

El aparato según la invención comprende una columna 20 dispuesta verticalmente y dividida en varias secciones cilíndricas.

Cada una de estas secciones comprende los siguientes elementos:

1) Dos evaporadores de película con sendos conjuntos de tubos verticales, de sección transversal preferentemente 25 en forma de segmento circular, sin camisa exterior.

2) Dos cubetas, cada una de las cuales está conectada:

a) por el fondo con la superficie superior de los

417067



- tubos de uno de los evaporadores de película de la misma sección; en la última sección, exenta de evaporadores de película, dichas cubetas están conectadas con el tubo de descarga de la salmuera;
- 5 b) por la parte superior con la superficie inferior de los tubos de uno de los evaporadores de película de la sección superpuesta; en la primera sección, dichas cubetas están conectadas con los tubos de alimentación del agua de mar.
- 10 3) Un sistema de laminación (cuello de botella) en el fondo de cada cubeta, que tiene la finalidad de permitir el paso de la salmuera desde la cubeta al conjunto de tubos dispuesto por debajo, disipando simultáneamente la diferencia positiva de presión existente entre la cubeta y el conjunto
- 15 de tubos.

En la Fig. 2 se ilustra un tal sistema simplemente mediante un rebosadero sumergido, aunque también pueden utilizarse otros sistemas (válvulas, preferiblemente válvulas flotantes).

- 20 4) Orificios practicados en la parte superior de cada cubeta, excepto en la cubeta de la primera sección superior, estando dotados dichos orificios, en caso necesario, de separadores de líquido (desempañadores).

- 5) Uno o varios tubos de sifón para extraer el condensado acumulado en el fondo de cada sección y para reintroducirlo en el punto intermedio de la sección sucesiva.

- 6) Intercambiadores de conjuntos de tubos, dispuestos

417067



preferentemente de forma horizontal, uno para cada sección, destinados a precalentar el agua de mar, utilizándose como medio precalentador el vapor producido en cada etapa individual.

5 7) Dispositivos (tubos con válvulas) para transferir los gases inertes eventualmente presentes de una sección a la sección sucesiva, hasta la estación de vacío o bien directamente a dicha estación de vacío.

8) Tubos para la alimentación del agua de mar.

10 9) Tubos para la descarga de la salmuera.

10) Tubos para la descarga del agua dulce.

11) Tubos para la introducción del vapor primario.

12) Tubos para la conexión con el sistema de vacío.

La presión en las secciones disminuye desde arriba
15 hasta el fondo.

El condensado acumulado en la superficie de fondo de cada sección es conducido a la etapa subsiguiente. De este modo no resulta necesario obtener una estanqueidad mecánica perfecta entre una sección y la sección sucesiva, siendo
20 suficiente la existencia de líquido sobre dicha superficie de fondo para asegurar la estanqueidad por el lado vapor, no teniendo efecto alguno el posible escape de líquido a lo largo de la superficie de apoyo.

En un caso extremo, cada uno de los evaporadores podría
25 incluso estar solamente apoyado sobre el correspondiente arco de soporte, lo cual supondría una considerable simplificación de construcción y montaje.

417067



El agua de mar fluye por el interior de los intercambiadores sin entrar en contacto con la columna propiamente dicha, la cual puede por tanto fabricarse de acero al carbono.

5 La distribución del agua salada en los tubos de los evaporadores de película se efectúa mediante canales de distribución apropiados.

Para instalaciones de medias o grandes dimensiones será conveniente adoptar al menos 15 etapas, dispuestas en
10 dos columnas.

Para la limpieza de los evaporadores de película sin extraerlos de la columna será necesario prever una separación de aproximadamente 2 m entre un evaporador y el sucesivo.

Para instalaciones de relativamente pequeño tamaño, provistas de no más de 10-12 etapas, será suficiente una sola
15 columna, y para el mantenimiento de la misma podrá resultar conveniente extraer los intercambiadores de la columna.

La invención se comprenderá más fácilmente con relación a la Fig. 2 de los dibujos adjuntos, los cuales, sin embargo,
20 no deben considerarse en sentido limitativo de la invención propiamente dicha. En dicha figura se indica con 1 la columna, con 2 las conexiones de entrada para el agua de mar precalentada mediante los precalentadores 3; con 4 se indican las cubetas colectoras de la salmuera, con 6 los
25 rebosaderos, con 7 los orificios de salida de vapor, estando dotados estos orificios de desempañadores, con 8 los evaporadores dotados de sendos conjuntos de tubos verticales

417067



(en el dibujo se ilustra solamente un solo tubo), con 9 los tubos conductores del condensado (agua destilada) de una etapa a la etapa sucesiva, con 10 el tubo de descarga de la salmuera, con 11 el tubo de descarga del agua dulce, con 5 la entrada del vapor primario, con 12 los tubos para la transferencia de los gases inertes eventualmente presentes de una etapa a la etapa sucesiva y así sucesivamente hasta la estación de vacío. Con 13 se designa el tubo destinado a la conexión con la estación de vacío.

10 El agua de mar penetra en la primera cubeta 4 a través de los tubos 2. Luego, desde el rebosadero 6, se extiende por la superficie superior de los tubos del evaporador 8 dispuesto por debajo y que opera a presión inferior. Dicho evaporador se calentará desde fuera mediante vapor vivo introducido por 5. El vapor vivo actúa de último precalentador del agua de mar en el intercambiador 3.

Debido al calentamiento, el agua de mar se vaporiza parcialmente en el interior de los tubos del evaporador y la mezcla así formada de líquido-vapor fluye a la cubeta de la sección dispuesta por debajo, en la que el vapor se separa del líquido saliendo a través de los orificios especiales dotados de desempañadores. El líquido, que pasa por el rebosadero de las cubetas, alimenta los tubos del evaporador subsiguiente que opera a presión inferior, y así sucesivamente.

Por el contrario, el vapor se condensa en el exterior de los evaporadores 8 y del condensador 3 situados en la

417067



misma sección de la columna.

Estas operaciones se suceden en el mismo orden hasta llegar a la última sección, en la que, al no haber ya evaporador alguno, el líquido sobrante es descargado en forma de salmuera y el vapor se condensa en un condensador 14, la alimentación del cual es también agua de mar que es simultáneamente precalentada.

Los gases inertes eventualmente presentes se extraen por el conducto 13 conectado con el sistema de vacío.

10 La Fig. 3 muestra una sección transversal de la columna. Los números de referencia designan los mismos elementos indicados en la Fig. 2.

Es evidente, según se desprende de la descripción precedente, que se obtiene una considerable simplificación de la instalación de desalinización, que comprenderá únicamente 15 una o dos columnas, según las circunstancias.

Esta simplificación se traducirá naturalmente en una considerable reducción del costo de la instalación y, por consiguiente, del agua dulce producida; de ello se deduce 20 la gran importancia de la presente invención.

Además debe hacerse constar que el aparato según la presente invención presenta unas dimensiones exteriores muy limitadas en comparación con los sistemas tradicionales, en los que los evaporadores están dispuestos horizontalmente.

25 Además es posible prefabricar las secciones individuales que luego son simplemente montadas unas sobre otras en el lugar de destino. Ello reduce considerablemente los cos-

417067



tos debido a que la construcción en un taller bien equipado es mucho más sencilla que la construcción directa en el lugar de destino.

N O T A

5 Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de ponerlo en práctica, se hace constar que todo cuanto no altere, cambie o modifique su principio fundamental, puede quedar sometido a variaciones de detalle. También se hace constar que esta invención corresponde a

10 la descrita en la Solicitud de Patente Nº 26732 A/72, depositada en Italia en 7 de Julio de 1972, cuya prioridad se reivindica de acuerdo con los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo esencial y por lo que se solicita Patente de Invención, por veinte años, lo que queda resumido en

15 las siguientes reivindicaciones:

1ª.- Aparato para la desalinización del agua de mar, caracterizado porque está constituido por una columna dispuesta verticalmente y dividida en varias secciones cilíndricas, cada una de las cuales comprende los elementos siguientes:

20 tes:

a) dos evaporadores de película dotados de sendos conjuntos de tubos verticales y de sección preferentemente en forma de segmento circular, sin camisa exterior;

b) dos cubetas, cada una de las cuales está conectada:

25 por el fondo con la superficie superior de los tubos de uno de los evaporadores de película de la misma sección, mientras que en la última sección, exenta de evaporadores de película,



417067



- dicha cubeta está conectada con el tubo de descarga de la salmuera; por la parte superior con la superficie inferior de los tubos de uno de los evaporadores de película de la sección superpuesta, mientras que en la primera sección
- 5 dichas cubetas están conectadas con el tubo de alimentación del agua de mar;
- c) un sistema de laminación (cuello de botella) dispuesto en el fondo de cada cubeta y teniendo por finalidad permitir el paso de la salmuera desde la cubeta a la superficie
- 10 cie de los tubos dispuestos por debajo, disipando la diferencia positiva de presión existente entre la cubeta y dicha superficie de tubos;
- d) orificios practicados en la parte superior de cada cubeta, exceptuando la cubeta de la primera sección;
- 15 e) uno o varios tubos de sifón para extraer el condensado acumulado en el fondo de cada sección y para reintroducirlo en el punto intermedio de la sección sucesiva;
- f) un intercambiador de conjunto de tubos, dispuesto preferentemente en forma horizontal, para precalentar el agua
- 20 de mar, siendo los medios de precalentamiento el vapor producido en cada etapa individual, y destinado también a condensar todo el vapor en la última sección;
- g) dispositivos para transferir los gases inertes eventualmente presentes desde una sección a la sucesiva, hasta
- 25 la estación de vacío;
- h) tubos para la alimentación del agua de mar;
- i) tubos para la descarga de la salmuera;

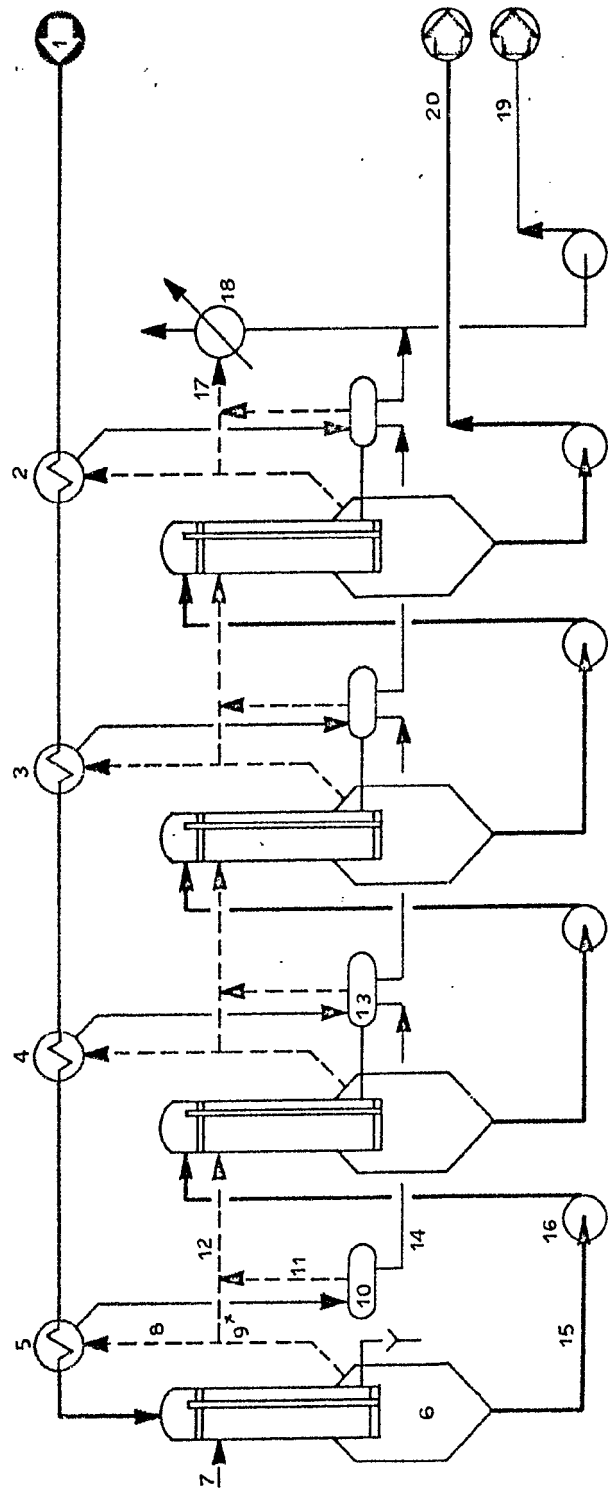


ESCALA VARIABLE

417067

417067

FIG. 1

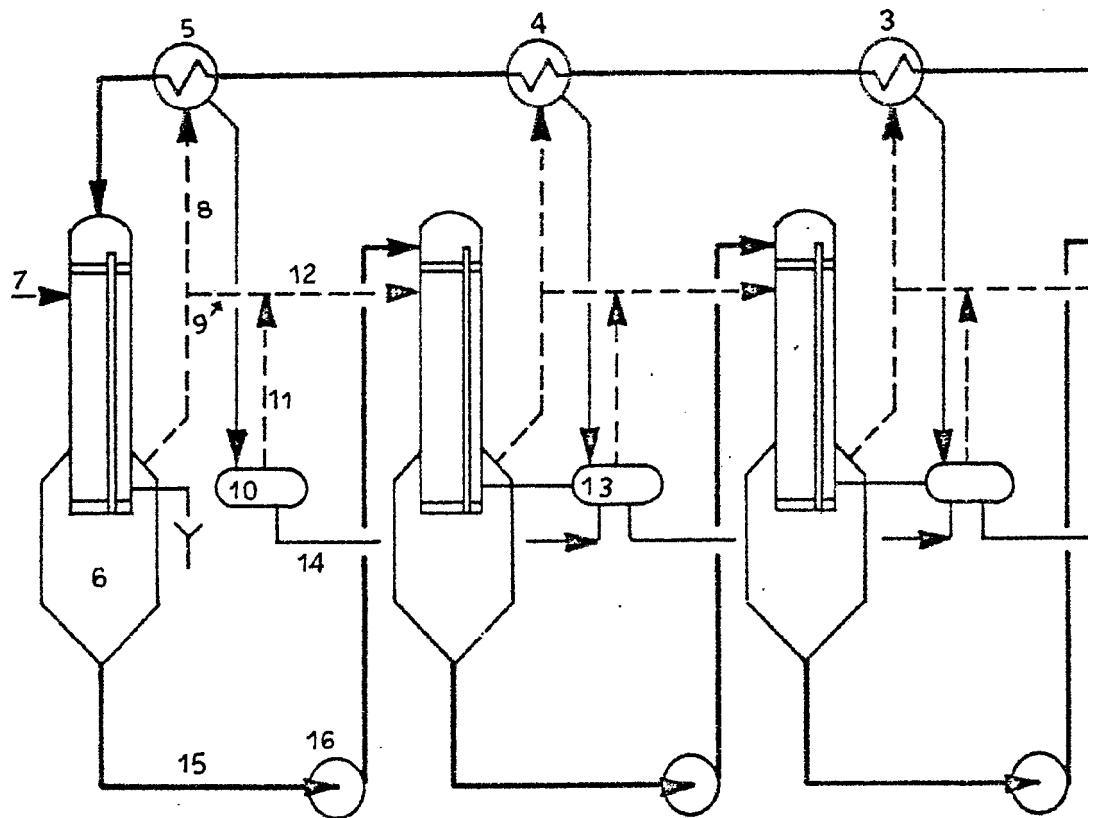


BARCELONA, 6 de Julio de 1973
 SNAM PROGETTI S.p.A.
 P.P.

GOMEZ-ACEDO Y NODEL
 Ingenieros de S.N.A.M. S.p.A.

417067

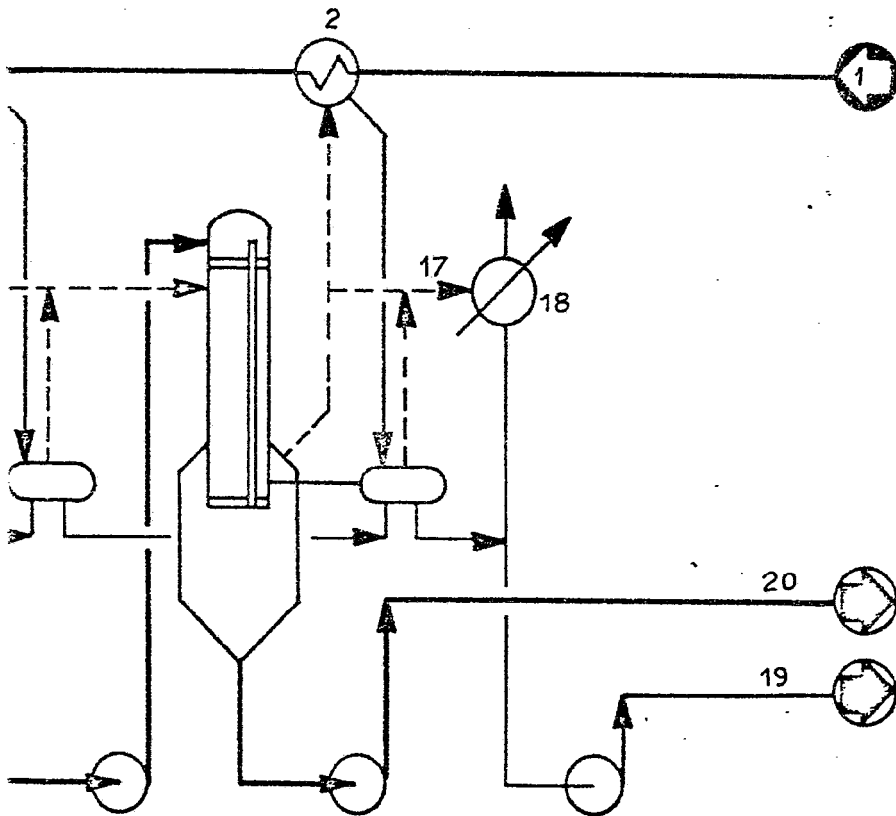
FIG. 1



ESCALA VARIABLE

417007

1



BARCELONA, 6 de Julio de 1973

SNAM PROGETTI S.p.A.

P.P.

GOMEZ-ACEBO Y MODET
C. O. Firmado por V. Sichel Stangr

ESCALA VARIABLE

417067

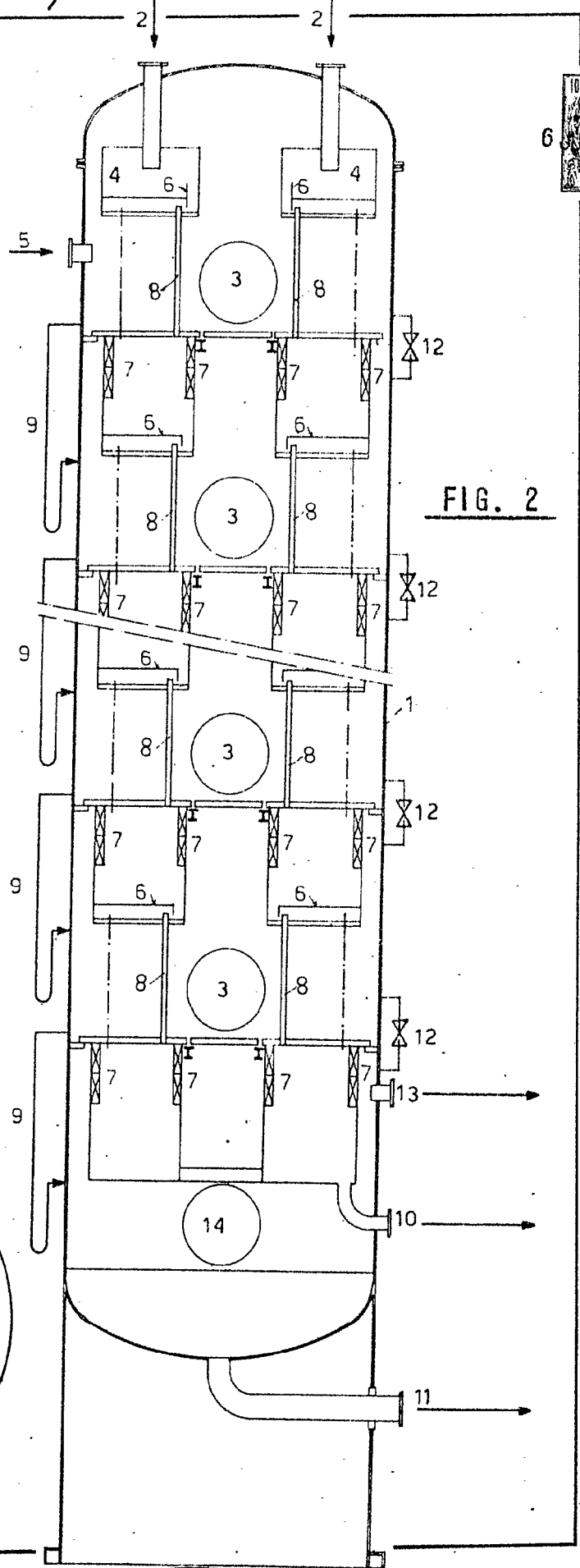
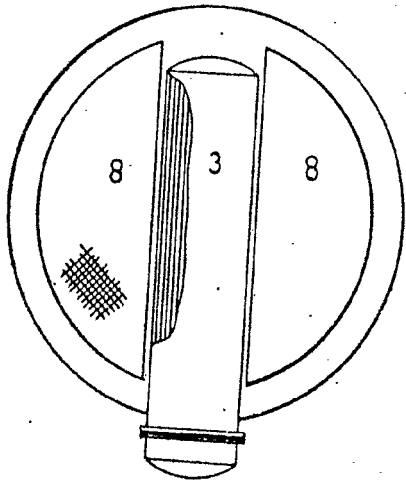


FIG. 2

FIG. 3



BARCELONA, 6 de Julio de 1973
SNAM PROGETTI S.p.A.

GOMEZ-ACEBO Y MODET
p. v. firmado W. Stöckli Siggler