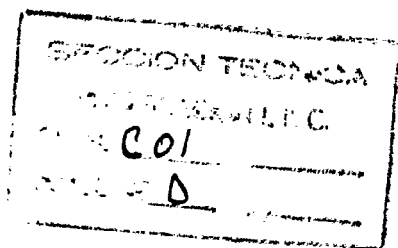


19175/69
19179/69
19180/69
EX-IL



368185



P A T E N T E D E I N V E N C I O N

por VEINTE años

cuyo privilegio se solicita para España, sus territorios y plazas de soberanía, a favor de:

HYDRO CHEMICAL & MINERAL CORP.

entidad norteamericana, domiciliada en 9 Rockefeller Plaza, New York, N.Y., U.S.A., relativa a:

"PROCEDIMIENTO PARA EXTRAER SALES, SALMUERA CONCENTRADA O AGUA PURA A PARTIR DE AGUA SA LINA"

=====

Inventor: Asriel Osdor

Prioridades: Solicitudes de patente en Israel nos. 30.137 y 32.146 de fecha 6 junio 1968 y 2 mayo 1969, respectivamente.



368,187

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente invención se refiere a la extracción de sales, salmuera concentrada o agua pura a partir de agua salina, particularmente agua de mar. - - - - -

- 5. Actualmente se extraen sales a partir de agua de mar mediante el uso de balsas o estanques de evaporación solar pero éste es normalmente un proceso muy largo y caro, que dura meses o años en algunos puntos. La extracción de sales en el curso de un proceso de desalazón de agua para recuperar agua pura, no ha sido hasta ahora económicamente realizable debido a la gran inversión térmica requerida para superar la elevación del punto de ebullición. - - - - -

- 15. La presente invención pretende proporcionar un procedimiento económicamente realizable para la extracción, a partir de agua salina (por ejemplo, agua de mar) no sólo de agua pura sino también de sales o salmuera concentrada valiosas, ya sea como subproducto de un proceso de salazón de agua, con lo cual se hace descender el coste para la producción del agua pura, o como producto directo del proceso, siendo el subproducto el agua pura que puede utilizarse o descartarse, si no se precisa. - - - - -

En el procedimiento de destilación para la desalazón de agua, la concentración final de la salmuera descargada (es decir, la salmuera residual, que se descarga usualmente como



desperdicio) se obtiene multiplicando la concentración de la salmuera de alimentación por la relación de la cantidad de salmuera alimentada respecto a la cantidad de salmuera descargada. Por ejemplo, suponiendo que la concentración de la salmuera de alimentación es de 3,5% de sólidos y que por cada 4000 kg de salmuera de alimentación se producen 3000 kg de salmuera de descarga, la concentración de la salmuera de descarga será de 4,67% de sólidos. Hasta ahora, esto no era económicamente realizable debido a la elevación del punto de ebullición para llevar la destilación a una concentración de salmuera de descarga que sobrepase aproximadamente el 7%, que no sólo limitaba la cantidad de agua producto que podía obtenerse de una cantidad dada de agua de mar, sino que impedía también la extracción comercial de las sales y de la salmuera concentrada a partir del agua de mar. - - - - -

En el método de la presente invención, la concentración de la salmuera de descarga se aumenta (por ejemplo se duplica, triplica, etc.) substituyendo una parte de la salmuera de alimentación correspondiente a una parte (la mitad, dos tercios, etc.) de la salmuera de descarga por una cantidad equivalente de un líquido inmiscible, por ejemplo, un aceite, de densidad diferente y de presión de vapor inferior que la del agua. Así, cuando se vaporiza la misma cantidad de agua pura a partir de la salmuera de alimentación, que constituye ahora sólo una parte de la mezcla de alimentación, como se vaporizaría a partir de la salmuera cuando constituye toda la mezcla de alimentación,



la concentración de la salmuera de descarga se aumenta correspondientemente. Se destila agua pura de la mezcla a través de uno o más ciclos hasta que el agua salina alcanza una concentración en la que precipita una cantidad substancial o la mayor parte de la sal y la sal precipitada, la salmuera concentrada y el líquido inmisible se separan después. - - - - -

5.

Podría pensarse en efectuar la destilación en un ciclo de destilación, pero como se indicará a continuación, pueden obtenerse grandes ahorros en inversión térmica, debido a la elevación del punto de ebullición, cuando la destilación se efectúa en una pluralidad de ciclos hasta que se alcanza la necesaria concentración. - -

10.

En la realización preferida descrita a continuación, cada etapa de destilación se efectúa de la manera descrita en la patente española 359.637 , relativa a "Aparato de destilación multietapa", presentada con fecha 16 octubre 1968. En este caso, sin embargo, el líquido inmisible en vez del agua producto se recalienta en cada ciclo de destilación por paso a través de una serie de condensadores dispuestos a alturas decrecientes en los cuales condensadores se condensa sobre el líquido inmisible el vapor de agua evaporado del agua salina. La mezcla se hace pasar a través de una serie de etapas evaporadoras que aumentan de altura y que disminuyen de temperatura y de presión de la primera a la última etapa, formando la mezcla una columna líquida que fluye hacia abajo y una

15.

20.

25.



columna de mezcla hirviente que fluye hacia arriba, de conexión, en cada etapa evaporadora y siendo levantada de una etapa evaporadora a la siguiente por la diferencia de presión entre las dos etapas y la energía externa de vaporización de dicha columna de mezcla hirviente. - - - -

5.

Otras características y ventajas de la invención aparecerán de la descripción siguiente. - - - - -

La invención se describe ahora algo esquemáticamente y solo a título de ejemplo, con referencia a los planos anexos, en los cuales: - - - - -

10.

La fig. 1 ilustra una forma de aparato de destilación multietapa y de método según la presente invención;

La fig. 2 ilustra esquemáticamente el método en el que la salmuera de alimentación se recicla a través de una pluralidad de aparatos de destilación para efectuar la concentración de la salmuera y la recuperación de sales; - -

15.

La fig. 3 ilustra una segunda realización de un aparato y de un método de destilación multietapa según la presente invención; - - - - -

La fig. 4 ilustra otra forma de aparato que puede utilizarse al poner en práctica la invención; - - - - -

20.

La fig. 5 es un esquema de flujo que ilustra un ejemplo de un proceso según la invención; - - - - -

La fig. 6 ilustra una modificación del aparato



de la fig. 1, siendo la fig. 6a una sección por la línea x-x de la fig. 6, y siendo las figs. 6b y 6c variaciones de la misma por la misma línea de sección; - - - - -

5. La fig. 7 ilustra otra modificación, siendo la fig. 7a una sección ampliada por la línea y-y de la misma.

10. En los planos, los trayectos de los distintos medios flúidos se indican como sigue: agua de mar (o "salmuera" aplicándose normalmente esta expresión después de la primera etapa evaporadora), por medio de una línea de puntos y trazos alternados; agua pura, por medio de una línea continua; vapor de agua, por medio de una línea de puntos; el flúido inmiscible (por ejemplo un hidrocarburo líquido de presión de vapor inferior y de densidad diferente que las del agua, tal como parafina, 15. Santowax, Mobiltherm, Shell Deodorized Spray Base, Shell Dispersol o Aroclor, denominados a continuación "aceite"), por medio de una línea de trazos; y las sales o sólidos, por medio de pequeñas circunferencias conectadas entre sí por trazos. - - - - -

20. Con referencia a la fig. 1, el aparato ilustrado se designa de manera general con EC e incluye una pluralidad de unidades EC1, EC2, ..., ECn de doble compartimiento que forman cada una una etapa del aparato. Cada unidad está dividida por un tabique 50, sirviendo 25. un compartimiento de la unidad como evaporador E (o más exactamente, como separador líquido-vapor, como se verá a continuación) y sirviendo el otro compartimiento como



condensador C. Estas unidades están dispuestas a alturas crecientes. La unidad de la primera etapa es la de presión y temperatura más altas y está dispuesta en la altura más baja. La unidad de la última etapa es la presión y temperatura más bajas y está dispuesta en la altura más elevada. - - - - -

Todos los evaporadores están conectados entre si por medio de un sistema de conductos de evaporadores, designado de manera general con EP. Este sistema de conductos incluye un tubo en U, T1, T2, ..., Tn, que tienen, cada uno, una corta pata Ts que sale del fondo de un evaporador (el mezclador X en la primera etapa) y una pata más larga Tg que conduce a la parte superior del evaporador siguiente de la etapa más alta. El agua de mar caliente, después de haber sido mezclada con aceite, se introduce por el fondo del sistema EP de conductos de los evaporadores y se mueve hacia arriba contra la gravedad por todas las etapas evaporadoras sucesivamente de una manera que se describirá más completamente a continuación. Un sistema de conductos de los condensadores, que incluye un tubo inclinado CP, se extiende hacia abajo y conecta todos los condensadores entre sí, en serie. El agua pura de condensación, mezclada también con aceite, fluye hacia abajo a través del tubo inclinado CP de un condensador al siguiente y sale por el fondo. - - - - -

El aparato incluye además un intercambiador de calor H1 en el que se utiliza agua caliente destilada para calentar aceite y un segundo intercambiador de calor H2 en



5. el que se utiliza aceite caliente para calentar el agua de mar entrante. Estos dos intercambiadores de calor pueden ser del tipo conocido de contacto directo líquido-líquido, en el que las gotas de aceite que fluyen hacia arriba entran en contacto directo con el agua salina que fluye hacia abajo en un intercambiador de calor y con agua nueva en el otro intercambiador de calor. - - - - -

10. El agua de mar es extraída de un depósito R1 y es bombeada por la bomba P1 a través de un filtro 2 y una tubería 4 hacia un depósito abierto R2 situado a gran altura. El agua de mar fluye entonces a través de la tubería 6 hacia el extremo superior del intercambiador de calor H2 donde es calentada por el aceite caliente que fluye hacia arriba y sale por el fondo a través de la tubería 8 hacia un mezclador

15. X donde es mezclada con aceite caliente. La mezcla aceite-agua de mar pasa entonces hacia el primer tubo en U T1 del sistema EP de conductos de los evaporadores hacia el evaporador E de la unidades ECl de primera etapa y de allí se mueve hacia arriba contra la gravedad a través de los evaporadores de las restantes unidades EC2, etc. y finalmente

20. a través del tubo en U Tn hacia el evaporador de la unidad ECn de la última etapa más alta. - - - - -

25. El transporte de la mezcla salmuera-aceite de un evaporador al siguiente de mayor altura se efectúa por medio de un sistema de autoascensión que utiliza la energía externa de evaporación para moverla hacia arriba por todas las etapas evaporadoras en sucesión, como se describirá más completamente a continuación. La mezcla aceite-salmuera que



sale del evaporador de última etapa (ECn) de la parte superior del sistema EP de conductos de evaporadores pasa a un separador S1, en el que la salmuera se separa del aceite y las sales se separan de la salmuera y del aceite. La salmuera sale a través de la tubería 10 y pasa a través de un generador de corriente M1 antes de ser descargada a través de la tubería 12. El carbonato cálcico y el sulfato cálcico precipitados y una pequeña cantidad de otros sólidos se eliminan por separado a través de la tubería 13. - - - - -

10. Una parte del aceite procedente del separador S1 sale a través de la tubería 14 y pasa a través del generador de corriente M1' hacia la parte inferior del intercambiador de calor H1 donde es calentado por agua pura que fluye hacia abajo. Pasa entonces a través del generador de corriente M3 al mezclador X donde se mezcla íntimamente con el agua de mar caliente entrante y la mezcla se introduce en el tubo en U T1 conectado al evaporador de la unidad EC1 de primera etapa. Otra parte del aceite frío prácticamente puro procedente del separador S1 es dirigida por una válvula o bomba P4 a través de la tubería 18 hacia el extremo superior del tubo inclinado CP del sistema de conductos de los condensadores. - - - - -

25. En el sistema de conductos de los condensadores, el aceite fluye hacia abajo por gravedad a través del tubo inclinado CP de un condensador al siguiente. El vapor de agua vaporizada instantáneamente fluye de cada evaporador hacia el condensador de la misma etapa y se condensa sobre el aceite. La mezcla de agua pura y aceite así formada sale a alta



temperatura por el fondo de la tubería inclinada CP hacia un separador S2. Aquí, el aceite caliente es separado del agua pura y sale a través de la salida 20. Una parte pasa a través del calentador suplementario F1 hacia el

- 5. fondo del intercambiador de calor H2, donde se utiliza para calentar el agua de mar entrante y después de la purificación (si se considera necesario o deseable) se bombea por medio de la bomba P3 a través de la tubería 22 hacia la parte superior del tubo CP del sistema de conductos
- 10. de los condensadores. El resto del aceite caliente es bombeado por la bomba P5 a través de un segundo calentador suplementario F2 hacia el mezclador X donde se añade el agua de mar entrante antes de que la última se introduzca en el evaporador de la unidad ECl de la primera etapa. - - -

- 15. Los separadores pueden ser de un tipo simple y económico utilizado comúnmente para separar dos líquidos de diferente densidad o para separar sólidos suspendidos en líquidos. Los separadores S1 y S3 pueden estar compuestos substancialmente por bandejas abiertas situadas a una altura inferior que el evaporador o condensador de la última etapa del aparato, incluyendo las bandejas coalescedores y filtros. - - - - -
- 20.

- 25. El agua pura caliente sale del separador S2 a través de la salida 24, pasa a través de una bomba P2 y a través de un calentador F3 suplementario y se introduce entonces en la parte superior del intercambiador de calor H1 donde se utiliza para calentar aceite que fluye hacia



5. arriba antes de que este último se introduzca en el mezclador X. El agua pura que sale fría del intercambiador de calor H1 pasa a través de la tubería 26 y a través del generador de corriente M2' hacia un separador S3 de aceite-agua donde se separa del aceite arrastrado y luego sale como agua producto a través de la tubería 28. El aceite separado deja el separador S3 a través de la tubería 30 y es bombeado por la bomba P de nuevo hacia el fondo del intercambiador de calor H1. - - - - -

10. Debido a que el calor específico del aceite varía al variar la temperatura, se prevén tres subciclos de flujo de aceite de modo que se iguale la capacidad térmica dentro de cada una de tres gamas de temperatura. Además, cada uno de los intercambiadores de calor H1 y H2 tiene una sección transversal horizontal diferente para cada uno de estos subciclos del aceite. - - - - -

20. La mayor parte del aceite sale del extremo superior, de menor diámetro, del intercambiador de calor H1, a la temperatura más alta y pasa a través del generador de corriente M3 al mezclador X para mezclarse con el agua de mar caliente que se introduce en el sistema EP de conductos de los evaporadores como se ha descrito previamente. Otra parte del aceite, a una temperatura inferior, sale a través de la tubería de salida 32 desde el extremo inferior de mayor diámetro del intercambiador de calor H1 y pasa a través del generador de corriente M3' y la tubería 34 hacia el extremo superior, de mayor diámetro, del intercambiador de calor H2. El resto del aceite, a una temperatura entre



5. las dos anteriores, sale a través de la tubería de salida 36 desde una parte más alta, de menor diámetro, del intercambiador de calor H1 y pasa a través del generador de corriente M3'' y la tubería 38 hacia una parte inferior, de menor diámetro del intercambiador de calor H2.

10. El aceite que pasa a través del sistema de conductos de los condensadores y que se calienta en los condensadores se dirige también al intercambiador de calor H2 a través de tres trayectos diferentes. El primer trayecto, descrito en resumen, se hace desde el separador S2, en el fondo del sistema de conductos de los condensadores, pasando el aceite en este trayecto a través del calentador suplementario F1 y siendo introducido en el fondo del intercambiador de calor H2. El segundo trayecto va desde un
15. separador S4 situado a aproximadamente dos tercios de la distancia desde el fondo del sistema de conductos de los condensadores, pasando este aceite a través de la tubería 40 y el generador de corriente M'3' hacia la parte superior del intercambiador de calor H2. El tercer trayecto del aceite
20. va de un separador S5 situado a aproximadamente un tercio de la distancia del fondo del sistema de conductos de los condensadores, pasando este aceite a través de la tubería 42 y un generador de corriente M'3'' hacia una parte central del intercambiador de calor H2. El aceite procedente
25. de S4 y S5 se suministra a evaporadores de nivel inferior a través de tuberías 41 y 43. - - - - -

El funcionamiento del aparato es, expuesto en



resumen, como sigue y como se describe más completamente en la mencionada memoria de patente. El líquido refrigerante (aceite) fluye hacia abajo por gravedad a través del sistema EC de conductos de los condensadores, mientras que el líquido que se vaporiza instantáneamente (mezcla de agua de mar-aceite) que fluye a través del sistema EP de conductos de los evaporadores fluye hacia arriba contra la gravedad utilizando la energía externa de la evaporación además de la diferencia de presión entre las etapas para efectuar la ascensión. El sistema descrito utiliza muy eficazmente la energía externa de evaporación puesto que se forma y se mantiene en los tubos en U T1, T2, etc., que conectan los evaporadores: (1) una columna líquida que fluye hacia abajo en la pata corta Ts; (2) una columna flúida, más larga, que fluye hacia arriba en la pata más larga Tg, hallándose esta última columna en estado líquido en su extremo inferior y en estado de mezcla hirviente en su extremo superior; y (3) un sello hidráulico entre los dos evaporadores adyacentes formado por el líquido del fondo de la columna más larga que fluye hacia arriba de la pata Tg. La columna de mezcla hirviente de la pata más larga Tg es producida debido a la diferencia de altura entre la parte superior de la pata más larga que conduce al evaporador de la etapa superior y el nivel superior de la columna líquida que fluye hacia abajo que sale del evaporador de la etapa inferior a través de la pata más corta Tc es mayor que la diferencia de presión de la carga hidráulica entre las dos etapas. - - - - -

Si bien se ha dicho que las unidades E eran eva-



- poradores, se observará que el aparato puede hacerse trabajar, y preferentemente así se hace, de modo tal que la mayor parte o toda la evaporación se efectúe en las columnas de mezcla hirviente de las patas más largas Tg. Así, la densidad de la columna de mezcla hirviente disminuye, proporcionando más ascensión a la mezcla hirviente. Esto disminuye también o elimina las tolerancias de desequilibrio que existen en los métodos de vaporización instantánea conocidos, de las que se supone normalmente que implican una pérdida de aproximadamente 2,5°F, en las etapas de temperatura inferior. Además, dado que las unidades E funcionan así en su mayor parte como separadores líquido-vapor en vez de como evaporadores, estas unidades pueden hacerse de tamaño menor. - - - - -
- 5.
- 10.
15. Pueden señalarse otras ventajas de este método de ascensión, particularmente sobre el sistema "Clementine", descrito en el "Second European Symposium on Fresh Water from the Sea", Atenas, 9-12 de mayo de 1967 (pag. 36-1 a 36-12), el cual sistema utiliza un elevador (una tubería vertical que aumenta de sección transversal desde el fondo a la parte superior) que conecta dos etapas evaporadoras verticalmente espaciadas. El presente método utiliza la columna de líquido que fluye hacia abajo por la pata Ts, como fuerza motora adicional para aumentar la ascensión de la columna que fluye hacia arriba por la pata Tg. Dado que la sección transversal de la columna líquida que fluye hacia abajo en
- 20.
- 25.



la pata corta T_s es aproximadamente igual (por lo menos del mismo orden de magnitud en comparación con el sistema "Clementine") que la sección transversal de la columna que fluye hacia arriba por la pata más larga T_g , el líquido de la co-

- 5. columna que fluye hacia abajo se mueve hacia abajo a una velocidad mucho mayor que en el sistema "Clementine" en el que la velocidad de flujo hacia abajo es muy pequeña debido a la gran sección transversal de la cámara evaporadora, y por lo tanto proporciona una mayor energía cinética a la
- 10. corriente que fluye hacia abajo aumentando la ascensión en la columna que fluye hacia arriba. Esta disposición permite también que el sistema se autorregule automáticamente vaporizándose instantáneamente las variaciones del régimen de entrada de líquido, dado que un aumento del régimen de
- 15. entrada producirá rápidamente una mayor carga hidráulica y por ello el líquido fluirá a una mayor velocidad, mientras que en el sistema "Clementine" un aumento del régimen de entrada no afectará substancialmente la carga hidráulica (debido a la gran área de las cámaras de los evaporadores)
- 20. y por ello no afectará substancialmente la velocidad de líquido. - - - - -

Eventualmente, puede efectuarse básicamente la misma operación por medio de una disposición manométrica de tipo bien conocido, tal como la descrita en la memoria anteriormente indicada, en vez de con tubos en U. Aparecerá otra

- 25. ventaja presente aquí cuando el aceite se mezcla con la sal muera que se vaporiza. Como es conocido, cuando un líquido



- se calienta al punto de ebullición debe invertirse una cantidad adicional de energía térmica para formar las burbujas. Esto requiere calentar el líquido por encima del punto de ebullición. Este sobrecalentamiento puede disminuirse o eliminarse substancialmente previendo medios de nucleación, es decir, partículas pequeñas o una superficie rugosa para fomentar la formación de la configuración en burbujas.
5. En el presente caso, en el que un líquido inmisible se mezcla íntimamente con la salmuera, se ha observado que la salmuera queda suspendida en el líquido inmisible en forma de gotitas de un tamaño tal que puede preverse que la energía térmica para la formación de las burbujas disminuirá o se eliminará, lo que tendrá el efecto de disminuir o eliminar el sobrecalentamiento, disminuyendo por ello la densidad de la columna que fluye hacia arriba y aumentando la fuerza ascensional. - - - - -
- 10.
- 15.

- Otra posible forma de disminuir el sobrecalentamiento y de aumentar la fuerza ascensional se ilustra en las figuras 6 y 7. Se ha observado por medio de experimentos repetidos que reduciendo la velocidad del líquido que fluye hacia arriba en la pata más larga T_g del tubo en U se produce una columna de mezcla hirviente más alta, es decir, una mayor fuerza ascensional, para la misma diferencia de temperaturas (ΔT) entre dos etapas consecutivas. Un flujo hacia arriba más lento del líquido en la pata más larga del tubo en U da evidentemente más tiempo para la formación de
- 20.
- 25.



las burbujas de vapor y provoca así que la ebullición se inicie a una altura inferior. Este aumento de la fuerza ascensional es mayor para temperaturas de vaporización instantánea inferiores, probablemente debido al sobrecalentamiento y las tolerancias de desequilibrio son mayores a las temperaturas de vaporización instantánea más bajas. - - - - -

5. to y las tolerancias de desequilibrio son mayores a las temperaturas de vaporización instantánea más bajas. - - - - -

Puede obtenerse la disminución de la velocidad de flujo hacia arriba del líquido aumentando la sección transversal de la pata de subida hacia arriba Tg del tubo en U por debajo del nivel en el que el líquido empieza a hervir o se espera que empiece a hervir. Este aumento de la sección transversal puede preverse sólo para las etapas de temperatura de vaporización instantánea inferiores, o puede preverse gradualmente para algunas o todas las etapas, siendo el aumento de sección transversal de cada etapa inversamente proporcional a la temperatura de vaporización instantánea de la etapa. - - - - -

10.

15.

El aumento de la sección transversal tiende también a aumentar el desprendimiento del líquido o del vapor respecto a la salmuera, lo que puede hacer que se hunda la columna de mezcla hirviente. Por ello deben preverse medios para soportar la columna de mezcla hirviente que fluye hacia arriba. - - - - -

20.

La fig. 6 ilustra lo anterior, observándose que la parte superior de la pata más larga Tg' (es decir, que empieza precisamente debajo del nivel en el que se espera que el lí

25.



28

- quido empiece a hervir) se hace de sección transversal mayor en comparación con la de la pata corta Ts' . Además, se prevén medios dentro de la pata más larga Tg' para soportar la columna de mezcla hirviendo evitando que se rompa. Los últimos medios se ilustran en las figs. 6 y 6a como formados por una pluralidad de láminas verticales planas 400 espaciadas horizontalmente una de otra para proporcionar una pluralidad de estrechos pasos verticales dentro de la pata Tg' para el flujo de la mezcla hirviendo. En la fig. 6b se ilustran los medios de soporte como láminas onduladas 402 y en la fig. 6c se ilustran como tubos verticales 404 abiertos por ambos extremos. Una tapa o cubierta 406 se halla prevista (fig. 6) para deflectar las gotitas de salmuera que entran en el evaporador E' (o separador líquido-vapor) por la pata más corta Ts' del tubo en U, de modo que substancialmente sólo el vapor pasará a través de la salida 408 hacia los condensadores. - - - - -
- 5.
- 10.
- 15.

- Las figs. 7 y 7a ilustran otra disposición que puede utilizarse. Aquí, los evaporadores E'' (o los separadores líquido-vapor) son en forma de cilindros horizontales y la pata más larga Tg'' del tubo en U de una etapa está combinada en la misma unidad con la pata más corta Ts'' del tubo en U de la siguiente etapa en una unidad 410. Como se ilustra en la vista ampliada de la fig. 7a, la unidad 410 es de sección transversal rectangular, extendiéndose por toda la longitud de la cámara E'' e incluye dos paredes exteriores 412 y 414 y una pared interior 416 que divide el
- 20.
- 25.



interior de la unidad en dos pasos, a saber uno de sección transversal grande que sirve de pata más larga Tg'' para la columna que fluye hacia arriba, hacia la cámara E'', y un paso de sección menor que sirve de pata más corta Ts''

5. para el líquido que fluye hacia abajo y que sale de la cámara E''. Una pluralidad de placas verticales de soporte 418 se prevén a través de ambos pasos para reforzar las paredes y además se prevé otra pluralidad de láminas verticales 400' sólo en el paso de la pata Tg'' para soportar la
10. columna de mezcla hirviendo evitando que se hunda realizando las láminas 400' la función de las láminas 400 y 402 y de los tubos 404 de las figs. 6a-c. En la fig. 7, el deflector 406 de gotas de líquido se ilustra de forma semicilíndrica. - - - - -

15. En la fig. 2 se ilustra esquemáticamente un sistema que incluye una pluralidad de los aparatos de la fig. 1, designados cada uno con 101, 102, 103 y 104, y dispuestos todos en tandem. La construcción del aparato de la fig. 1 se ilustra esquemática y simplificada en el primer aparato
20. 101, sobreentendiéndose que los otros aparatos 102, 103 y 104 están contruídos de manera similar. Del primer aparato 101 sale a través de la tubería 28 una cantidad de agua pro ducto fría y a través de la tubería 12 la salmuera residual en condición fría. Esta última se introduce en el siguiente
25. aparato 102 donde se alimenta al intercambiador de calor H2 de este aparato, se calienta y se mezcla con aceite en el mezclador X de dicho aparato como se ha descrito ante-



riormente. El agua producto pura se extrae a través de la tubería 28 y la salmuera residual se hace pasar al siguiente aparato 103. La concentración de sales de la salmuera aumenta así a medida que la salmuera pasa de un aparato al siguiente y cuando sale del último aparato 104 su concentración es suficientemente alta para que la mayor parte del cloruro sódico precipite y pueda recuperarse económicamente en un separador, indicado de manera esquemática en Z. -

Por ejemplo, por cada 4000 kg de agua de mar que contiene 3,5% de sólidos que entran en el aparato 101, salen 2000 kg de salmuera que contienen 6,7% de sales y 2000 kg de agua pura. La salmuera se calienta en el intercambiador de calor H2 del aparato 102 a 180°C y se mezcla íntimamente con aceite caliente en el segundo aparato 102. Este último produce 1000 kg de agua pura y 1000 kg de salmuera residual que contiene aproximadamente 13,4% de sales. Los 1000 kg de salmuera residual se calientan entonces a 180°C y se mezclan con aceite caliente antes de introducirlos en el tercer aparato 103, del que se producen 417 kg de agua pura y 583 kg de salmuera residual que contienen aproximadamente 23% de sales. - - - - -

Los anteriores cálculos de las concentraciones de sales, tales como 6,7 %, 13,4 % y 23 % con referencia a la salmuera que sale de los aparatos 101, 102 y 103, respectivamente, tienen en cuenta el hecho de que los carbonatos y sulfatos cálcicos precipitan a las elevadas temperaturas en



los mismos aparatos. Estos precipitados pueden separarse fácilmente de la salmuera que sale del aparato 101 en bandejas abiertas antes de tratar la salmuera en el aparato 102. La mayor parte de los carbonatos y sulfatos cálcicos

5. precipitados se adhieren al aceite y pueden separarse por derivación continua de una parte del aceite circulante de refrigeración a estanques abiertos, tales como el separador S1, con un flujo suficientemente lento para permitir que los sólidos precipitados se sedimenten en el fondo. - -

10. Antes de ser introducidos en el cuarto aparato 104, los 583 kg de salmuera residual se calientan a 180°C y se mezclan con la cantidad requerida de aceite. - - - - -

La mezcla que sale del último aparato 104 se separa en el separador Z en las siguientes fracciones: cloruro sódico cristalino, eliminado a través de la salida 110; salmuera que contiene todas las sales de magnesio, el cloruro potásico, una pequeña parte de cloruro sódico y prácticamente todos los elementos raros del agua de mar, eliminada a través de la salida 112; y aceite purificado, eliminado a través de la salida 113. El separador Z sirve para la misma función que el separador S1, excepto que recupera cloruro sódico en vez de los carbonatos y sulfatos, saliendo el aceite del separador Z siguiendo los mismos trayectos que el que sale de S1. - - - - -

25. Los cristales de cloruro sódico que pueden sedimentar-

28



se en el fondo de los evaporadores y de los conductos de los evaporadores pueden eliminarse por medios mecánicos conocidos. Un sistema puede ser añadir patas verticales o inclinadas de tubos a los evaporadores y a los conductos de los evaporadores y eliminar los cristales sedimentados a través de estas patas o de depósitos dispuestos en el fondo de estas patas. - - - - -

Los carbonatos y sulfatos cálcicos precipitados y las pequeñas cantidades de otros sólidos tales como óxido de hierro e impurezas, se separan de la salmuera y del aceite en las etapas primera, segunda y tercera. Esto hace que el residuo de la cuarta etapa sea una materia prima de gran valor comercial, que puede utilizarse para producir los anteriores productos químicos, ácido clorhídrico y/o magnesia de alta pureza. - - - - -

En vez de utilizar la salmuera residual de la tercera etapa como líquido de alimentación de la última etapa, pueden utilizarse soluciones concentradas tales como el agua del Mar Muerto o salmueras industriales altamente concentradas. - - - - -

La Tabla siguiente indica la inversión térmica prevista para 4000 kg de agua de mar cuando se utiliza una o más de las anteriores etapas. - - - - -



TABLA 1

| Etapas | Agua de mar o salmuera | | Agua Producto (kg) | Inversion térmica (kcal.) | |
|----------------------|---------------------------|------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| | peso (kg) | sal (%) | | para el agua producto total | para 1000 kg de agua pro- ducto |
| 1ª | 4000 | 3,5 | 2000 | 30.500 | 15.300 |
| 2ª | 2000 | 6,7 | 1000 | 19.850 | 19.850 |
| 3ª | 1000 | 13,4 | 417 | 14.300 | 34.300 |
| 4ª | 583 | 23,0 | 400 | 21.950 | 54.900 |
| Salmuera residual | 88 | 44,0 | | | |
| 1+2+3+4 | 4000 | 3,5 | 3817 | 86.800 | 22.700 |
| Salmuera residual | 88 | 44,0 | | | |
| 1+2+3 | 4000 | 3,5 | 3417 | 64.650 | 19.000 |
| Salmuera residual | 583 | 23,0 | | | |
| 1+2 | 4000 | 3,5 | 3000 | 50.350 | 16.800 |
| Salmuera residual | 1000 | 13,4 | | | |
| 1 | 4000 | 3,5 | 2000 | 30.500 | 15.300 |
| Salmuera residual | 2000 | 6,7 | | | |

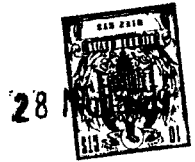
La fig. 3 ilustra otra realización de la invención en



la que se eliminan los intercambiadores de calor H1 y H2 y, en cambio, un aparato secundario ec de destilación, igual que el primero ilustrado en la fig. 1 excepto que es de tamaño menor, se halla dispuesto en paralelo con respecto al aparato principal EC' de destilación. El aparato secundario se utiliza para calentar el agua de mar entrante condensando directamente sobre la misma vapor obtenido a partir del agua pura producida en el aparato principal. - - - - -

El aparato principal EC' incluye la pluralidad de etapas EC1', EC2', ..., ECn', dispuestas a altura creciente, con las cámaras de temperatura y presión más altas a la altura inferior, como en el aparato de la fig. 1, Una mezcla de agua de mar caliente y de aceite caliente suministrada por el mezclador X' se introduce por el fondo del sistema EP' de conductos de los evaporadores y se mueve de un evaporador al siguiente de altura superior a través de los tubos de conexión en U T1', T2', etc. como en la realización de la fig. 1. Además, se introduce aceite frío por la parte superior del tubo inclinado CP' del sistema de conductos de los condensadores y se mueve hacia abajo por gravedad de un condensador al siguiente, tomando calor y agua pura, por condensación del vapor que sale de los evaporadores. - - - - -

El aparato secundario ec es de una construcción similar e incluye una pluralidad de unidades evaporador-condensador ec1, ec2, ..., ecn de construcción similar pero de tamaño menor que el aparato principal EC', estando dispuesta cada



- unidad de etapa a altura mayor con las cámaras de temperatura y presión más altas en la altura más baja. Este aparato secundario incluye también un sistema similar ep de conductos de los evaporadores que incluye un tubo en U, t1, t2, ..., tn, que conectan el evaporador de una etapa al de la siguiente para formar un sistema de autoascensión. En el aparato secundario, sin embargo, fluye a través del sistema de conductos de los evaporadores una mezcla de agua pura y aceite caliente en vez de salmuera y aceite. El agua pura de esta mezcla se deriva de una parte del agua producto producida en el aparato principal EC' de destilación. Una parte de este agua pura se vaporiza instantáneamente en los evaporadores del aparato secundario ec y se condensa sobre el agua de mar que fluye hacia abajo de un condensador al siguiente del sistema de conductos de los condensadores del aparato secundario. El agua de mar se calienta de esta manera en el aparato secundario antes de que se aplique al sistema de conductos de los evaporadores del aparato principal. El agua pura caliente se enfría por medio de la vaporización en el aparato secundario y la mayor parte sale como agua producto. - - - - -
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

Más particularmente, el agua de mar procedente del depósito R1' es bombeada a través del filtro 114 por la bomba P1' a un depósito R2' de gran altura. El agua de mar pasa entonces a través de una tubería 115 hacia la parte superior del sistema cp de conductos de los condensadores del aparato secundario ec. De allí pasa por gravedad a través

25.



- de los condensadores del aparato secundario. Su temperatura aumenta por medio del vapor de condensación procedente de los evaporadores de este aparato y su cantidad aumenta, de modo que disminuye el porcentaje de sales. Sale caliente por el fondo del sistema de conductos de los condensadores hacia un mezclador X' donde se mezcla íntimamente con cierta cantidad de aceite caliente. La mezcla caliente de agua de mar-aceite se introduce entonces en el sistema EP' de conductos de los evaporadores del aparato principal de destilación y se mueve hacia arriba contra la gravedad, de un evaporador al siguiente, de la manera descrita anteriormente con referencia a la realización de la fig. 1. La mezcla de salmuera-aceite que deja el aparato principal pasa a través de un separador S1' donde la mezcla puede sedimentarse. La salmuera y la capa interfacial del aceite adyacente a la salmuera se hacen pasar a través de un generador de corriente M12' y se descargan a través de la tubería 116. -

- La mayor parte del aceite separado de la salmuera en el separador S1' se alimenta a través de otro S3' a un refrigerador K donde se enfría a 30°C y luego se bombea por medio de la bomba P3' al extremo superior del sistema de conductos de los condensadores del aparato principal. Pasa hacia abajo por gravedad a través de los condensadores de la manera descrita anteriormente con referencia a la fig. 1, saliendo por el fondo como mezcla caliente de agua pura y aceite. Esta mezcla se bombea por medio de la bomba P2' a un separador S2' donde la mayor parte del aceite calien-



te se separa del agua pura caliente. - - - - -

El agua caliente procedente del separador S2', mientras se halla aún mezclada con una parte del aceite caliente, se calienta en un calentador suplementario F2' y se introduce por el fondo del sistema ep de los conductos de los evaporadores del aparato secundario de destilación. Esta mezcla se mueve hacia arriba a través de los evaporadores en sucesión de la misma manera que la mezcla de salmuera y aceite se mueve hacia arriba a través de los evaporadores

5. del aparato principal (y en el aparato de la fig. 1). Cierta cantidad de agua se vaporiza en cada etapa evaporadora, condensándose el vapor sobre el agua de mar que pasa a través de los condensadores del aparato secundario. La mezcla agua pura-aceite que sale de la parte superior del sistema
10. de conductos de los evaporadores del aparato secundario se dirige entonces a un separador S3'. El agua pura separada después de ser usada para refrigerar el aceite pasa del separador S1' a través de un generador de corriente M11' y es descargada a través de la tubería 118 como agua producto. -
- 15.

20. El aceite separado en el separador S3' es bombeado por la bomba P3' a la parte superior del sistema de conductos de los condensadores del aparato principal EC'. - - - - -

- Como se ha descrito anteriormente, una parte del aceite caliente mezclado con el agua pura caliente en el separador S2' permanece en la mezcla con el agua pura cuando
- 25.



esta última se introduce por el fondo del sistema de conductos de los evaporadores del aparato secundario ec. La mayor parte del aceite caliente sale del separador S2' y pasa a través de un calentador suplementario F1' y luego se dirige al mezclador X' para mezclarse con el agua de mar antes de que la última se introduzca en el sistema de conductos de los evaporadores del aparato principal EC'. Puede preverse una válvula 120 para controlar la cantidad de aceite caliente devuelto al mezclador X' con respecto al aceite caliente incluido en la mezcla con el agua pura introducida en el sistema de conductos de los evaporadores del aparato secundario. - - - - -

En el aparato ilustrado en la fig. 3, se prevé un separador S4' alrededor de un tercio por debajo de la parte superior del sistema de conductos de los condensadores en el que una parte del aceite se separa y se alimenta a través de la tubería 120 hacia el sistema de conductos de los evaporadores del aparato secundario y se prevé un segundo separador S5' alrededor de dos tercios por debajo de la parte superior del sistema de conductos de los condensadores del aparato principal para suministrar una parte del aceite a través de la parte 122 a una etapa correspondiente del sistema de conductos de los evaporadores del aparato secundario. El objeto de esta disposición, como en la realización de la fig. 1, es igualar las capacidades térmicas dentro de gamas independientes de temperatura de los ciclos



del aceite. - - - - -

El aparato ilustrado en la fig. 4 es similar al de la fig. 3 y por ello las partes correspondientes llevan los mismos números de referencia, excepto que cada número pre-

5. presenta el sufijo "-1". En el esquema de flujo de la fig. 5, se ilustran tres ciclos: el primer ciclo utiliza el aparato de la fig. 4 identificándose sus partes con los números de referencia que llevan el sufijo "-1" mientras que las partes de los ciclos segundo y tercero, ciclos que utilizan

10. también el mismo aparato, se identifican por medio de los números de referencia que llevan los sufijos "-2" y "-3", respectivamente. La invención podría desde luego realizarse también con otro aparato o con algunos ciclos más o menos, e incluso con sólo un ciclo, como se describe a continuación. - - - - -

En el aparato de la fig. 4, sin embargo, en vez de utilizar una unidad con doble compartimiento para cada etapa, se utilizan dos unidades independientes, a saber una unidad evaporadora E y e en el aparato principal y de precalentamiento, respectivamente, y una unidad condensadora independiente C y c en el aparato principal y de precalentamiento, respectivamente. Además una tubería 250 de suministro de vapor está conectada al fondo de cada uno de los tubos en U (T1-1, etc. y t1-1, etc.) en los extremos inferiores de las patas largas, por ejemplo Tg-1 y/o las patas cortas Ts-1 (no ilustrándose las últimas) en los dos sistemas de conduc



- tos de los evaporadores, para inyectar vapor en estos tubos en U a través de tuberías 252 y válvulas 254 para fines de puesta en marcha y mando. Puede efectuarse también un mando adicional o alternativo por medio del vapor de alimentación procedente de la salida de los correspondientes evaporadores hacia la tubería 252 de la etapa sucesiva siguiente o incluso de una etapa posterior, realizándose esta inyección de vapor a través de las tuberías 256 controlada cada una por medio de una válvula 258. - - - - -
- 5.
10. El esquema de flujo de la fig. 5 ilustra, solo a título de ejemplo, un procedimiento que utiliza el aparato de la fig. 4 para extraer a partir de agua de mar, no sólo agua pura, sino también sales y salmuera concentrada valiosas. Las cantidades, temperaturas, concentraciones, etc. indicadas a continuación se basan en cálculos preliminares para una instalación de 10 millones de galones (aproximadamente, 1 galón = 3,78 l) por día. Estas cifras no son, desde luego, necesariamente exactas y se proporcionan simplemente para ilustrar los principios de la invención. A los
- 15.
20. objetos del balance térmico, las cantidades no se expresan en unidades absolutas, sino en unidades "equivalente de agua pura" o "EAP". El EAP de un líquido a una temperatura determinada es la cantidad equivalente de agua pura a dicha temperatura determinada que contiene la misma capacidad térmica que el líquido a dicha temperatura determinada. Así, la
- 25.
- misma cantidad expresada en unidades absolutas será usualmente una cantidad diferente cuando se exprese en EAP a di-



ferentes temperaturas. Las cifras EAP, particularmente de la salmuera a temperaturas y concentraciones elevadas, no son necesariamente exactas debido a la falta de datos disponibles. - - - - -

5. Las cantidades indicadas lo son en kilogramos EAP por hora, para una instalación de 10 millones de galones por día. El siguiente ejemplo se calcula sobre la base de una diferencia de temperatura entre las etapas de 1,5°C. Se considera que pueden utilizarse diferencias de temperatura mayores (por ejemplo 2,5°C, 3,0°C, 5,0°C o más), pero las cantidades EAP dadas a continuación permanecerán sin embargo substancialmente iguales si bien la entrada de calor aumentará, desde luego, con el aumento de la diferencia de temperaturas entre las etapas. - - - - -
10. En el primer ciclo de destilación, el agua de mar entrante (1,624.10⁶ EAP, 3,5% de sólidos, 20,7°C) se alimenta en la parte superior del conducto cp-1 de los condensadores del precalentador ec-1, y se calienta por medio del vapor condensado sobre la misma (a 178°C). El agua de mar calentada que sale de cp-1 (2,295.10⁶ EAP, 2,6% de sólidos, 178°C) se alimenta al mezclador X-1 donde se mezcla con aceite caliente (5,146.10⁶ EAP, 180,89°C) y la mezcla a 180°C se alimenta al fondo del conducto EP-1 de los evaporadores. Una parte del agua se vaporiza instantáneamente y la mezcla
15. restante (salmuera 0,56.10⁶ EAP, 10,4% de sal, 37,0°C, aceite 4,900.10⁶ EAP) se hace pasar a través del separador S1-1
- 20.
- 25.



donde: (1) se eliminan el CaSO_4 y el CaCO_3 precipitados a través de la salida 300-1; (2) se separa la mayor parte del aceite ($4,848 \cdot 10^6$ EAP) y se hace pasar al separador S3-1 (que recibe también la mezcla agua-aceite procedente del sistema ep-1 de conductos de los evaporadores del aparato de precalentamiento ec-1); y (3) se alimenta la salmuera con una pequeña cantidad de aceite ($0,052 \cdot 10^6$ EAP) a través de la salida 216-1 para el segundo ciclo de destilación. Nota: En este momento, una parte del CaSO_4 permanece aún en la salmuera, pero a fin de simplificar se supondrá a continuación que todo el CaSO_4 así como el CaCO_3 (siendo el total de $2,290 \text{ kg/h}$ o $0,00064 \cdot 10^6$ EAP) se ha separado. - - - - -

5.

10.

Si bien los aparatos S3-1 (así como S3-2 y S3-3 indicados a continuación) se denominan separadores, actúan también como igualadores de temperatura. - - - - -

15.

En el precalentador ec-1, la mezcla de agua pura y de aceite (agua $1,754 \cdot 10^6$ EAP, aceite $0,541 \cdot 10^6$ EAP, 180°C) se introduce por el fondo del sistema ep-1 de conductos de los evaporadores. Una parte del agua se vaporiza instantáneamente y se condensa sobre el agua de mar para precalentarla como se ha descrito anteriormente y la mezcla restante (agua $1,108 \cdot 10^6$ EAP, aceite $0,516 \cdot 10^6$ EAP, $23,2^\circ\text{C}$) se alimenta al separador S3-1. El agua producto ($1,108 \cdot 10^6$ EAP, 33°C) se elimina a través de la salida 218-1. El separador S3-1 recibe también algo de aceite ($0,052 \cdot 10^6$ EAP, 33°C) de la etapa sucesiva a través de la tubería 302-1 el cual aceite se com-

20.

25.



- bina con el aceite procedente del separador S1-1 y todo el aceite ($5,416 \cdot 10^6$ EAP, 37°C) se alimenta a la parte superior del sistema CP-1 de los conductos de los condensadores del aparato principal. El vapor de agua vaporizado instantáneamente a partir de la salmuera se condensa sobre el aceite y la mezcla (agua $1,754 \cdot 10^6$ EAP, aceite $5,687 \cdot 10^6$ EAP, $177,5^\circ\text{C}$) sale del fondo y es bombeada al separador S2-1. De ahí, una pequeña parte del aceite ($0,541 \cdot 10^6$ EAP) mezclado con toda el agua, se calienta por medio del calentador F2-1 (a 180°C) y se reintroduce en el fondo de ep-1, mientras que la parte principal del aceite ($5,144 \cdot 10^6$ EAP) se calienta en el calentador F1-1 (a $189,89^\circ\text{C}$) y se alimenta al mezclador X-1 para mezclarse con el agua de mar entrante. - - - - -
- 5.
- 10.

- Así, la salida del primer ciclo (ec-1, EC-1) está compuesta por: (1) agua producto ($1,108 \cdot 10^6$ EAP, 33°C) sacada a través de la salida 218-1; (2) CaSO_4 y CaCO_3 precipitados, eliminados a través de la salida 300-1; y (3) salmuera concentrada mezclada con una pequeña cantidad de aceite (salmuera $0,516 \cdot 10^6$ EAP, 10,4% de sólidos, 37°C , aceite $0,052 \cdot 10^6$ EAP) sacada a través de la tubería 216-1. Este último se introduce en el precalentador cp-2 del segundo ciclo (ec-2, EC-2) para ulterior concentración. - - - - -
- 15.
- 20.

- En el segundo ciclo, la mezcla de salmuera concentrada-aceite procedente de la tubería 216-1 pasa a través del sistema cp-2 de conductos de los condensadores saliendo por el fondo (salmuera $0,727 \cdot 10^6$ EAP, sal 7,9%, 178°C , aceite
- 25.



- 0,055.10⁶ EAP) hacia el mezclador X-2 donde se mezcla con una cantidad adicional de aceite (1,472.10⁶ EAP) y la mezcla (salmuera 0,727.10⁶ EAP, aceite 1,536.10⁶ EAP, 180°C) se introduce por el fondo del sistema EP-2 de los conductos de
5. los evaporadores. La mezcla (salmuera 0,192.10⁶ EAP, 24% de sólidos, 39,5°C, aceite 1,460.10⁶ EAP) que sale del último, se hace pasar a una torre de refrigeración C1 donde se refrigera (a 30,4°C) evaporándose una pequeña cantidad de agua (0,025.10⁶ EAP) y descartándose a través de la salida 306. -
10. La mezcla salmuera concentrada-aceite se alimenta entonces al separador S1-2, y el CaSO₄ precipitado se elimina a través de la salida 300-2. La salmuera restante tiene ahora una concentración de 23,8% de sólidos. Del separador S1-2, la salmuera concentrada (0,167.10⁶ EAP), mezclada con una
15. pequeña cantidad de aceite (0,017.10⁶ EAP), se alimenta a través de la tubería 216-2 al tercer ciclo. La mayor parte del aceite (1,443.10⁶ EAP, 30,4°C) se alimenta al separador S3-2, el cual separador recibe también la mezcla agua-aceite (agua 0,320.10⁶ EAP; 39,8°C, aceite 0,249.10⁶ EAP) que sale
20. del sistema ep-2, de conductos de los evaporadores del precalentador y una pequeña cantidad de aceite (0,017.10⁶ EAP, 33°C) del tercer ciclo a través de la tubería 302-2. - - -
25. Las salidas del separador S3-2 son: (1) la mayor parte del aceite (1,652.10⁶ EAP, 33°C) alimentada a la parte superior del sistema CP-2 de conductos de los condensadores del aparato EC-2; (2) una pequeña cantidad de aceite (0,052.10⁶



EAP, 33°C) devuelta al primer ciclo a través de la tubería 302-1; y (3) el agua producto ($0,319 \cdot 10^6$ EAP, 33°C) sacada a través de la tubería 218-2. - - - - -

- El aceite alimentado a la parte superior de CP-2 sale
5. por el fondo mezclado con el agua condensada en el mismo (agua $0,524 \cdot 10^6$ EAP, 174,5°C, aceite $1,735 \cdot 10^6$ EAP) y se alimenta al separador S2-2, del que una parte del aceite ($1,472 \cdot 10^6$ EAP) se calienta por medio del calentador F1-2 (a 181°C) y se alimenta al mezclador X-2, mientras que el agua
10. y la mezcla de aceite restante se calienta por medio del calentador F2-2 y se alimenta (agua $0,524 \cdot 10^6$ EAP, 180°C, aceite $0,263 \cdot 10^6$ EAP) al fondo del precalentador ec-2 del sistema ep-2 de conducto de evaporación, saliendo aquélla (agua $0,319 \cdot 10^6$ EAP, aceite $0,249 \cdot 10^6$ EAP, 39,8°C) hacia el separador S3-2. - - - - -
- 15.

- Así, la salida del segundo ciclo (ec-2, EC-2) está compuesta por: (1) agua producto ($0,319 \cdot 10^6$ EAP, 33°C) sacada a través de la salida 218-2; (2) CaSO_4 precipitado sacado a través de la salida 300-2; y (3) una salmuera concentrada mezclada con una pequeña cantidad de aceite (salmuera $0,169 \cdot 10^6$ EAP, 23,8% de sólidos, aceite $0,017 \cdot 10^6$ EAP, 30,4°C) sacado a través de la salida 216-2. El último se introduce en el precalentador cp-3 del tercer ciclo para ulterior concentración. En este momento, se han eliminado todo el CaCO_3 , las
20. impurezas sólidas del agua de mar y parte del CaSO_4 , hallándose
25. se el CaSO_4 restante en solución sobresaturada y hallándose



substancialmente todo el NaCl y otras sales en solución. - - -

En el tercer ciclo, la mezcla salmuera concentrada-aceite procedente de la tubería 216-2 pasa a través del sistema cp-3 de conductos de los condensadores, saliendo por el fondo

5. (salmuera $0,239 \cdot 10^6$ EAP, 20% de sales, aceite $0,018 \cdot 10^6$ EAP, 180°C) y pasando primero a un separador S10, si se requiere, donde el CaSO_4 se saca a través de la salida 310, y entonces a un mezclador X-3 donde se mezcla con una cantidad adicional de aceite (salmuera $0,239 \cdot 10^6$ EAP, aceite $0,903 \cdot 10^6$ EAP, 180°

10. C) antes de introducirse en el fondo del sistema EP-3 de los conductos de los evaporadores. - - - - -

La mezcla se hace pasar sólo a través de una parte del sistema de conductos de los evaporadores hasta que la concentración de la salmuera alcanza el 30%. Cuando se ha alcanzado

15. este punto la mayor parte del NaCl está precipitada; además parte del CaSO_4 que permanece después del separador S10 entra en suspensión fina. La mezcla se alimenta entonces al separador S11 donde el NaCl precipitado se elimina a través de la salida 311 y el líquido separado (incluyendo la suspensión fina

20. de CaSO_4) se devuelve al sistema EP-3 de conductos de los evaporadores donde la concentración de salmuera se eleva a 37%, a 57°C . A esta concentración, precipitan las sales siguientes: el NaCl restante, parte del MgSO_4 y la mayor parte del KCl junto con una parte del MgCl_2 , en forma de carnalita.-

25. Parte del CaSO_4 se halla aún en suspensión fina, hallándose el resto del CaSO_4 en solución sobresaturada. El líquido



- se alimenta entonces al separador S12 donde las sales anteriormente precipitadas se eliminan a través de la salida 312 y la mayor parte del aceite se separa y se alimenta a un refrigerador C2. La mezcla líquida restante (incluyendo la suspensión de CaSO_4) procedente del separador S12 se alimenta a otro separador S13 que preferentemente es en forma de un depósito de sedimentación abierto. Aquí la mezcla se deja reposar para dar tiempo al CaSO_4 sobresaturado para que precipite y se sedimente conjuntamente con el CaSO_4 suspendido. El último se elimina a través de la salida 313; el aceite se separa y pasa al refrigerador C3 y la salmuera concentrada resultante se saca a través de la salida 314. - - - - -
- 5.
- 10.

El NaCl, que es substancialmente puro, y la salmuera concentrada, son ambos productos de valor comercial. - - - - -

- 15.
- El aceite ($0,860 \cdot 10^6$ EAP, 57°C) procedente del separador S12 se refrigera en el refrigerador C2 a $46,3^\circ\text{C}$ y luego se alimenta al separador S3-3. El aceite ($0,017 \cdot 10^6$ EAP, 57°C) procedente del separador S13 se refrigera en el refrigerador C3 a 33°C y luego se alimenta por la tubería 302-2 al separador S3-2 del segundo ciclo. - - - - -
- 20.

- El separador S3-3 del tercer ciclo recibe, además del aceite refrigerado procedente del refrigerador C2, la mezcla de agua-aceite que sale de la parte superior del sistema ep-3 de los conductos de los evaporadores del precalentador (agua $0,150 \cdot 10^6$ EAP, aceite $0,036 \cdot 10^6$ EAP, $33,2^\circ\text{C}$). El agua producto se saca a través de la salida 218-3, mientras que el acei-
- 25.



te ($0,876 \cdot 10^6$ EAP, 44°C) se alimenta a la parte superior del sistema CP-3, de los conductos de los condensadores, saliendo mezclado con agua condensada (agua $0,221 \cdot 10^6$ EAP, aceite $0,920 \cdot 10^6$ EAP, 168°C) hacia el separador S2-3. Parte del aceite se calienta (de 168°C - 180°C) por medio del calentador F1-3 y se mezcla en el mezclador X-3 con la salmuera entrante antes de ser introducida en el fondo de EP-3, mientras que el resto del aceite, junto con el agua mezclada, se calienta por medio del calentador F2-3 (a 180°C) antes de ser introducido en el fondo de ep-3. - - - - -

A continuación siguen varios ejemplos de aceites comercialmente disponibles que pueden utilizarse como líquido inmiscible inerte: Shell Dispersol, Shell Spray Base, Mobiltherm Light, Mobiltherm 600 o Aroclor. - - - - -

15. La Tabla 2 siguiente resume el ejemplo anteriormente descrito con respecto a una instalación de tres ciclos de 10 millones de galones por día:

TABLA 2

| Ciclo | Posición | Temp $^\circ\text{C}$ | Salmuera EAP(10^6) | Conc. % | Agua EAP(10^6) | Aceite EAP(10^6) | Total EAP(10^6) |
|----------------|-------------|--------------------------|---------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 ² | <u>ec-1</u> | | | | | | |
| | cp-1 (ent.) | 20,7 | 1,624 | 3,5 | --- | --- | 1,624 |
| | ep-1 (sal.) | 23,2 | --- | --- | 1,108 | 0,516 | 1,624 |
| | cp-1 (sal.) | 178 | 2,295 | 2,6 | --- | --- | 2,295 |
| | ep-1 (ent.) | 180 | --- | --- | 1,754 | 0,549 | 2,295 |
| | <u>EC-1</u> | | | | | | |
| | EP-1 (ent.) | 180 | 2,295 | 2,6 | --- | 5,146 | 7,441 |
| | CP-1 (sal.) | 177,5 | --- | --- | 1,754 | 5,687 | 7,441 |
| | EP-1 (sal.) | 37 | 0,516 | 10,4 | --- | 4,900 | 5,416 |
| | CP-1 (ent.) | 33 | --- | --- | --- | 5,416 | 5,416 |



TABLA 2 (Continuación)

| | | | | | | | |
|----|-------------|-------|----------------------|------|-------|-------|-------|
| 2º | <u>ec-2</u> | | | | | | |
| | cp-2 (ent.) | 37 | 0,516 | 10,4 | --- | 0,052 | 0,568 |
| | ep-2 (sal.) | 39,75 | --- | --- | 0,319 | 0,249 | 0,568 |
| | cp-2 (sal.) | 178 | 0,727 | 7,9 | --- | 0,055 | 0,782 |
| | ep-2 (ent.) | 180 | --- | --- | 0,524 | 0,263 | 0,787 |
| | <u>EC-2</u> | | | | | | |
| | EP-2 (ent.) | 180 | 0,727 | 7,9 | --- | 1,532 | 2,259 |
| | CP-2 (sal.) | 174,5 | --- | --- | 0,524 | 1,735 | 2,259 |
| | EP-2 (sal.) | 39,5 | 0,192 | 2,4 | --- | 1,460 | 1,652 |
| | CP-2 (ent.) | 33 | --- | --- | --- | 1,652 | 1,652 |
| 3º | <u>ec-3</u> | | <u>Pérdida vapor</u> | | | | |
| | cp-3 (ent.) | 30,35 | 0,167 | 26,5 | --- | 0,017 | 0,184 |
| | ep-3 (sal.) | 33,2 | --- | --- | 0,150 | 0,034 | 0,184 |
| | cp-3 (sal.) | 178 | 0,239 | 20 | --- | 0,018 | 0,257 |
| | ep-3 (ent.) | 180 | --- | --- | 0,221 | 0,036 | 0,257 |
| | <u>EC-3</u> | | | | | | |
| | EP-3 (ent.) | 180 | 0,239 | 20 | --- | 0,903 | 1,142 |
| | CP-3 (sal.) | 168 | --- | --- | 0,221 | 0,921 | 1,142 |
| | EP-3 (med.) | NaCl | separación | 30 | --- | --- | --- |
| | EP-3 (sal.) | 57 | 0,017 | 37 | --- | 0,860 | 0,877 |
| | CP-3 (ent.) | 44 | --- | --- | --- | 0,877 | 0,877 |

A continuación se indica el calor requerido por 1000 kg de agua producto para cada uno de los tres ciclos:

Primer ciclo.- Producción de agua - $1,108 \cdot 10^6$ kg/h.

Entrada de calor

$$\text{Salmuera } 2,295 \cdot 10^6 \cdot (180 - 178^\circ\text{C}) = 4,590 \cdot 10^6 \text{ Kcal}$$

$$\text{Agua } 1,754 \cdot 10^6 \cdot (180 - 177,5^\circ\text{C}) = 4,385$$

$$\text{Aceite } 5,687 \cdot 10^6 \cdot (180 - 177,5^\circ\text{C}) = 14,218$$

$$\text{Total} \dots\dots\dots = 23,193 \cdot 10^6 \text{ Kcal}$$

Calor requerido para 1000 kg de agua producto = 20.900 Kcal.



Segundo ciclo.- Producción de agua - $0,319 \cdot 10^6$ kg/h

Entrada de calor

| | | | | |
|----|----------|--|---|--------------------------|
| | Salmuera | $0,727 \cdot 10^6 \cdot (180-178^{\circ}\text{C})$ | = | $1,454 \cdot 10^6$ Kcal |
| | Aceite | $0,055 \cdot 10^6 \cdot (180-178^{\circ}\text{C})$ | = | 0,110 |
| 5. | Agua | $0,524 \cdot 10^6 \cdot (180-174,5^{\circ}\text{C})$ | = | 2,888 |
| | Aceite | $1,735 \cdot 10^6 \cdot (180-174,5^{\circ}\text{C})$ | = | 9,543 |
| | Total | | = | $13,995 \cdot 10^6$ Kcal |

Calor requerido para 1000 kg de agua producto = 43.900 Kcal.

Tercer ciclo.- Producción de agua - $0,150 \cdot 10^6$ kg/h

10. Entrada de calor

| | | | | |
|-----|----------|--|---|--------------------------|
| | Salmuera | $0,239 \cdot 10^6 \cdot (180-178^{\circ}\text{C})$ | = | $0,478 \cdot 10^6$ Kcal |
| | Aceite | $0,018 \cdot 10^6 \cdot (180-178^{\circ}\text{C})$ | = | 0,036 |
| | Agua | $0,221 \cdot 10^6 \cdot (180-168^{\circ}\text{C})$ | = | 2,652 |
| | Aceite | $0,920 \cdot 10^6 \cdot (180-168^{\circ}\text{C})$ | = | 11,040 |
| 15. | Total | | = | $14,206 \cdot 10^6$ Kcal |

Calor requerido para 1000 kg de agua producto = 94.700 Kcal.

Así, en la instalación de tres ciclos descrita anteriormente, en la que se obtienen sales y salmuera concentrada, así como agua pura, el calor requerido por 1000 kg de agua producida sería de aproximadamente 33.000 Kcal. - - - - -

20.

Se observará que la invención puede realizarse con un número mayor o menor de ciclos. Cuanto menor es el número de ciclos, mayor será el calor requerido por 1000 kg de agua producida debido a la elevación del punto de ebullición que



5. resulta de la mayor concentración de la salmuera descargada. Es incluso posible practicar el procedimiento en un solo ciclo, pero el calor requerido por 1000 kg de agua producto sería aproximadamente igual que el del tercer ciclo anterior, es decir aproximadamente 95.000 Kcal, en comparación con 33.000 Kcal para una instalación de 3 ciclos. - - - - -

10. La Tabla siguiente indica la combinación probable de sales en agua de mar que tiene una concentración de aproximadamente 3,5% de sólidos, e indica además con mayor detalle las sales que pueden recuperarse y el régimen de recuperación de las mismas. - - - - -

TABLA 3

Composición en sólidos del agua de mar

Para 10 millones de galones por día de agua producto

Etapa de recuperación nº 2 Etapa de recuperación nº 1

| Componente | Sólidos del agua de mar PPM | Sólidos del agua de mar Base en seco % | Sólidos disueltos Kg/h | Sólidos después de eliminación CaSO ₄ , SrSO ₄ y CaCO ₃ Kg/h | Salmuera después de la eliminación de la sal sólida NaCl Kg/h | Salmuera a sólidos de aprox. 31 % Be) Kg/h | Salmuera a 37,1 % (aprox. 40 % Be) Kg/h | Salmuera a 37,1 % (aprox. 40 % Be) |
|---------------------|-----------------------------|--|------------------------|---|---|--|---|------------------------------------|
| NaCl | 26.840 | 77,90 | 45.960 | 45.960 | 5.560 | 10,22 | 45 | 0,40 |
| MgCl ₂ | 3.170 | 9,20 | 5.430 | 5.430 | 5.430 | 10,00 | 3.660 | 32,97 |
| MgSO ₄ | 2.300 | 6,66 | 3.930 | 3.930 | 3.930 | 7,22 | 245 | 2,20 |
| KCl | 725 | 2,10 | 1.240 | 1.240 | 1.240 | 2,28 | 20 | 0,18 |
| NaBr | 85 | 0,25 | 150 | 150 | 150 | 0,28 | 150 | 1,35 |
| CaSO ₄ | 1.200 | 3,48 | 2.050 | - | - | - | - | - |
| SrSO ₄ | 27 | 0,08 | 47 | - | - | - | - | - |
| CaCO ₃ | 116 | 0,33 | 193 | - | - | - | - | - |
| Agua | 34.463 | 100,00 | 59.000 | 56.710 | 16.310 | 30,00 | 4.120 | 37,10 |
| Salmuera | | | | | 38.060 | 70,00 | 7.000 | 62,90 |
| Sal-Sal-NaCl | | | | | 54.370 | 100,00 | 11,120 | 100,00 |

Sales sólidas producidas

Sal-NaCl

Mezcla de sales

NaCl

MgCl₂

MgSO₄

KCl

NaBr

Kg/h
40.000

Kg/h
5.515
1.770
3.685
1.220
(Σ)

(Σ) Según la salmuera





Para reducir la altura total requerida por un sistema que tenga un gran número de etapas, los evaporadores y los condensadores podrían disponerse en una pluralidad de baterías, empezando la primera etapa de cada batería a la misma altura más baja y acabando la última etapa de cada batería a la misma altura más alta, por ejemplo como se describe en la página 130 del libro "Principles of Desalination", publicado en 1966, editado por K.S. Spiegler. También, alguna de las etapas, por ejemplo las de baja temperatura, podrían hallarse a la misma altura. - - - - -

Debe sobreentenderse como se ha indicado anteriormente que los valores ilustrados antes se basan en cálculos preliminares dados simplemente para ilustrar los principios de la invención y no son necesariamente exactos ni se requieren para utilizar con éxito las distintas características de la invención descrita. Debe sobreentenderse además que las realizaciones descritas lo son puramente a fines de ejemplo y que pueden hacerse muchas otras variaciones, modificaciones y aplicaciones de la invención, o de sus distintas características expuestas. - - - - -

N O T A

Se declaran de novedad y propiedad para España, sus territorios y plazas de soberanía, las siguientes: - - - - -

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

25. 1.- Procedimiento para extraer sales, salmuera concen-



28 MAR

trada o agua pura a partir de agua salina, por destilación de ésta, caracterizado por reemplazar una parte del agua salina antes de la destilación por una cantidad de un líquido inmiscible que tiene una densidad diferente y una presión de

- 5. vapor inferior que las del agua salina a fin de que la concentración de sales del agua salina después de la destilación de una cantidad predeterminada de agua pura a partir de la mezcla se aumente sobre la que habría resultado si dicha predeterminada cantidad de agua pura hubiera sido destilada del agua salina sola; destilar agua pura a partir de la mezcla a través de uno o más ciclos hasta que el agua salina alcanza una concentración en la que precipita una cantidad substancial o la mayor parte de la sal; y separar de dicha mezcla la sal precipitada, la salmuera concentrada y el líquido inmiscible. - - - - -

20. 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho líquido inmiscible se recalienta en cada ciclo de destilación permitiéndole fluir hacia abajo por gravedad a través de una serie de condensadores dispuestos a alturas decrecientes en los cuales condensadores se condensa vapor de agua evaporado del agua salina sobre el líquido inmiscible y suministrar el calor suplementario requerido a dicho líquido inmiscible. - - - - -

25. 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque en cada ciclo de destilación la mezcla se hace pasar a través de una serie de etapas evaporadoras que au-



- mentan de altura y disminuyen de temperatura y de presión desde la primera a la última etapa, formando la mezcla en cada etapa evaporadora una columna líquida que fluye hacia abajo y una columna de mezcla hirviente que fluye hacia arriba, de conexión, del mismo orden de magnitud que dicha columna líquida que fluye hacia abajo y siendo levantada de una etapa evaporadora a la siguiente por la diferencia de presión entre las dos etapas y la energía externa de vaporización de dicha columna de mezcla hirviente. - - - - -
- 5.
10. 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha mezcla se destila a través de uno o más ciclos hasta que substancialmente todo el CaCO_3 y la mayor parte del CaSO_4 está precipitado, hallándose el CaSO_4 restante en solución sobresaturada; se separan el CaCO_3 y el CaSO_4 precipitados; se destila más agua pura hasta que la concentración de sales del agua salina alcanza un punto en el que la mayor parte del NaCl precipita, entrando una parte del CaSO_4 , en solución sobresaturada, a una suspensión fina; se separa el NaCl precipitado; se destila más agua pura hasta que la concentración de sales del agua salina alcanza un punto en el que precipita la mayor parte del NaCl restante, parte del MgSO_4 , y la mayor parte del KCl con una parte del MgCl_2 en forma de carnalita, permaneciendo aún parte del CaSO_4 en suspensión fina y hallándose aún el resto en solución sobresaturada; se separan las sales precipitadas; se alimenta después la mezcla resultante a un depósito de sedimentación donde se da tiempo al CaSO_4 sobresaturado para que precipite y se sedimente conjuntamente con el CaSO_4
- 15.
- 20.
- 25.



suspendido; y se recuperan por separado el CaSO_4 sedimentado, el líquido inmiscible y el residuo de salmuera de concentración. - - - - -

5.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque la mezcla de agua salina y de líquido inmiscible se destila en una pluralidad de ciclos para precipitar substancialmente todo el CaCO_3 y la mayor parte del CaSO_4 , mezclándose dicho líquido inmiscible con el agua salina antes de cada ciclo de destilación, se elimina de la misma al final de este ciclo, se recalienta y luego se mezcla con una carga nueva de agua salina entrante. - - - - -

6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque la mezcla de agua salina y de líquido inmiscible se deja sedimentar después de cada ciclo de destilación, se elimina líquido inmiscible y la parte interfacial del líquido inmiscible y el agua salina se deja pasar con la última al siguiente ciclo de destilación, separándose una cantidad equivalente de dicho líquido inmiscible de la mezcla durante dicho ciclo siguiente y devolviéndose al ciclo precedente. - - - - -

7.- Procedimiento para extraer sales, salmuera concentrada o agua pura a partir de agua salina, por destilación, caracterizado por calentar una cantidad de un líquido inmiscible que tiene una densidad diferente y una presión de vapor inferior que las del agua salina y mezclarlo con agua salina caliente; destilar agua pura de la mezcla haciéndola



pasar a través de una serie de etapas evaporadoras que aumentan de altura y que disminuyen de temperatura y presión desde la primera a la última etapa, formando la mezcla, en cada etapa evaporadora, una columna líquida que fluye hacia abajo y una columna de mezcla hirviente que fluye hacia arriba, de conexión, del mismo orden de magnitud que dicha columna líquida que fluye hacia abajo y siendo levantada de una etapa evaporadora a la siguiente por la diferencia de presión entre las dos etapas y la energía externa de vaporización de dicha columna de mezcla hirviente; separar el líquido inmiscible del agua salina residual de dicha mezcla; recalentar dicho líquido inmiscible separado permitiéndose que fluya hacia abajo a través de una serie de condensadores dispuestos a alturas decrecientes en los cuales condensadores se condensa vapor de agua sobre el líquido inmiscible y se suministra el calor suplementario requerido; y reciclar dicho líquido inmiscible caliente mezclado con otra cantidad de agua salina entrante y caliente. - - - - -

20. 8.- Procedimiento según la reivindicación 3 ó 7, caracterizado porque en por lo menos alguna de las etapas evaporadoras la sección transversal de la columna de mezcla hirviente que fluye hacia arriba es mayor que la sección transversal de la columna líquida que fluye hacia abajo. - - - - -

25. 9.- Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque la columna de mezcla hirviente que fluye hacia



28 M

arriba es soportada contra el hundido por una pluralidad de láminas o tubos verticales. - - - - -

10.- "PROCEDIMIENTO PARA EXTRAER SALES, SALMUERA CONCEN TRADA O AGUA PURA A PARTIR DE AGUA SALINA". - - - - -

5. Todo ello conforme se describe y reivindica en la presente memoria que consta de cuarenta y ocho hojas, foliadas y mecanografiadas por una sola de sus caras, y de once figuras que la ilustran.

BARCELONA, 28 MARZO 1969

P. A. M. CURELL SUÑOL

mts/dv.

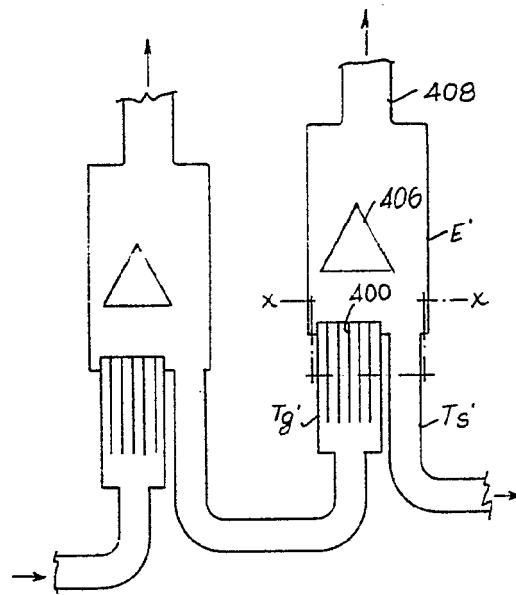
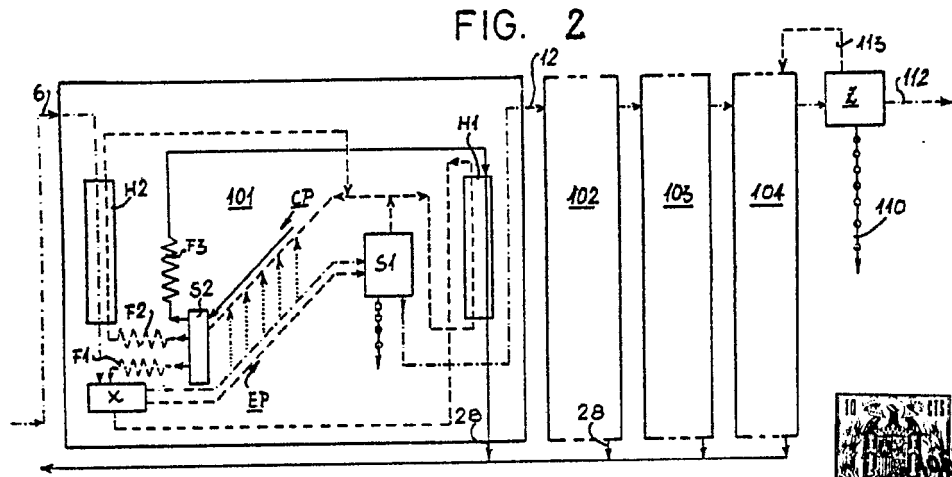


FIG. 6

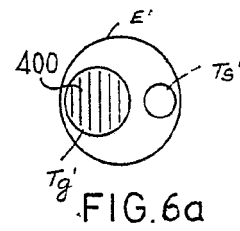


FIG. 6a

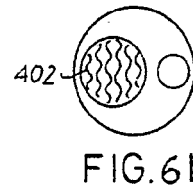


FIG. 6b

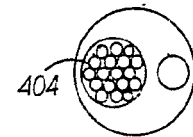
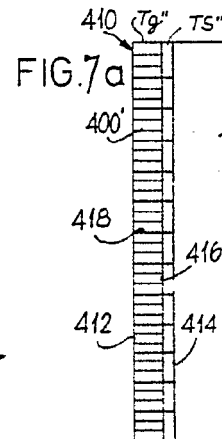
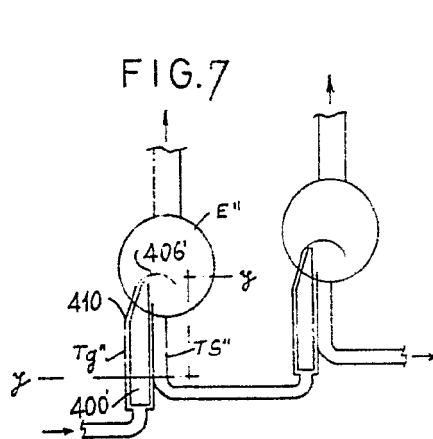


FIG. 6c



Handwritten signature

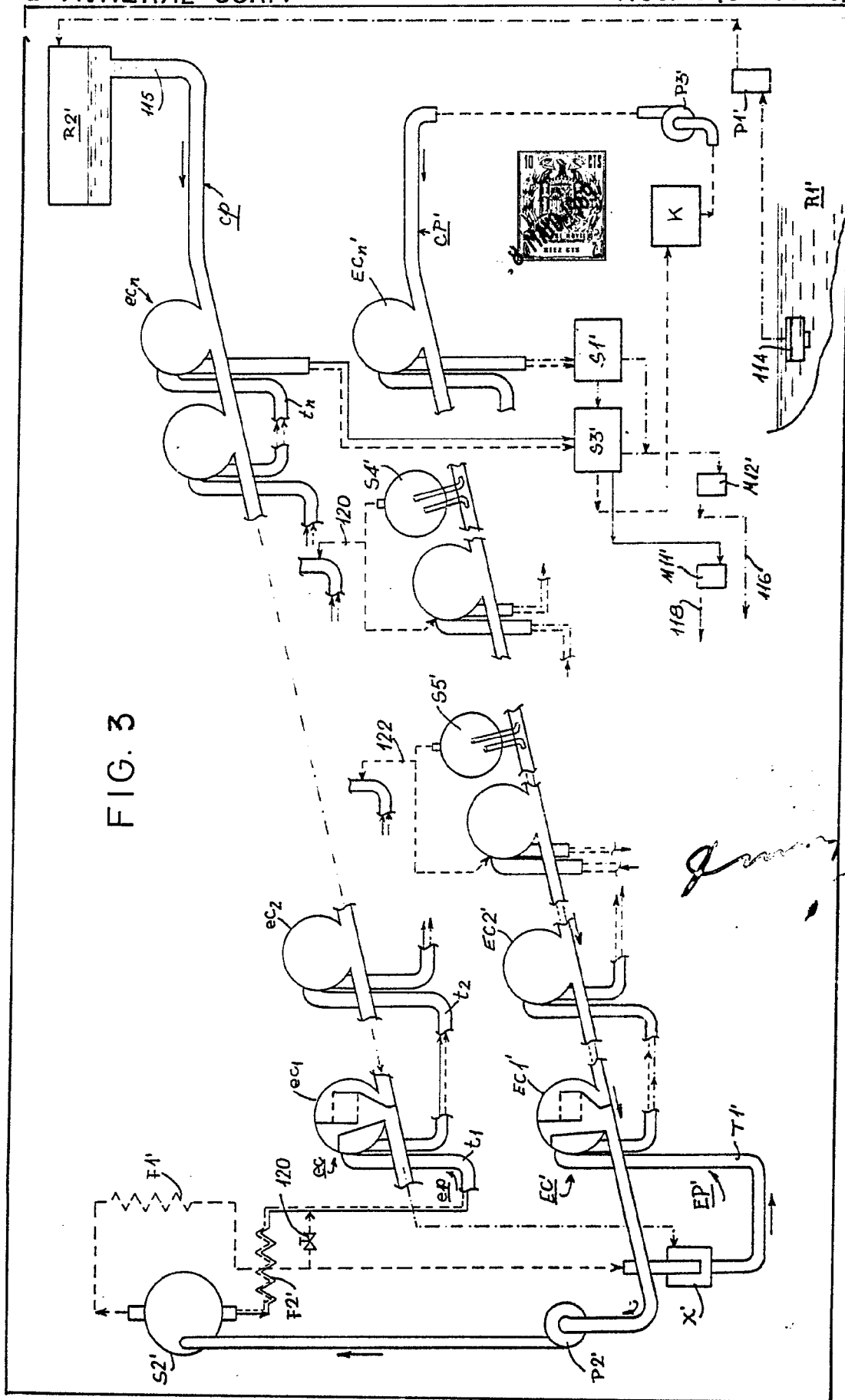


FIG. 3

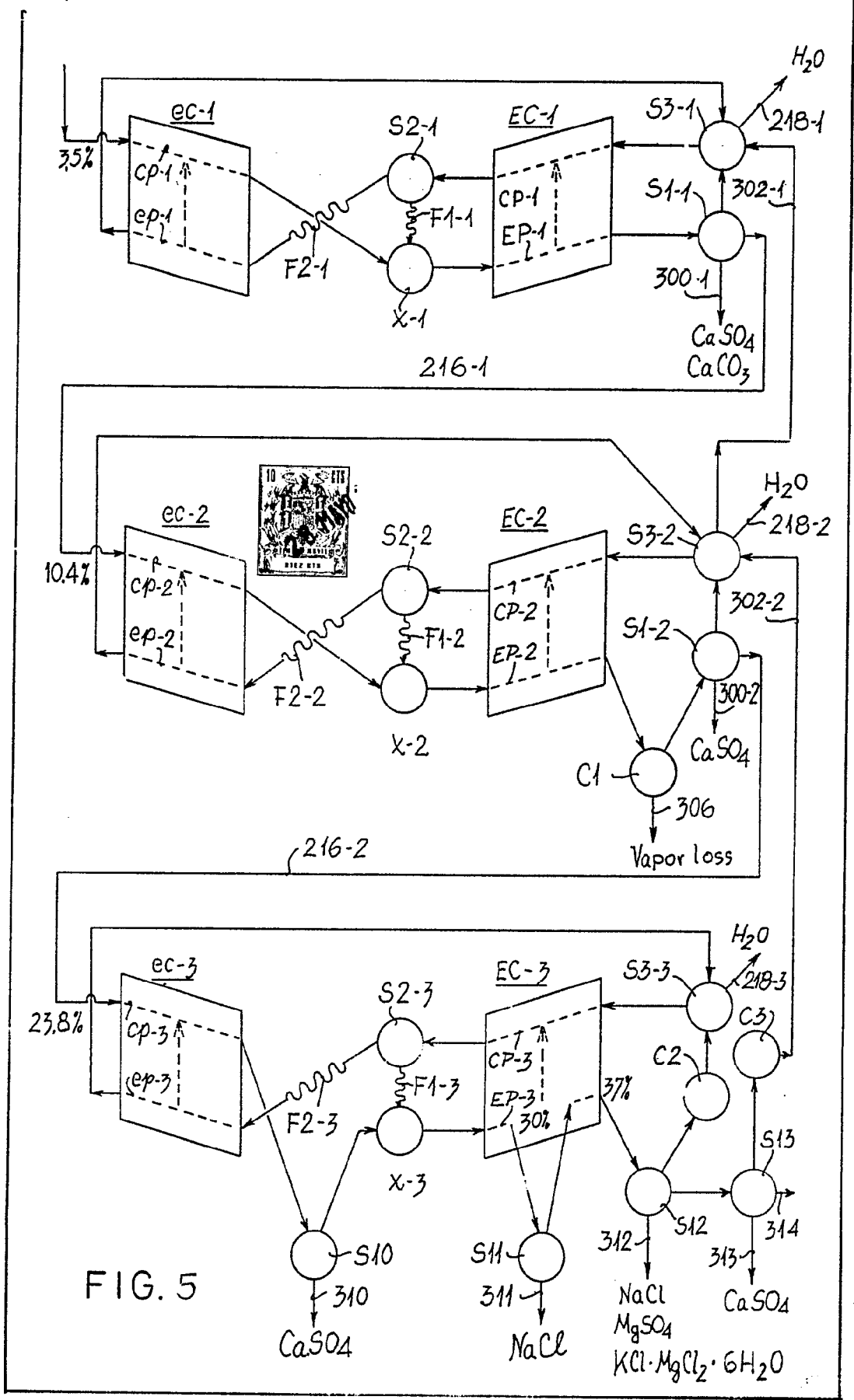


FIG. 5

Handwritten signature