

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedida el Registro de acuerdo con las leyes que rigen en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

19 ES	11	NUMERO	10 A1
	21	<b>478948</b>	
	22	FECHA DE PRESENTACION	
		<b>26 Marzo 1.979</b>	

Dkt. No. 17TU-2734

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
927.028	24 Julio 1.978	Estados Unidos
890.674	27 Marzo 1.978	Estados Unidos

47 FECHA DE PUBLICIDAD	61 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	F22G 1/10	

54 TITULO DE LA INVENCION

**"MEJORAS EN RECALENTADORES SEPARADORES DE HUMEDAD".**

71 SOLICITANTE (S)

**GENERAL ELECTRIC COMPANY**

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

**SCHENECTADY 12305, N.Y. (EE.UU.), River Road, 1**

72 INVENTOR (ES)

**Mr. Russell Llewelyn Shade, Jr, Mr. William Gerald Reed y Mr. Jack Sumner Mazer.**

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

**Don Pedro Felio Mañá**

Este invento se relaciona con recalentadores separa-  
dores de humedad y más particularmente a recalentadores  
mejorados de etapa simple para recalentadores de separa-  
dor de humedad, usados en instalaciones nucleares de ener-  
5 gia, con turbina de vapor.

El vapor derivado de una caldera con combustible fós-  
sil es generalmente caliente y seco y contiene suficien-  
te energía para accionar la turbina de alta presión. Des-  
pués de ello, el mismo generalmente es recalentado en la  
10 caldera, de modo que pueda realizarse por ello suficien-  
te trabajo útil, primero en etapas intermedias y después  
en etapas de baja presión. El vapor, desde un generador,  
o reactor de vapor nuclear, por otra parte, es general-  
mente de temperatura relativamente baja y está saturado.  
15 Después de pasar a través de la etapa de la turbina de -  
alta presión el vapor nuclear contiene suficiente hume-  
dad arrastrada, que tiene que deshumectarse y preferente-  
mente recalentarse, incrementado por ello su entalpia, -  
con el fin de que realice confiablemente ulterior traba-  
20 jo útil.

Son bien conocidos en la técnica, recalentadores/se-  
paradores de humedad de varios tipos. Un ejemplo de ta-  
les recalentadores separadores de humedad, se describe -  
en la patente de EE.UU. nº 3.712.272 de Carnavos y otros.  
25 El recalentador separador de humedad, descrito en la pa-  
tente de Carnavos y otros, emplea dos secciones recal-  
entadoras, cada una de las cuales comprende un banco o un  
haz de tubos en forma de U, que se extienden longitudi-

nalmente dentro de un casco hermético a la presión e incluyendo un colector para introducir un fluido calentador (vapor) en los tubos y para retirar el fluido (condensado) desde los tubos. El colector de Carnavos está -  
5 provisto de un mamparo vertical dispuesto en esencia en su centro, dividiendo el colector en secciones de admisión y de salida. Cada tubo tiene un extremo comunicando con la sección de admisión y otro extremo comunicando con la sección de salida. En funcionamiento, se alimenta vapor  
10 por calentador, saturado, en los tubos en forma de U, a través de la sección de admisión del colector, atraviesa los tubos y sale de los tubos a través de la sección de salida del colector, drenándose cualquier condensado formado en el haz de tubos del recalentador a través de un  
15 simple desagüe, previsto en la sección de salida.

Otro ejemplo de un recalentador separador de humedad, que emplea dos haces de tubos recalentadores, se describe en la patente de EE.UU. nº 3.713.278 de Miller y otros. En este diseño, el colector está provisto de un  
20 mamparo sustancialmente horizontal, dispuesto en esencia en su centro, dividiendo el colector en una sección superior de admisión y una sección inferior de salida. Las curvaturas en U de los tubos, por lo tanto, están dispuestas en la dirección vertical. Otro diseño de recalentador, separador de humedad, empleando un simple haz de  
25 recalentamiento, se describe en la patente de EE.UU. número 3.593.500 de Ritland y otros.

En ciertas condiciones de funcionamiento pueden con

densarse cantidades sustanciales del vapor recalentador dentro de tubos muy altamente cargados de todos estos di se ños de recalentador de humedad. Si todo el vapor entran te a estos tubos se condensa completamente antes del ex-  
5 tremo del tubo, puede resultar una formación de condensa do subrefrigerado. Los problemas asociados con el sub-en friamiento de condensado e inestabilidades relacionadas bien conocidas en la técnica de los recalentadores se -- describen en nuestra solicitud pendiente al mismo tiempo.

10 También se describen en la misma los efectos beneficio-sos de la formación de orificios de tubos y flujo de barrido de haz de tubos para aliviar estos problemas. La - formación de orificios de tubos se describe en la patente de EE. UU. nº 3.073.575 de Schulenberg. El flujo de barrido  
15 de haz de tubos, bien conocido en la técnica, típicamen- te se "rebaja" a un punto inferior en el sistema según - se describe en la patente de EE.UU. nº 3.724.212 de Bell. Resulta una pérdida termodinámica sustancial del vertido del vapor barredor a puntos inferiores en el sistema.

20 Una solución de la técnica anterior, a la pérdida - termodinámica asociada con el vertido del vapor barredor a un punto inferior en el sistema, se describe en nues-- tra solicitud antes mencionada, pendiente al mismo tiem-  
po, nº 890.674, transferida al titular del presente in--  
25 vento y cuya prioridad/<sup>también</sup> se reivindica en la presente. En la ejecución preferida del invento reivindicado se uti-- liza un termo-compresor de alta presión diferencial para hacer recircular cantidades sustanciales de vapor barre-

dor en el haz de tubos de primera etapa de baja presión - de los recalentadores separadores de humedad de dos etapas. Cantidades relativamente pequeñas de vapor barredor de alta presión procedentes del haz de tubos de la segunda etapa de alta presión se usan para impulsar el termocompresor. En el funcionamiento de esta ejecución preferida, reivindicada, la solución normalmente requiere por lo menos dos haces de tubos, funcionando sustancialmente a diferentes presiones.

10           En la patente de EE.UU. 3.830.293 de Bell, se describe una técnica para recirculación de vapor barredor - en cambiadores térmicos de tubo y casco empleando un haz de tubos. Se utiliza un termocompresor de baja presión diferencial (aproximadamente 10-20 psid) en la línea de suministro de vapor al haz de tubos para causar una recirculación de vapor barredor dentro del haz de tubos. Sin embargo, la cantidad de vapor barredor, que puede hacerse recircular por esta técnica, no es suficiente para eliminar el subenfriamiento del condensado, puesto que -  
15           la baja presión diferencial a través del termocompresor lo hace muy ineficaz y no indica que sea deseable o necesaria una fuente alternativa de vapor de más alta presión.

25           El medio mejorado para eliminar sustancialmente la sub-refrigeración de condensado en recalentadores estrangulados de simple etapa, por el presente invento aprovecha la ventaja del estrangulamiento del vapor calentador al utilizar un termocompresor de alta presión diferencial, para hacer recircular sustancialmente cantidades más al--

tas de vapor barredor dentro del haz de tubos con mínima pérdida termo-dinámica de lo que hasta ahora estaba disponible.

5 Por lo tanto, es un objetivo del presente invento -  
procurar medios mejorados para eliminar sustancialmente  
la sub-refrigeración del condensado en haces de tubos es-  
trangulados de recalentador de etapa simple, con mínima  
pérdida termo-dinámica, utilizando vapor de alta presión  
tomado corriente arriba de la línea de suministro del haz  
10 de tubos en la válvula estranguladora o válvulas estrangu-  
ladoras para impulsar un termo-compresor de alta presión  
diferencial, mucho más eficaz.

De acuerdo con una ejecución preferida de nuestro  
invento, los objetos precedentes se alcanzan procurando  
15 en un haz de tubo de recalentador, separador de humedad  
de etapa simple, medios bombeadores para hacer recircu-  
lar grandes cantidades de vapor barredor dentro de los  
tubos del haz. Los extremos de admisión de tubos en U,  
dispuestos verticalmente, pueden estar perforados con --  
20 orificios diferencialmente, para procurar mejor, sufi--  
ciente vapor a cada tubo para evitar la sub-refrigera--  
ción de condensado. Vapor principal, extraído corriente  
arriba de la turbina de alta presión, se utiliza como -  
fluido calentador (vapor) para el haz de tubos. Debido  
25 a la naturaleza del reactor nuclear o generador de va--  
por, son mínimas las variaciones en la presión de vapor  
principal a través del alcance de carga de la turbina.  
Se procura un camino para suministrar a un termo-compre

sor de alta presión diferencial, con vapor principal, tomado desde corriente arriba de una o varias válvulas estranguladoras de la línea de suministro del haz de tubos. Medios de tubería se han puesto a disposición desde la --

5 sección del colector de salida del haz de tubos hacia la lumbrera de succión de baja presión del termo-compresor. Por esta técnica, la presión del vapor móvil para el termo-compresor es por lo menos 1,5 veces (y tan alta como 10 veces) aquella del vapor de succión estrangulada. Con

10 esta proporción de presión de por lo menos 1,5, el termo-compresor, mencionado a continuación como un termo-compresor de alta presión diferencial (alto  $\Delta P$ ) sirve para extraer sustancialmente más vapor de succión que vapor móvil se suministre. Están previstos medios de tubería para el

15 vapor de descarga combinado desde el termo-compresor a -- una presión intermedia, que debe alimentarse en la cámara de admisión del colector del haz de tubos (colector de admisión).

Por esta técnica, los regímenes de flujo barredor en

20 el orden de 50% hasta 100% del régimen de flujo del haz, definidos por la tarea de transferencia de calor, pueden conseguirse fácilmente en las condiciones de carga parcial, donde el flujo de admisión es estrangulado y se requieren altos regímenes de barrido. Los bien conocidos problemas -

25 de la sub-refrigeración de condensado e inestabilidad relacionados, por lo tanto, se eliminan sustancialmente. Además, puesto que el vapor barredor se hace continuamente - recircular a través del haz de tubos, se consigue la eli-

minación sustancial de la sub-refrigeración de condensado con mínima pérdida termo-dinámica. Se procura una pequeña purga del sistema para la eliminación de cualesquiera gases no condensables, que puedan tender a formarse. También, a altos niveles de energía, donde el vapor calentador al haz de tubos ya no se estrangula, la tarea de transferencia de calor en los numerosos tubos en U en el haz puede acomodarse fácilmente por orificios diferenciales de tubo, en conjunción con un régimen relativamente bajo de vapor - barredor, que se vierte en un punto más bajo en el sistema. Bajo estas condiciones el termo-compresor, aunque menos eficaz, puede continuar funcionando, evitando así su nueva puesta en marcha después de subsiguientes cambios - de carga.

La figura 1, es una vista en sección transversal ver tical, parcialmente esquemática de un recalentador, separador de humedad, de dos etapas y accesorios asociados, in corporando el presente invento; la figura 2, es una vista en sección transversal ver tical, parcialmente esquemática, de un recalentador separador de humedad de etapa simple y accesorios asociados, construido de acuerdo con una  ejecu ción preferida del presente invento;

La figura 3, es una vista en sección transversal ver tical de un termo-compresor ilustrativo de aquel que puede ser utilizado en el aparato de la figura 2.

En la figura 1, un recalentador, separador de humedad, representado generalmente en -10-, incluye un recipiente de presión -12- conteniendo típicamente una pluralidad de

admisiones -13- de vapor y una pluralidad de salidas -14-  
de vapor, para facilitar el paso de vapor a través de los  
mismos con el fin de que se seque y recaliente. Esta es -  
la misma configuración de un recalentador separador de hu  
medad de dos etapas, descrito en la solicitud pendiente -  
al mismo tiempo de patente de EE.UU. serie nº 890,674, e -  
ilustrado en su figura 1.

Paneles -15- de separador de humedad, que son bien -  
conocidos en la técnica, funcionan para eliminar sustancial  
mente toda la humedad arrastrada del vapor incidente. Los  
paneles de separador de humedad tienen un área de superfi-  
cie muy grande con así llamadas "placas de serpentín" y -  
tienen para ello un sistema de drenaje (no ilustrado) que  
recoge la humedad desaguada de los paneles y procura un -  
camino para la eliminación de la humedad desde el casco--  
-12-.

Una pluralidad de recalentadores -16- y -17- están -  
colocados inmediatamente por encima de los paneles -15- -  
del separador de humedad y están dentro del camino atrave  
sado por vapor según pasa desde las admisiones -13- a las  
salidas -14-.

El recalentador -16- de primera etapa incluye un haz  
-18- de tubos y un colector -19-. El recalentador -17- de  
la segunda etapa incluye el haz de tubos -20- y el colec  
tor -21-. Durante tal travesía, el vapor del lado del cas  
co pasa, en relación de transferencia térmica, a través -  
de una pluralidad de tubos en U -22-, cada uno de los cua  
les transporta dentro del mismo, vapor saturado de alta -

presión, cuyas fuentes de origen se describirán a continuación. Cada tubo en U -22-, comprendiendo los respectivos haces de tubos -18- y -20-, incluye una sección -23- casi horizontal, una sección -24- de curva de U, verticalmente orientada, redondeada y una sección -25- de salida, casi horizontal. Cada uno de los colectores -19- y -21- contiene una placa -32- de tabique de paso, que separa los respectivos colectores en cámaras superiores de admisión -33- y -35- y cámaras de escape inferiores -34- y -36-. Cada tubo de los haces de tubos -18- y -20- tiene un extremo de admisión en comunicación con la cámara de admisión superior de su colector asociado y su otro extremo está en comunicación con la cámara inferior de salida del mismo colector.

El colector -33- de admisión del recalentador de la primera etapa recibe vapor saturado, a una presión sustancialmente por encima de aquella del vapor del lado del casco, a través de la tubería -40-, incluyendo una válvula -42- de fuente y tiene su origen en una lumbrera de extracción de la turbina de alta presión. El mismo pasa a través de los tubos -22- del recalentador -16- haciendo pasar calor al vapor del lado del casco por condensación en tubo y sale en el colector de salida como condensado, que es eliminado por la línea de desagüe -44-, y el vapor residual que sale hacia el lado de succión del termocompresor -70- y la línea de purga -51-, por vía de la tubería -49-.

El colector -35- de admisión del recalentador de se-

gunda etapa recibe vapor saturado tomado corriente arriba de la turbina de alta presión a través de la línea -50-, estrangulado en condiciones de carga parcial en la válvula -52- y a una presión, que excede sustancialmente de la presión de la entrada de vapor saturado al colector de admisión -33- del recalentador -16-. Este vapor se hace pasar a través de los tubos -22- del recalentador -17-, haciendo pasar calor al vapor del lado del casco por condensación en tubo y sale hacia el colector de salida -36- como condensado, que se hace pasar al tanque de drenaje -47- por la tubería -74- y como exceso de vapor, que se convierte en vapor móvil para el termo-compresor -70- y se hace pasar al mismo a través de la tubería -71-.

El termo-compresor -70-, accionado por vapor motriz desde la tubería -71-, arrastra un flujo de masa mayor de vapor de escape desde la tubería -72- y procura una gran fluidez de masa de vapor barrador por vía de la tubería -73- al colector -33- de admisión del colector -19- del recalentador. Este flujo de vapor es suficiente para barrer el haz -18- de tubos recalentadores y para eliminar sustancialmente la sub-refrigeración de condensado y las inestabilidades relacionadas.

En nuestra solicitud de patente pendiente al mismo tiempo en EE.UU. serie nº 890.674 se ha reconocido que -- las ventajas de tal barrido del haz de tubos del primer recalentador pueden mantenerse si el recalentador de la segunda etapa se cerrase y el MSR, en efecto, se acciona-se como un MSR de etapa simple. En esta extensión hemos - previsto medios para incluir la tubería -75- y la válvula

-76-, que hacen posible accionar el termo-compresor --  
-70- con una porción del vapor de alta presión, disponi-  
ble desde la fuente principal. Así, para conseguir es-  
to, la válvula -52- se cierra, como se hace con la vál-  
5 vula -77-, aislando el recalentador -17- de segunda eta-  
pa del flujo de vapor. La válvula -76- se abre para pro-  
curar vapor sin estrangular, a una presión significati-  
vamente más alta que aquel disponible en la línea -40-  
para impulsar el termo-compresor -70-, para procurar el  
10 deseado vapor barredor para el recalentador -16-.

Como se ha descrito arriba, un recalentador de --  
dos etapas tiene suprimida la etapa de alta presión --  
del servicio, dejando el aparato para que funcione co-  
mo un recalentador de etapa simple con el vapor escapa-  
15 do hecho recircular por un termo-compresor de alta  $\Delta P$   
dentro del haz de tubos en funcionamiento, para fines -  
de barrido. Un recalentador de etapa simple, diseñado -  
para funcionar como tal, naturalmente que tendrá una di-  
ferente configuración. Una disposición elevada en un --  
20 grado óptimo para tal funcionamiento de recalentador, se  
ilustra en la figura 2.

En la figura 2, en que números semejantes se refieren  
a partes análogas del aparato ilustrado en la figura 1, un  
recalentador separador de humedad, representado generalmen-  
25 te en -10-, incluye un recipiente de presión -12-, conte-  
niendo típicamente una pluralidad de admisiones -13- de va-  
por y una pluralidad de salidas -14- de vapor, para facili-  
tar el paso del vapor a través de los mismos con el fin de

que se seque y recaliente. Paneles -15- separadores de humedad, que son bien conocidos en la técnica, están dispuestos sobre admisiones -13- y plenos de admisión (no --  
ilustrados) y funcionan para eliminar sustancialmente la  
5 totalidad de la humedad arrastrada desde el vapor incidente.

El recalentador -16- incluye el haz de tubos -18- y el colector -19-. Durante tal travesía, el vapor del lado del cascopasa en relación de transferencia de calor, a --  
10 través de una pluralidad de tubos en U -22-, cada uno de los cuales arrastra consigo vapor saturado de alta presión, cuya fuente se describirá posteriormente. Cada tubo en U, comprendiendo el haz de tubos -18-, incluye una  
sección -23- de admisión casi horizontal, una sección --  
15 -24- de curvatura de U, orientada verticalmente, redondeada, y una sección -25- de salida casi horizontal. El colector -19- contiene una placa -32- de paso-tabique, que separa el colector en una cámara de admisión -33- superior y una cámara -34- de escape inferior. Cada tubo del haz -  
20 de tubos -18- tiene un extremo de admisión en comunicación con la cámara superior de admisión del colector y su otro extremo está en comunicación con la cámara de salida inferior del mismo colector.

Debido a los caminos paralelos de todos los tubos en  
25 U en una disposición de haz de tubos dada, todos tales tubos están obligados a la misma diferencia de presión (fuerza impulsora) desde la sección de admisión a la sección - de salida del colector.

Operacionalmente, vapor principal, tomado corriente arriba de la turbina de alta presión, se pone a disposición del recalentador -16- a través de la tubería -50-, incluyendo la válvula -42- de fuente y la válvula estranguladora o válvulas estranguladoras representadas por --  
5 -43-, y entra en la cámara de admisión -33- del colector -19-.

Este tubo pasa a través de los tubos en U -22-, sometiéndose así a dos pasos longitudinales por la longitud de, y en paralelo a, un eje longitudinal del casco -  
10 -12- y ejerce una excursión descendente curvada cuando alcanza el extremo de la primera excursión horizontal y retorna a la cámara de escape -34- del colector -19-. Durante el paso a través de los tubos en U -22-, una cierta  
15 proporción del vapor contenido en los mismos resulta condensada según pasa con el vapor no condensado hacia la sección del colector de salida donde se descarga a través de la tubería de desagüe -44- al tanque de drenaje -45- al exterior del caso -12-. La fase líquida en el  
20 tanque -45- se desagua generalmente a un calentador de agua de alimentación o al condensador principal a través de la línea -48-. Una línea -49- de purga de drenaje se dispone para igualar presión en la sección de salida del colector y tanque de drenaje -45-. De la línea -49- de  
25 purga de drenaje se dispone una tubería -72- para el paso de vapor barredor de haz de tubo, que ha escapado hacia el termo-compresor -70-. Una tubería -51- también está dispuesta desde la purga de drenaje -49- para purgar

continuamente gases no condensables a través de la válvula -78- y vapor barredor a través de la válvula -79- a -- puntos de más baja presión en el sistema.

5 El vapor principal, indicado por la flecha A, que entra a través de la tubería -50- de admisión de vapor calentador, incluyendo una fuente de vapor saturado, una válvula -42- de fuente de admisión y válvula (s) estranguladora (s) representadas por -43-, se toma generalmente desde corriente arriba de la turbina de vapor de alta presión.

10 La presión de este vapor principal es relativamente alta y aproximadamente constante a través del alcance de carga. En aplicaciones de reactor de agua a presión, la presión de vapor principal se reducirá actualmente de modo ligero según se va incrementando la carga. El vapor --  
15 del lado del casco, por otra parte, procede del escape de la turbina de alta presión y sube linealmente con la carga de la turbina a un valor de alrededor de 1/6 de la presión de vapor principal a plena potencia. Si se dejase entrar vapor principal en el haz de tubos -18- a través de  
20 la tubería de admisión -50- por el alcance de carga, la diferencia de temperatura entre este vapor principal (típicamente a una presión en el orden de 1000 psia) y el vapor entrante del lado del casco, sería excesiva en condiciones de carga parcial, excediendo mucho de 200° F. Esta  
25 grave diferencia de temperatura de carga parcial agravaría los problemas de distorsión del haz de tubos resultantes de la expansión térmica diferencial sustancial y también daría por resultado un grado potencialmente grave de

subrefrigeración de condensado, que podría experimen--  
tarse en los tubos. Con el fin de aliviar estos proble--  
mas, el vapor principal en la tubería de admisión -50- -  
se estrangula típicamente por vía de la válvula -43- en  
5 condiciones de carga parcial.

Aunque puede usarse una pluralidad de válvulas -43-,  
para mayor claridad se muestra una sola. Numerosas tácti--  
cas están disponibles para estrangular el vapor princi--  
pal; sin embargo, un modo típico sería controlar la vál--  
vula o las válvulas -43- estranguladoras desde presión -  
10 de vapor de escape de turbina de alta presión de tal mo--  
do que la presión del vapor al haz de tubos -18- suba li--  
nealmente desde una condición de baja carga atendiendo a  
la presión de vapor principal en el alcance de 50% a 80%  
15 de la carga de turbina. Según se usa aquí y en las rei--  
vindicações adjuntas, la frase "vapor estrangulado" de--  
be significar vapor, que se reduce en presión, en condi--  
ciones de carga parcial de la turbina asociada.

Cuando el vapor del lado del casco, que entra en el  
20 casco -12-, pasa desde las admisiones -13- a través de -  
los tubos -22- del haz -18- de tubos y resulta progresi--  
vamente recalentado, la diferencia de temperatura entre  
el vapor del lado del tubo y el vapor del lado del casco  
disminuye continuamente. Un problema significativo, al -  
25 que se dirige más específicamente este invento, resulta  
de la cambiante diferencia de temperatura entre el vapor  
del lado del casco y el vapor del lado del tubo según se  
va recalentando el vapor del lado del casco. El vapor del

lado del casco también puede contener alguna humedad residual arrastrada desde los paneles -15- separadores de humedad, que tiene que evaporarse por transferencia de calor desde las filas inferiores de tubos del haz -18- de tubos antes de que comience el recalentamiento del vapor. Obviamente con el máxima diferencial de temperatura entre vapor del lado de tubos y vapor del lado del casco y la tarea adicional evaporativa, la tendencia es que -- ocurra la máxima graduación de transferencia de calor en los tubos inferiores del haz -18- de tubos que, a su vez, requiere que se procure una mayor cantidad de vapor del lado de los tubos a los tubos en U en haces de tubos de recalentador, orientados verticalmente.

Con los extremos de admisión de todos los tubos en U en comunicación con la sección de admisión -33- del colector y los extremos de salida de todos los tubos en U en comunicación con la sección de salida -34- del colector -19-, todos los tubos en U están obligados a la misma diferencia de presión. Como uno de los resultados, los tubos en U (verticales) exteriores no son provisionados de suficiente vapor para satisfacer la demanda de transferencia de calor. El vapor en estos tubos en U así se -- condensa completamente antes del extremo del tubo y resulta subrefrigeración de condensado, corriente abajo -- desde el punto de condensación completa, al satisfacer -- la demanda de transferencia de calor. Por otra parte, los tubos en U interiores (verticales) que hacen pasar más -- vapor del que se requiere teóricamente, descargan una --

mezcla saturada de dos fases dentro de la sección de salida -34- del colector -19-. Es bien conocido en las técnicas de los recalentadores, según se describe en nuestra solicitud de patente de EE.UU., pendiente simultáneamente, antes mencionada, serie nº 890.674, que pueden resultar numerosos problemas de la presencia del líquido subrefrigerado. Dos problemas en particular se relacionan con el fraccionamiento de soldadura desde el tubo a la chapa de tubo e inestabilidad general del sistema.

Además, es bien conocido que la restricción selectiva de algunos de los tubos para ajustar el régimen de flujo del lado de los tubos con la transferencia de calor actual puede reducir la subrefrigeración. Tal solución para la reducción de la subrefrigeración y de las inestabilidades, relacionadas en cambiadores térmicos de vapor se ilustra por la patente de EE.UU. 3.073.575 de Schulenberg. Por lo tanto, puede contrarrestarse gran parte del problema por una técnica conocida como "formación de orificios".

Mientras que la formación de orificios es una técnica para vencer el problema de condensación diferencial en tubos en U, de un haz de tubos de recalentador, y eliminar por ello sustancialmente la subrefrigeración de condensado, posiblemente el camino más simple, conceptualmente, para evitar este problema, es el hacer pasar a través del haz de tubos una cantidad suficiente de vapor saturado en exceso de aquella que se requiere teóricamente para causar el recalentamiento y barrer por ello todos los tubos en U. Este expediente, sin embargo, normalmente no es

practicable desde un punto de vista de eficacia, puesto -  
que representa un despilfarro injustificable de energía.  
Esquemas más prácticos incluyen el uso de particiones adi-  
cionales de colector, como se ilustra en la patente de --  
5 EE.UU. nº 3.996.897 de Herzog. De acuerdo con el invento  
descrito y reivindicado en la misma, vapor de admisión en-  
tra en una sección de admisión dividida del colector de -  
un haz de tubos orientados horizontalmente y pasa por la  
mitad inferior de los tubos en U a una sección de retorno  
10 del colector, donde el condensado, formado en los dos pa-  
sos longitudinales iniciales, a través de los tubos en U,  
es desaguado. El vapor saturado, entonces vuelve a entrar  
en los tubos del haz de tubos, entrando por la parte supe-  
rior del haz de tubos y retornando a la sección opuesta --  
15 del colector, desde el cual de nuevo se desagua el conden-  
sado acumulado. Esta disposición comprende una disposición  
de "cuatro pasos" y disminuye la tendencia hacia la inunda-  
ción/<sup>con</sup>condensado y resultante movimiento cíclico térmico.

Todavía en otra disposición de "cuatro pasos" descri-  
20 ta en la patente de EE.UU. de nº 3.759.319 de Ritland, un  
múltiple separado está contenido dentro del recalentador  
para hacer recircular vapor saturado que se ha hecho cir-  
cular una vez, a través de ciertos tubos en U de un haz de  
tubos de recalentador.

25 Desgraciadamente, la formación de orificios y medidas  
alternativas como se han discutido arriba, no son una res-  
puesta completa normalmente a los problemas de subrefrige-  
ración de condensado e inestabilidades relacionadas en re

calentadores separadores de humedad. Una razón para que la formación de orificios no sea una solución completa es que cualquier disposición de formación de orificios dada, aunque calculada y completada para distribuir el flujo de vapor en los respectivos tubos, con el fin de satisfacer la demanda teórica de transferencia de calor para una condición operativa dada, no es ideal para todas las condiciones de funcionamiento. La formación de orificios, que es ideal para un juego de condiciones, puede no ser adecuada para un diferente juego de condiciones, por ejemplo, cuando se modifique la carga de la turbina desde un nivel de potencia a otro, o como es el caso de recalentadores de etapa simple, cuando el vapor calentador es estrangulado a condiciones de carga parcial.

El invento aquí descrito puede usarse conjuntamente con la formación de orificios (u otras técnicas equivalentes) o independientemente de ello, para mejorar el funcionamiento de recalentadores en los recalentadores separadores de humedad, utilizados con aparatos generadores de vapor de turbina para eliminar sustancialmente la subrefrigeración de condensado e inestabilidades relacionadas.

Es bien conocido que las líneas de vapor pueden ser purgadas para eliminar impurezas de agua y semejantes desde ellas por el paso de gas o vapor de alta presión a través de las mismas. Así, sería factible impedir la subrefrigeración del condensado dentro de haces de tubos de recalentadores, incrementando el flujo de vapor saturado al haz de tubos desde su fuente de vapor de admisión, por una

cantidad predeterminada, excediendo de aquella, que se requiera teóricamente para una carga dada, para recalentar vapor desde el lado del casco. Si se tomase suficiente vapor saturado en exceso desde la fuente de haz de tubos, aún si no se utilizase la formación de orificios, podría eliminarse sustancialmente la subrefrigeración de condensado. Por otra parte, es esencial que el vapor, generado para el uso con una turbina de vapor, tiene que ser utilizado cuidadosamente y extraído el máximo de trabajo del mismo en las funciones necesarias de la turbina de vapor, como por ejemplo, recalentamiento del vapor en un recalentador separador de humedad, calentamiento del agua de alimentación antes de su entrada al generador o reactor de vapor y el uso del producto final de un condensador como agua de alimentación para el sistema.

El uso indiscriminado de vapor de alta presión a una temperatura elevada y a una presión alta que, de otro modo, podría utilizarse en un uso más productivo y eficaz del calor conferido al mismo para barrer, puede distraer significativamente parte de la eficacia de todo el sistema. Puesto que las turbinas de vapor se usan normalmente durante periodos, que exceden de 30 y con frecuencia de 40 años, el desperdicio de un tanto por ciento significativo de vapor para realizar un objetivo, tal como eliminar sustancialmente la subrefrigeración de condensado en haces de tubos de recalentador, puede resultar excepcionalmente costoso en la cantidad de combustible innecesario, requerido para ser usado con el fin de conseguir

tal objetivo a través de un periodo extenso de años.

De acuerdo con el presente invento, se utiliza como vapor barredor, para eliminar sustancialmente la subrefri-  
geración de condensado en el haz de tubos del recalentador,  
5 vapor que se hace recircular a la admisión del haz de tu-  
bos. Se procura energía motriz por el vapor principal to-  
mado corriente arriba de la válvula estranguladora o de -  
las válvulas estranguladoras -43-. Vapor barredor recircu-  
lado rinde trabajo útil, en oposición a ser alimentado a  
10 un calentador de agua de alimentación (que es un punto de  
energía inferior en el sistema), de modo que el efecto ne-  
to de la mejora, según el invento, en el funcionamiento --  
del recalentador, se demuestra en la confiabilidad mejora-  
da del funcionamiento del recalentador sin detrimento se-  
15 rrio a la eficacia de funcionamiento del sistema completo.  
En efecto, el uso según el invento de vapor escapado del  
lado de los tubos es una mejora sobre la práctica ante--  
rior, que comprendía la alimentación de una menor canti--  
dad de vapor barredor que aquella que es eficaz para eli-  
20 minar sustancialmente la subrefrigeración de condensado a  
un calentador de agua de alimentación o similar punto de  
baja presión en el ciclo de la turbina.

Según se ilustra en la figura 2, se utiliza un termo-  
compresor -70- de alta  $\Delta P$  para hacer circular vapor barre-  
25 dor a la cámara de admisión -33- del colector -19- del re-  
calentador -16-, con el fin de procurar suficiente exceso  
de vapor de alta presión a los tubos individuales -22- del  
haz -18- de tubos para eliminar sustancialmente la subre-

frigeración de condensado aún en aquellos tubos, que están sometidos a la máxima diferencia de temperatura.

El fluido motriz para el termo-compresor -70- se procura a través de la línea -71- y es el vapor principal --  
5 disponible desde la tubería -50- de vapor calentador, tomado corriente arriba de la válvula o las válvulas -43- --  
estranguladoras. Este vapor a una presión de aproximada--  
mente 1000 psia, da fuerza al termo-compresor -70- para --  
procurar vapor barredor para el recalentador -16-. En ge--  
10 neral, la cantidad de vapor usado para este propósito es sólo aproximadamente de 5% a 10% de la cantidad teórica --  
de vapor suministrado a la cámara de admisión del recalentador -16-, según se determina por la carga térmica del --  
haz -18- de tubos. El termo-compresor -70-, ilustrado en  
15 detalle en la figura 3, se hace funcionar por vapor motriz de alta presión para hacer que una mayor cantidad de vapor de succión, que aquella de vapor motriz, se impulse a través de la línea -72- desde la cámara de escape -34- del colector -19- del recalentador -16-. El flujo combinado deja el termo-compresor -70- a presión intermedia --  
20 creando un flujo deseado de alto grado barredor, que se introduce en el recalentador -16-.

En el termo-compresor -70-, con vapor de succión o de  
baja presión disponible desde la línea -72- desde la cá--  
25 mara de escape -34- del recalentador -16- y vapor motriz desde la línea -71-, el resultado neto es un flujo de vapor a través de la línea -73- hacia la línea -50-, que --  
suministra vapor principal estrangulado a la cámara de ad

misión -33- del colector -19- del recalentador -16-, o que puede alimentarse directamente dentro de la cámara de admisión -33-.

5 El método y el aparato procurados de acuerdo con el presente invento de procurar vapor barredor incrementado para eliminar sustancialmente la subrefrigeración de condensado e inestabilidades relacionadas, es muy económico y termodinámicamente muy eficaz. No sólo se consigue lo prece-  
10 dente, sino que la eficacia total del sistema se mejora en condiciones de carga parcial porque la cantidad de vapor barredor, que se alimenta desde el recalentador -16- a un punto más bajo en el sistema, por ejemplo, a recalentado--  
res de agua de alimentación, por ejemplo, se reduce grande-  
mente, reduciendo así al mínimo un uso menos eficaz del va-  
15 lor caliente.

No es necesario adoptar precauciones especiales como por válvulas especiales para asegurar, que solo una pequeña porción del vapor de admisión, es decir, de 2 a 10% de la teórica en la línea principal de vapor, se utilice como  
20 vapor motriz para el termo-compresor -70-. Esto es porque, bajo estas condiciones, el termo-compresor es auto-limitador, funcionando en un "modo estrangulado", y toma solamente aquella cantidad de vapor necesaria para hacer recircular el vapor barredor disponible.

25 Una ventaja adicional del presente invento es que el sistema es fácilmente adaptable al uso de termocompresores comercialmente disponibles, cuyos parámetros operativos es-  
tán bien entendidos.

Al conseguir nuestro objetivo de eliminar sustancialmente la subrefrigeración de condensado e inestabilidades relacionadas, se requiere una mayor cantidad de vapor barredor, que aquella que se esperaría para hacer recircular con un termo-compresor de baja  $\Delta P$ . Por otra parte, un termo-compresor de alta  $\Delta P$  en el presente invento, puede conseguir estos regimenes de flujo de recirculación. El termo-compresor de alta  $\Delta P$  es también menor, y es fácil de incrementar el régimen de flujo de sección ajustando el flujo de vapor motriz ascendente.

Como otro beneficio, un termo-compresor de alta  $\Delta P$ , según se usa en el presente invento, no causa una reducción en la presión del colector de admisión. Un termo-compresor de baja  $\Delta P$  da por resultado una más baja presión de colector, porque representa una resistencia de flujo en la línea de vapor de admisión. Una presión de colector más baja causa una reducción en la eficacia térmica porque se reduce la temperatura del vapor.

Un termo-compresor, que puede ser utilizado al poner en práctica el presente invento, puede obtenerse fácilmente de AMETEK Corporation, división Schutte y Koerting, Cornwells Heights, Pennsylvania. Un termo-compresor típico se ilustra en la figura 3.

En la figura 3, el termo-compresor -70- comprende una admisión -81- de vapor motriz, una tobera -82-, una admisión -83- de vapor de succión, un cuerpo o área -84- de mezcla y una sección -86- difusora y de descarga.

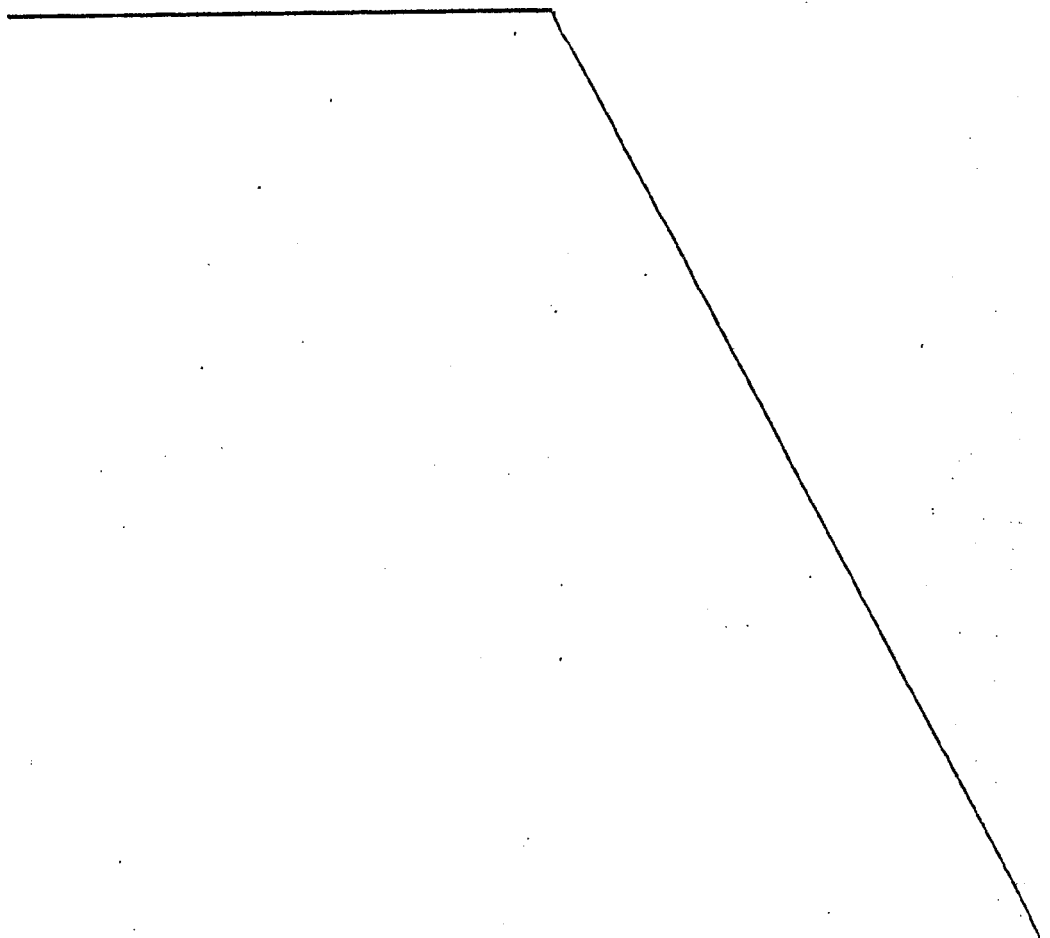
Al poner en práctica el presente invento en su forma -

más simple, un termo-compresor de tobera fija, usando la tobera -82-, según la figura 3 es adecuado. Sin embargo, en una ejecución preferida del invento se utiliza un termo-compresor de tobera ajustable, que se ilustra en la -  
5 figura 3. El ajuste de la tobera -82- se consigue girando el botón -88- para hacer que la válvula de aguja -89-, en el extremo del árbol -90-, destruya parcialmente el área del lado de admisión de la tobera -82-. Con este grado -  
adicional de libertad, el grado de barrido puede ser ajus  
10 tado según se desee para adaptarse a un modo de opera--  
ción particular o puede ser deseable un ajuste diferente para cada instalación diferente.

Aunque el invento ha sido expuesto aquí por medio -  
de descripciones específicas y una estructura específica  
15 a propósito de una explicación concisa, se les pueden --  
ocurrir muchas modificaciones de las mismas a los exper-  
tos en la materia. Por ejemplo, aunque el invento se ha  
descrito aquí respecto a un recalentador estrangulado de  
etapa simple y vapor barredor que ha sido recirculado --  
20 por vapor principal, no estrangulado, el mismo es igual-  
mente aplicable a cualquier haz de tubos MSR, que sea --  
alimentado por vapor de alta presión, que esté sustancial  
mente estrangulado en algún alcance de carga. Así, en un  
MSR de dos etapas, aplicando los mismos principios, la -  
25 recirculación del flujo barredor se conseguiría en el haz  
de presión más alta. Adicionalmente, otras configuracio-  
nes de haces de tubos, tales como haces de tubos rectos  
pasantes, conocidos en la técnica, pueden usarse en lu--

gar de haces de tubos en U, según se describe aquí. Simi-  
larmente, aunque hemos descrito un termo-compresor de al-  
ta  $\Delta P$ , como medio bombeador para hacer recircular vapor  
barredor en el haz de tubos del recalentador, podrían usar  
5 se otros medios bombeadores equivalentes, que cumplan con  
los mismos requisitos funcionales que un termo-compresor  
de alta  $\Delta P$ , tal como un compresor de turbinas. Por lo tan-  
to, por las reivindicaciones adjuntas se trata de cubrir  
todas aquellas modificaciones y variaciones que caigan -  
dentro de la verdadera idea y verdadero alcance de esta  
10 exposición.

La presente Patente de Invención recaerá sobre las  
reivindicaciones que se indican a continuación.



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

1a.- Mejoras en recalentadores separadores de humedad, teniendo un casco hermético al vapor, medios para -  
hacer pasar vapor del lado del casco húmedo frío a tra--  
5 vés del mismo, medios dentro de dicho casco para extraer  
humedad arrastrada desde dicho vapor del lado del casco,  
un recalentador en el mismo para elevar la temperatura -  
de dicho vapor secado del lado del casco, comprendiendo  
dicho recalentador un colector de admisión, un colector  
10 de salida y una pluralidad de tubos de intercambio térmico  
sustancialmente paralelos, comprendiendo un haz de tu  
bos conectado entremedias y extendiéndose a lo largo de  
dicho casco longitudinalmente y en relación de transfe--  
rencia de calor con dicho vapor de lado del casco y en -  
15 que dicho recalentador se abastece de vapor saturado del  
lado de los tubos a una temperatura y una presión mayo--  
res que la temperatura y presión a la que se suministra  
el vapor saturado del lado del casco, caracterizadas por  
que comprenden: medios para estrangular el vapor princi--  
20 pal disponible, para procurar una fuente de vapor saturá  
do estrangulado para dicho recalentador, para calentar -  
vapor del lado del casco; medios para procurar un flujo  
de vapor adicional al colector de admisión de dicho reca  
lentador, suficiente para eliminar sustancialmente la -  
25 subrefrigeración de condensado dentro de dichos tubos, -  
en condiciones parciales de carga estrangulada, compren  
diendo dichos medios un termo-compresor de alta diferen  
cia de presión; medios para suministrar vapor de escape

desde dicho colector de salida del citado recalentador a -  
una entrada de baja presión de dicho termo-compresor; me--  
dios para suministrar vapor principal no estrangulado, to-  
mado desde la admisión de vapor del recalentador, corrien-  
5 te arriba del medio de estrangulamiento a una entrada de -  
alta presión de dicho termo-compresor y medios para suminis-  
trar la salida de dicho termo-compresor al colector de admi-  
sión de dicho recalentador.

2ª.- Mejoras según la reivindicación 1ª, caracteriza--  
10 das porque dicho termo-compresor opera con una proporción  
de presión de vapor de alta presión a vapor de baja presión,  
que es por lo menos 1,5:1.

3ª.- Mejoras según la reivindicación 1ª, caracteriza-  
das porque el flujo de vapor en los extremos de admisión -  
15 de los respectivos tubos está restringido parcialmente pa-  
ra procurar un mayor flujo de vapor saturado dentro de sus  
tubos, que están sometidos a mayor carga de transferencia  
térmica que otros tubos de dicho haz.

4ª.- Mejoras según la reivindicación 1ª, caracteriza-  
20 das porque dichos tubos de transferencia térmica individual  
en dicho haz de tubos son tubos en U y están orientados en  
un plano sustancialmente vertical y dichos colectores de ad-  
misión y de salida comprenden cámaras separadas de una es-  
tructura del colector unitaria.

5ª.- Mejoras según las reivindicaciones precedentes,  
25 especialmente adaptadas para que el recalentador reciba va-  
por relativamente húmedo de entrada de baja temperatura en  
una de sus admisiones y para secar y recalentar dicho vapor

de admisión para producir vapor seco caliente, caracteri-  
zadas por comprender el recalentador un casco hermético a  
la presión; por lo menos un medio de admisión de vapor co-  
locado a lo largo de una superficie de dicho casco; por -  
5 lo menos un medio de salida de vapor, colocado a lo largo  
de otra superficie de dicho casco; medios adyacentes a di-  
cha admisión para eliminar humedad arrastrada desde el va-  
por de entrada; un cambiador térmico de haz de tubos, co-  
locado longitudinalmente dentro de dicho casco y dispues-  
10 to entre dicha admisión y salida en una relación de inter-  
cambio térmico con vapor, que pasa entre dicha admisión y  
dicha salida; un calentador, que se extiende a lo largo -  
de un primer extremo de dicho haz de tubos y recibiendo,  
en relación empaquetada contra presión, los extremos de -  
15 dichos tubos, comprendiendo dicho haz de tubos, y tenien-  
do en el mismo por lo menos un mamparo, que separa dicho  
colector en una pluralidad de camáras, incluyendo por lo -  
menos un colector de admisión y un colector de salida, adap-  
tado para recibir los extremos respectivos de dichos tu--  
20 bos; medios para dirigir vapor húmedo relativamente frío  
dentro de dicho casco a través de dicha admisión de vapor  
en dicho casco para permitir que el mismo pase en relación  
de intercambio térmico con dicho haz de tubos y emerja des-  
de dicha salida de vapor sobre dicha otra superficie del  
25 citado casco como vapor caliente seco; medios para sumi--  
nistrar un flujo de vapor del lado de los tubos de alta -  
presión saturado a una temperatura sustancialmente por en  
cima de aquella del vapor del lado del casco, que entre -

en dicha admisión de casco hacia la cámara de admisión -  
de dicho colector; medios estranguladores dentro de di--  
cho medio de suministro de flujo para reducir la presión  
del vapor de la línea principal a un valor más bajo sumi-  
5. nistrado a dicho colector de admisión del citado recalen-  
tador; medios bombeadores operativos para hacer recircu-  
lar vapor desde dicho colector de escape a dicho colac--  
tor de admisión, adaptados para recibir vapor motriz des-  
de dicha tubería de admisión de vapor calentador tomado  
10 corriente arriba desde dicho medio estrangulador para ex-  
pansionar el mismo isentrópicamente y arrastrar vapor des-  
de dicho colector de escape en el mismo para procurar una  
segunda entrada a dicho colector de admisión, siendo am-  
bas entradas citadas, vapor saturado o ligeramente super-  
15 calentado; siendo dicha segunda entrada de vapor de dicho  
medio bombeador al citado colector de admisión de suficien-  
te régimen de flujo de masa para eliminar sustancialmente  
subrefrigeración de condensado dentro de los tubos de di-  
cho haz de tubos, en condiciones estranguladas de carga  
20 parcial.

6ª.- Mejoras según la reivindicación 5ª, caracteriza-  
das porque dicho medio bombeador es un termo-compresor, -  
que requiere un alto diferencial de presión entre fluido  
motriz y fluido de succión para su funcionamiento, no te-  
25 niendo partes móviles y que funciona para combinar un flu-  
jo de alta presión de vapor motriz con un flujo de presión  
relativamente baja de vapor de succión, para producir un  
volumen incrementado de vapor de presión intermedia.

7ª.- Mejoras según la reivindicación 6ª, caracterizadas porque dicho compresor funciona con una proporción de presión de fluido de alta presión a fluido de baja presión de por lo menos 1,5:1.

5           8ª.- Mejoras según la reivindicación 5ª, caracterizadas porque el flujo de vapor del lado de los tubos, en ciertos de los tubos, se restringe para permitir mayor -- flujo de vapor saturado para que entre en los extremos de admisión de los tubos en U, que estén sometidos a mayor --  
10 carga de transferencia de calor, que otros tubos de dicho haz de tubos.

9ª.- Mejoras según la reivindicación 5ª, caracterizadas porque dichos tubos individuales en U de dicho haz de tubos están orientados en un plano sustancialmente ver--  
15 tical y dicho mampero en el citado colector divide dicho colector en cámaras superiores e inferiores.

10ª.- Mejoras según las reivindicaciones precedentes, caracterizadas porque para eliminar sustancialmente la -- subrefrigeración de condensado dentro de los tubos de un recalentador de un tubo y un recalentador de casco, en --  
20 que el vapor del lado del casco se recalienta haciendo pa-- sar en relación de intercambio térmico con tubos de un re-- calentador, conteniendo vapor saturado del lado de los tu-- bos, teniendo dicho recalentador una entrada de vapor sa--  
25 turado, que está a más alta presión que aquella del vapor saturado, que se introduce al lado del casco, comprendien-- do las operaciones de estrangular vapor de la línea prin-- cipal para procurar una presión reducida de entrada de va-- por a dicho recalentador; suministrando vapor barredor de

5 escape desde dicho recalentador a una entrada de baja presión de un medio bombeador de alta presión diferencial; suministrar vapor de línea principal no estrangulado a dicho medio bombeador de alta presión diferencial; expansionar -  
 10 isentrópicamente dicho vapor principal en dicho medio bombeador y arrastrar el vapor barredor de escape de dicho recalentador en el mismo y suministrar el escape de dicho medio bombeador al colector de entrada de dicho recalentador para eliminar sustancialmente la subrefrigeración de condensado en los tubos de dicho haz de tubos, en condiciones estranguladas de carga parcial.

15 11ª.- Mejoras según la reivindicación 10ª, caracterizadas porque la proporción de presión de corriente principal no estrangulada a la presión de vapor barredor de escape desde dicho recalentador es de por lo menos a 1,5:1.

12ª.- Por último se reivindica como objeto sobre el que ha de recaer la presente Patente de Invención que por veinte años se solicita registrar para España, - - - - -

p o r

20 "MEJORAS EN RECALENTADORES SEPARADORES DE HUMEDAD"

Todo conforme queda expresado en la presente Memoria Descriptiva que consta de treinta y tres hojas foliadas y escritas a máquina por una sola cara y planos que se acompañan.

25 Madrid, 26 de Marzo de 1.979.

P.A.,

PEDRO FELIX MAÑA  
 P.-P.



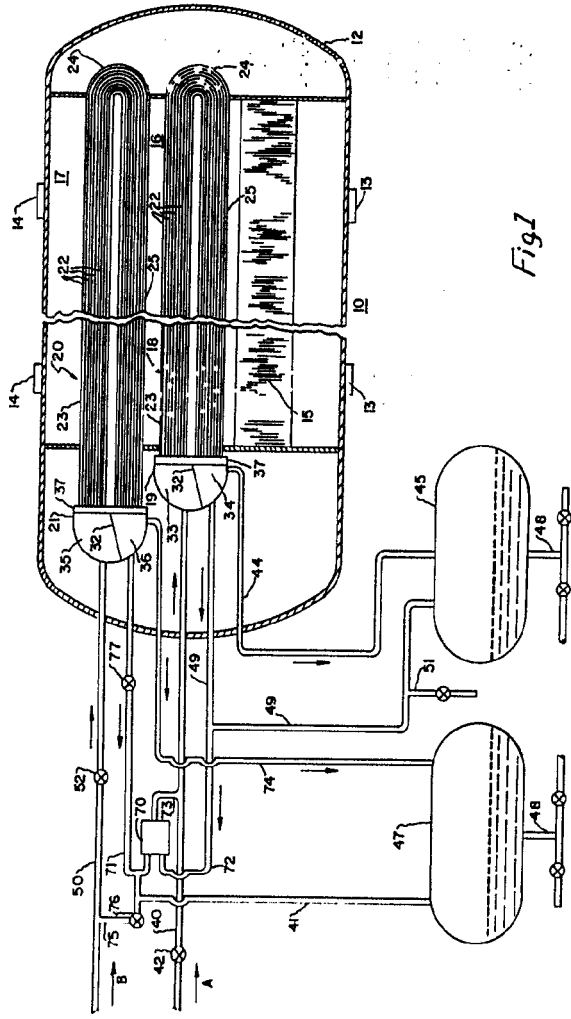


Fig. 1

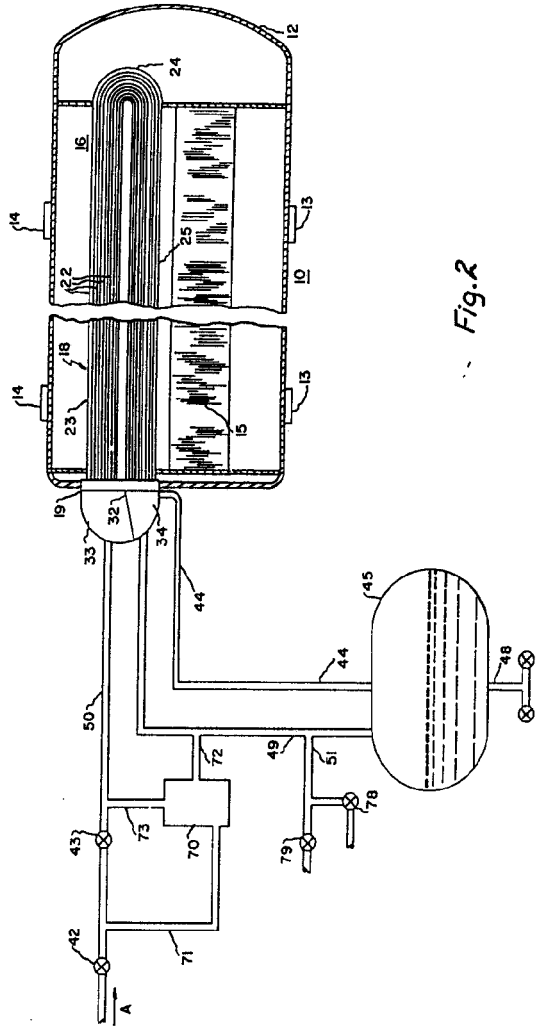


Fig. 2

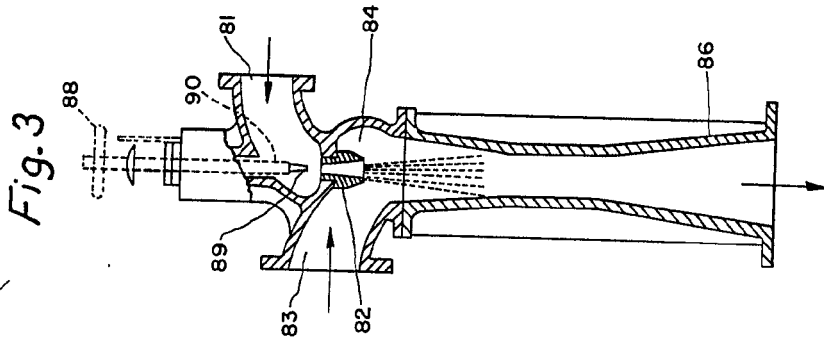


Fig. 3

Madrid, 26 MAR. 1979  
 P. R.  
 PEDRO FELIX GARA  
 P. R.

GENERAL ELECTRIC COMPANY

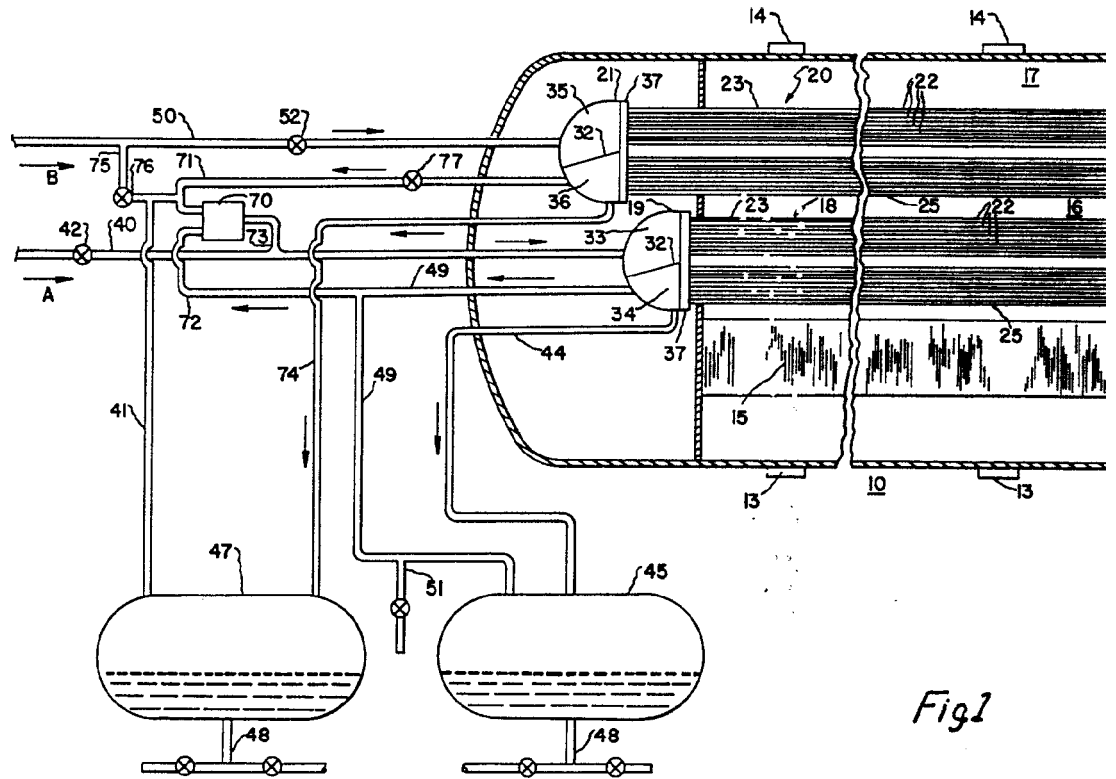
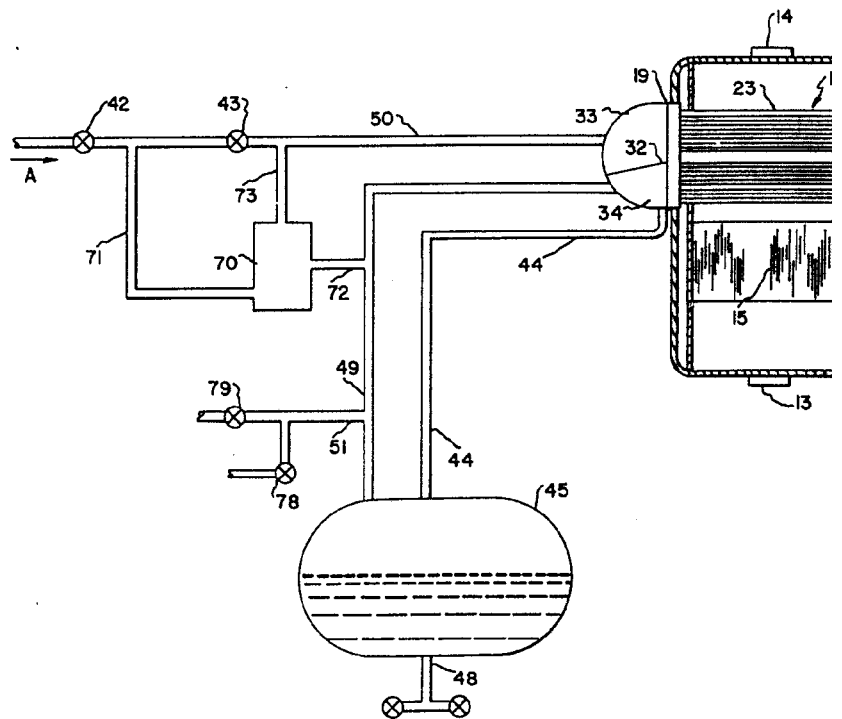


Fig 1



Escalata variable

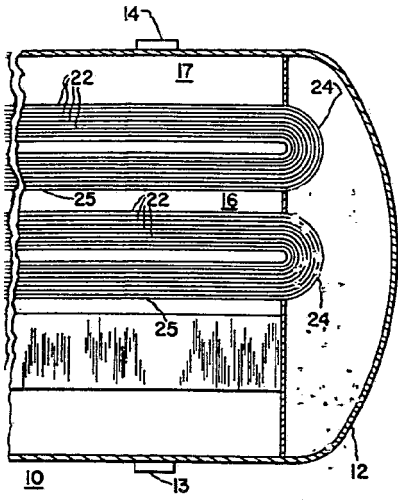


Fig. 1

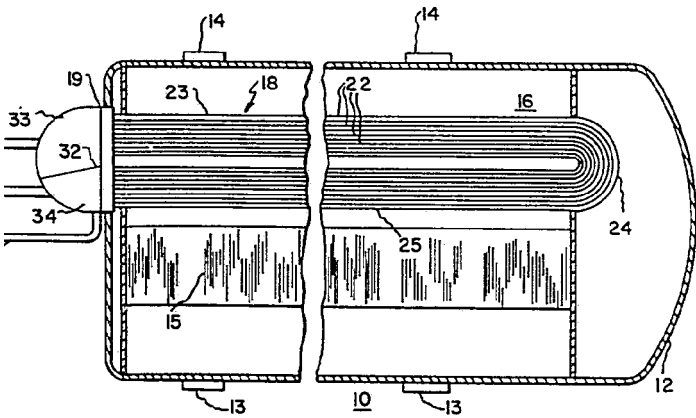


Fig. 2

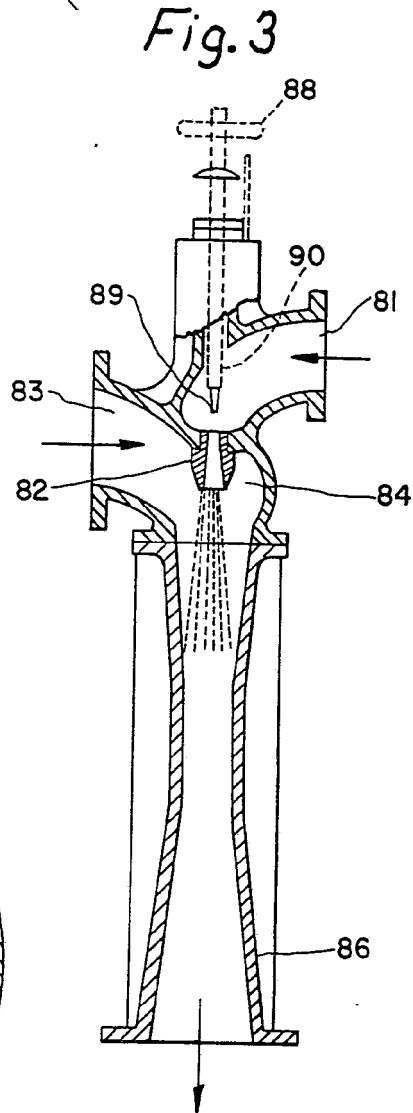


Fig. 3

Madrid, 26 MAR. 1979  
P.A.  
PEDRO FELIX MANA  
P. P.

*[Handwritten signature]*